



بخش آموزش رسانه تفریحی سنتر

کلیک کنید  www.tafrihicenter.ir/edu

 نمونه سوال  گام به گام

 امتحان نهایی  جزوه

 دانلود آزمون های آزمایشی

متوسطه اول : هفتم ... هشتم ... نهم

متوسطه دوم : دهم ... یازدهم ... دوازدهم

www.tafrihicenter.ir



راهنمای حل فصل ۳ فیزیک دوازدهم

رشته علوم و تجربی

منطبق بر کتاب درسی



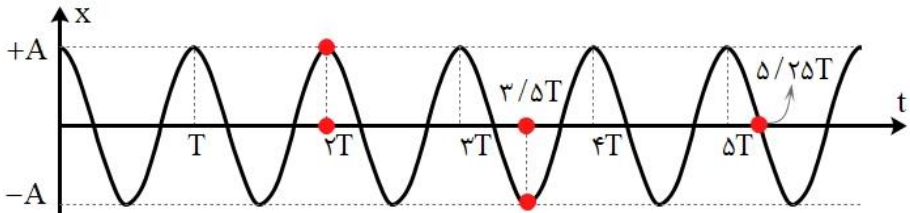
گروه فیزیک استان گیلان @Schoolphysics

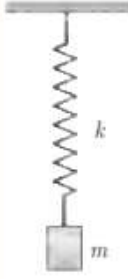
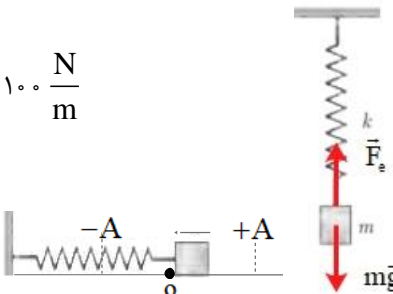
نوسان و موج			
	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	صفحه کتاب درسی	صفحه pdf
	۱-۳- نوسان دوره ای	۵۳	۱
۱	پرسش ۱-۳	۵۴	۱
	۲-۳- حرکت هماهنگ ساده	۵۵	۱
۲	تمرین ۱-۳	۵۶	۱
۳	تمرین ۲-۳	۵۶	۱-۲
۴	فعالیت ۲-۳	۵۷	۲
۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۸۹	۲
۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۸۹	۳
۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۸۹	۳
۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۸۹	۳
۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۸۹	۴
	۳-۳- انرژی در حرکت هماهنگ ساده	۶۶	۴
۱۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۸۹	۴
۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۸۹	۵
۱۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۸۹	۵
۱۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۸۹	۵-۶
	۴-۳- تشدید	۶۰	۶
۱۴	فعالیت ۳-۳	۶۰	۶
۱۵	تمرین ۳-۳	۶۱	۷
۱۶	پرسش ۲-۳	۶۱	۷
۱۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۸۹	۸
۱۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۹۰	۸

۹	۶۱	۳-۵ موج و انواع آن	
۹	۶۲	پرسش ۳-۳	۱۹
	۶۲	۳-۶ مشخصه های موج	
۹	۶۵	پرسش ۳-۴	۲۰
۹	۶۶	تمرین ۳-۴	۲۱
۹-۱۰	۶۷	پرسش ۳-۵	۲۲
۱۰	۶۸	تمرین ۳-۵	۲۳
۱۰	۶۸	فعالیت ۳-۴	۲۴
۱۱	۶۹	فعالیت ۳-۵	۲۵
۱۱	۷۱	پرسش ۳-۶	۲۶
۱۲	۷۱	فعالیت ۳-۶	۲۷
۱۲-۱۳	۷۲	تمرین ۳-۶	۲۸
۱۳	۷۳	تمرین ۳-۷	۲۹
۱۳-۱۴	۷۵	پرسش ۳-۷	۳۰
		۳-۵ و ۳-۶ موج و انواع آن، و مشخصه های موج	
۱۴	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۳۱
۱۴	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۳۲
۱۵	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۳۳
۱۵	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۳۴
۱۵	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۳۵
۱۵	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۷	۳۶
۱۵-۱۶	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۸	۳۷
۱۶	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۹	۳۸
۱۶	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۰	۳۹
۱۶	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۱	۴۰

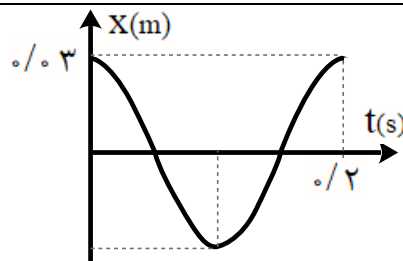
۴۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۲	۹۱	۱۷
۴۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۳	۹۱	۱۷
۴۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۴	۹۱	۱۷
۴۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۵	۹۲	۱۸
۴۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۶	۹۲	۱۸
۴۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۷	۹۲	۱۸
۴۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۸	۹۲	۱۹
۴۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۹	۹۲	۱۹
۴۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۰	۹۲	۲۰
۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۱	۹۲	۲۰
۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۲	۹۲	۲۱
	۳-۷ بازتاب موج	۷۶	
۵۲	فعالیت ۳-۷	۷۸	۲۲
۵۳	فعالیت ۳-۸	۷۸	۲۲-۲۳
۵۴	فعالیت ۳-۹	۷۹	۲۳
۵۵	تمرین ۳-۸	۷۹	۲۳
۵۶	فعالیت ۳-۱۰	۸۰	۲۳
	۳-۷ بازتاب موج		
۵۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۳	۹۳	۲۴
۵۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۴	۹۳	۲۴
۵۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۵	۹۳	۲۴
۶۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۶	۹۳	۲۵
	۳-۸ شکست موج	۸۱	
۶۱	پرسش ۳-۸	۸۲	۲۶
۶۲	تمرین ۳-۹	۸۳	۲۶

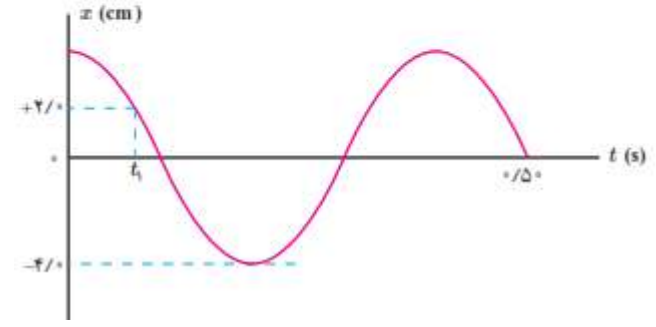
۶۳	تمرین ۳-۱۰	۸۴	۲۶
۶۴	پرسش ۳-۹	۸۴	۲۷
۶۵	پرسش ۳-۱۰	۸۶	۲۷
۶۶	فعالیت ۳-۱۱	۸۶	۲۷-۲۸
۶۷	تمرین ۳-۱۱	۸۸	۲۸
	۳-۸ شکست موج		
۶۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۷	۹۳	۲۸
۶۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۸	۹۳	۲۹
۷۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۹	۹۳	۲۹
۷۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۰	۹۳	۲۹
۷۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۱	۹۴	۳۰
۷۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۲	۹۴	۳۰
۷۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۳	۹۴	۳۱
۷۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۴	۹۴	۳۱
۷۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۵	۹۴	۳۱-۳۲
۷۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۶	۹۴	۳۲

$T = \frac{1}{65} \text{ min} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.92 \text{ s}} = 1.08 \text{ Hz}$	۱-۳ نوسان دوره ای پرسش ۱-۳ بسامد ضربان قلب مربوط به نمودار شکل ۲-۳ چقدر است؟ دوره تناوب ضربان قلب این شخص $\frac{1}{65}$ دقیقه، یا 0.92 ثانیه است.  شکل ۲-۳ نمونه ای از نمودار الکترو قلب نگاره (نوار قلب) یک شخص*
با توجه به نمودار پائین، نتایج زیر به دست می آید: الف) در $t = 2/5 \cdot T$، ذره در $x = +A$ قرار دارد. ب) در $t = 3/5 \cdot T$، ذره در $x = -A$ قرار دارد. پ) در $t = 5/25 T$، ذره در $x = 0$ قرار دارد. 	۲-۳ حرکت هماهنگ ساده تمرین ۱-۳ ذره ای 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) $t = 2/5 \cdot T$، ب) $t = 3/5 \cdot T$، پ) $t = 5/25 T$ (راهنمایی: برای پاسخ به این تمرین، ساده تر آن است که چند دوره از یک نمودار کسینوسی را رسم کنید.)
با توجه به آن چه در ریاضی خوانده ایم، داریم: $\cos \alpha = \cos x$ $x = 2k\pi \pm \alpha \quad k \in \mathbb{Z}$ بنابراین:	۲-۳ تمرین در حرکت هماهنگ ساده، مکان $x(t)$ باید پس از گذشت یک دوره تناوب برابر مقدار اولیه اش 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 $A \cos \omega t = A \cos \omega(t+T)$. برای این اساس نشان دهید $\omega = 2\pi/T$.

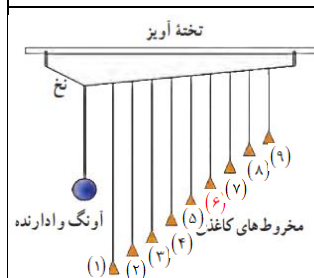
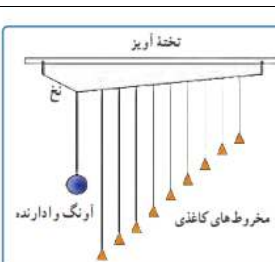
$A \cos \omega t = A \cos \omega(t+T) \rightarrow \omega(t+T) = 2k\pi + \omega t$ $\omega t + \omega T = 2k\pi + \omega t \rightarrow \omega T = 2k\pi$ $\xrightarrow{k=1} \omega T = 2\pi \rightarrow \boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}}$	
الف) جسمی با جرم مشخص (m) را به فتری با ثابت معلوم (m) آویزان می کنیم. پس از رسیدن به تعادل، جسم را کمی به پایین کشیده و رها می کنیم. مجموعه نوسان می کند. تعداد نوسان ها (N) در مدت t ثانیه را ثبت می کنیم. از رابطه $T = t / N$ دوره تناوب را بدست می آوریم. آزمایش را با وزنه های متفاوت تکرار می کنیم نتیجه می گیریم که دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک فنر معین با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است. $(T \propto \sqrt{m})$ ب) آزمایش بالا را با یک وزنه به جرم مشخص (m) و فنرهای متفاوت انجام می دهیم و نتیجه می گیریم که دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک وزنه معین و فنرهای متفاوت با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است. $(T \propto \frac{1}{\sqrt{k}})$	فعالیت ۲-۳ با انتخاب وزنه ها و فنرهای مختلف، با جرم ها و ثابت فنرهای معلوم و مناسب، در آرایشی مطابق شکل، و با اندازه گیری زمان تعداد مشخصی نوسان کامل، و سپس محاسبه دوره تناوب T برای هر سامانه جرم - فنر، به طور تجربی نشان دهید که: الف) دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک فنر معین ولی وزنه های متفاوت، با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است ($T \propto \sqrt{m}$). ب) دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک وزنه معین ولی فنرهای متفاوت، با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است ($T \propto 1/\sqrt{k}$). 
$mg = 20 \text{ N}, x = 0.2 \text{ m}$ $F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \Rightarrow k = \frac{20 \text{ N}}{0.2 \text{ m}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ $mg = \Delta N \Rightarrow m = \frac{\Delta N}{9.8 \text{ (N/kg)}} \approx 0.5 \text{ kg}$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.5}{100}} \approx 0.44 \text{ s}$ 	۱-۳ و ۲-۳ نوسان دوره ای و حرکت هماهنگ ساده ۱. یک وزنه ۲۰ N را از انتهای یک فنر قائم می آویزیم، فنر ۲۰ cm کشیده می شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنه ۵۰ N متصل است روی میز بدون اصطکاک به نوسان درمی آوریم. دوره تناوب این نوسان چقدر است؟

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{m'}{m}} \Rightarrow \frac{3}{2} = \sqrt{\frac{m+2}{m}}$ $\Rightarrow \frac{9}{4} = \frac{m+2}{m} \Rightarrow 9m - 4m = 8 \Rightarrow m = \frac{8}{5} \text{ kg} \Rightarrow m = 1.6 \text{ kg}$	۶. هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید، با دوره تناوب $2/s$ نوسان می کند. اگر جرم این جسم $2/kg$ افزایش یابد، دوره تناوب $3/s$ می شود. مقدار m چقدر است؟	۶
$m = \frac{1600}{4} = 400 \text{ kg}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{400 \text{ kg}}{2 \times 10^4 (\text{N/m})}} = 0.89 \text{ s}$ $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.89 \text{ s}} \approx 1.12 \text{ Hz}$ $\omega = \sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{400 \text{ kg}}{2 \times 10^4 (\text{N/m})}} = 0.07 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	۷. جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن 1600 kg است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $2.00 \times 10^4 \text{ N/m}$ سوار شده است. دوره تناوب، بسامد، و بسامد زاویه ای ارتعاش خودرو وقتی از چاله ای می گذرد چقدر است؟ فرض کنید وزن خودرو به طور یکنواخت روی فنرهای چهارچرخ توزیع شده است.	۷
$A = 3 \times 10^{-2} = 0.03 \text{ m}, f = 5 \text{ Hz}, T = 0.2 \text{ s}$ $\omega = 2\pi f = 2\pi \times 5 (\text{Hz}) = 10\pi \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$ $x = (0.03 \text{ m}) \cos 10\pi t$ $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5 \text{ Hz}} = 0.2 \text{ s}$	۸. دامنه نوسان یک حرکت هماهنگ ساده 10^{-2} m و بسامد آن 5.0 Hz است. معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان - زمان آن را در یک دوره رسم کنید.	۸



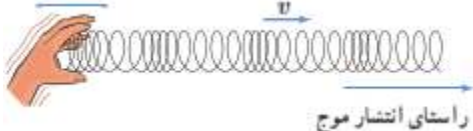
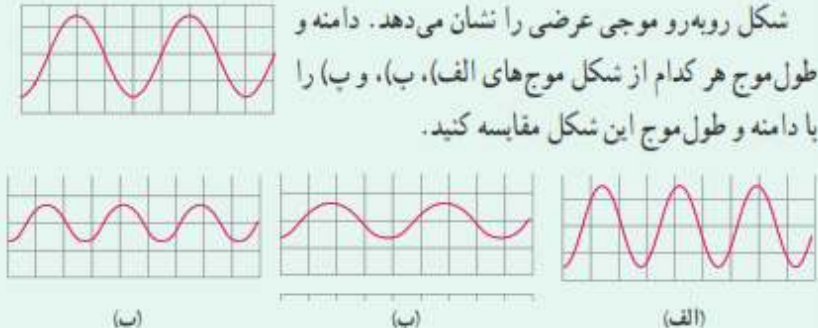
(الف) $A = 0.04 \text{ m}$ $\frac{\Delta T}{4} = 0.05 \text{ s} \Rightarrow T = 0.2 \text{ s} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2 \text{ s}} = 10\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ $x = A \cos \omega t \Rightarrow x = (0.04 \text{ m}) \cos 10\pi t$ (ب) $A = 0.04 \text{ m}$ $x = A \cos \omega t \Rightarrow \frac{x}{A} = \cos \omega t \Rightarrow \frac{2}{4} = \cos 10\pi t_1 \Rightarrow \frac{1}{2} = \cos 10\pi t_1$ $\cos \frac{\pi}{3} = \cos 10\pi t_1 \Rightarrow \frac{\pi}{3} = 10\pi t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{1}{30} \text{ s}$ (پ) $F = ma, F = kx \Rightarrow ma = kx $ $(\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = m\omega^2)$ $\Rightarrow ma = m\omega^2 x \Rightarrow a = \omega^2 x = 10\pi^2 \times 0.02 \approx 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	۹ ۵. نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است: (الف) معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید. (ب) مقدار t_1 را به دست آورید. (پ) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظه t_1 محاسبه کنید. 
۱۰ $E = \frac{1}{2} k A^2, E = K + U$ $\frac{1}{2} k A^2 = K + U$ $\frac{1}{2} \times (74 \text{ N/m}) \times (8 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = K + (8 \times 10^{-2} \text{ J}) \Rightarrow K = 15/68 \times 10^{-2} \text{ J}$	۳-۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده ۷. دامنه نوسان وزنه ای که به یک فنر با ثابت فنر 74 N/m متصل است و در راستای افقی نوسان می کند، برابر با 8 cm است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه ای از مسیر نوسان، $8 \times 10^{-2} \text{ J}$ باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چقدر است؟ (از نیروهای اتلافی چشم پوشی شود.)

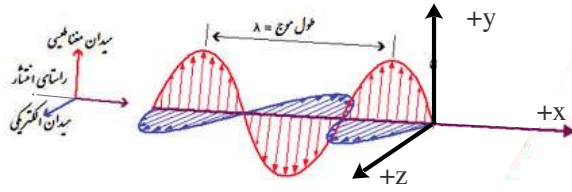
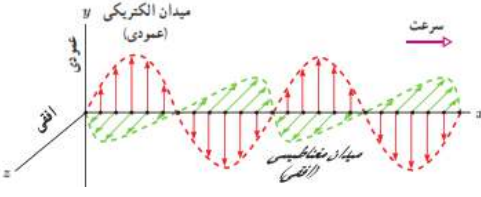
(الف) $m = 1 \text{ kg}, \quad k = 600 \text{ N/m}, \quad A = 0.09 \text{ m}$ (ب) $v_{\max} = A\omega = A\sqrt{\frac{k}{m}} = 0.09 \text{ m} \times \sqrt{\frac{600 \text{ N/m}}{1 \text{ kg}}} = 2.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $U = E - K = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}mv^2$ $\Rightarrow U = \frac{1}{2} \times (600 \text{ N/m}) \times (0.09 \text{ m})^2 - \frac{1}{2} \times (1 \text{ kg}) \times (1.6 \text{ m/s})^2 \Rightarrow U = 1.15 \text{ J}$	۱۱. جسمی به جرم 1 kg به فنری افقی با ثابت 600 N/cm متصل است. فنر به اندازه 9 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؟ (ب) وقتی تندی جسم 1.6 m/s است، انرژی پتانسیل کنشسانی آن چقدر است؟
(الف) $\omega = 2\pi \text{ rad/s} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi(\text{rad})}{2\pi \text{ rad/s}} = 1 \text{ s}$ (ب) $t = \frac{T}{4} = \frac{1 \text{ s}}{4} = 0.25 \text{ s}$ (پ) $t_r = \frac{T}{2} = \frac{1 \text{ s}}{2} = 0.5 \text{ s}$ $E = k + u \rightarrow E = 2k \rightarrow \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = 2 \times \frac{1}{2}mV^2 \rightarrow V = \frac{\sqrt{2}}{2}\omega A$ $V = \frac{\sqrt{2}}{2}\omega A \xrightarrow{A=0.05 \text{ m}} V = \frac{\sqrt{2}}{2} \left(2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) \times 0.05 \text{ m} \rightarrow v = 0.5\pi\sqrt{2} \text{ m/s}$	۱۲. معادله حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت $x = (0.05 \text{ m})\cos 2\pi t$ است. (الف) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به بیشترین مقدار خود می رسد؟ (ب) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می رسد؟ (پ) تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل آن شود؟
(الف) $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow \frac{T_{\text{Ostova}}}{T_{\text{Tehran}}} = \frac{\sqrt{g_{\text{Tehran}}}}{\sqrt{g_{\text{Ostova}}}} = \frac{\sqrt{9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}{\sqrt{9.78 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1.001$ زمان دوره تناوب استوا (T_{Ostova}) بیشتر از زمان دوره تناوب تهران (T_{Tehran}) است. در نتیجه آونگ استوا کندتر حرکت می کند.	۱۳. الف) ساعتی آونگ دار (با آونگ ساده) در تهران تنظیم شده است. اگر این ساعت به منطقه ای در استوا برده شود، عقب می افتد یا جلو؟ مقدار این عقب یا جلو افتادن در یک شبانه روز چقدر است؟ ($g_{\text{تهران}} = 9.8 \text{ m/s}^2$ و $g_{\text{استوا}} = 9.78 \text{ m/s}^2$) (ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ دار جلو می افتد یا عقب؟

$T_{Ostova} = 1/001 T_{Tehran}$ $\Delta T = T_{Ostova} - T_{Tehran} = 0/001 T_{Tehran} = 0/001 \times 24h$ $\Delta T = 0/001 \times 86400s = 86/4s$ و به اندازه $86/4s$ در استوا ساعت عقب می افتد. ب) با افزایش دما، طول افزایش می یابد. پس $L_r > L_1$ $\frac{T_r}{T_1} = \frac{\sqrt{L_r}}{\sqrt{L_1}} = \sqrt{\frac{L_r}{L_1}} > 1$ با توجه به اینکه دوره ی تناوب بعد از افزایش دما، عددی بزرگ تر از یک می باشد، لذا آونگ کندتر و ساعت عقب می افتد.	
وقتی آونگ وادارنده را به نوسان در می آوریم، باعث حرکت نخ آویز شده و در نتیجه سایر آونگ ها نوسان می کنند. می دانیم بسامد طبیعی آونگ از رابطه $f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$ و بسامد وادارنده آونگ از رابطه $f_d = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$ به دست می آید. با توجه به شکل، طول آونگ ۶، با طول آونگ وادارنده برابر است. بنابراین با حرکت آونگ وادارنده، همه آونگ ها شروع به نوسان می کنند. اما دامنه ی نوسان های آونگ ۶، به تدریج زیاد می شود زیرا $f_d = f_o$ است. بنابراین در آونگ ۶، تشدید صورت می گیرد. 	۴-۳ تشدید فعالیت ۳-۳ آونگ های بارتون^۱: یک آونگ با وزنه سنگین و تعدادی آونگ سبک با طول های متفاوت را مطابق شکل سوار کنید. آونگ ها روی نخی سوار شده اند که هر دو انتهای آن توسط گیره هایی به تخته آویز متصل شده است. به آونگ سنگین اصطلاحاً آونگ وادارنده گفته می شود، زیرا به نوسان درآوردن این آونگ در صفحه عمود بر صفحه شکل، موجب تاب خوردن نخ آویز و در نتیجه به نوسان واداشتن سایر آونگ ها می شود. آونگ وادارنده را به نوسان درآورید و آنچه را مشاهده می کنید توضیح دهید. 

$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \rightarrow \begin{cases} L_1 = 0.4 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_1}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{0.4 \text{ m}}} = 4.95 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_2 = 0.8 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_2}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{0.8}} = 3.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_3 = 1.2 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_3}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{1.2}} = 2.85 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_4 = 2.8 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_4}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{2.8}} = 1.87 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_5 = 3.5 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_5}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{3.5}} = 1.67 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \end{cases}$ در موارد فوق آونگ هایی که بسامد زاویه ای آن ها در محدوده ی بسامد نوسانگر اصلی باشد، با دامنه ی بزرگتری نوسان می کنند.	تمرین ۳-۳ طول تعدادی آونگ ساده که از میله ای افقی آویزان اند، عبارت اند از، 0.4 m، 0.8 m، 1.2 m، 2.8 m، 3.5 m. فرض کنید میله دستخوش نوسان هایی افقی با بسامد زاویه ای در گستره $2/0 \text{ rad/s}$ تا $4/0 \text{ rad/s}$ بشود. کدام آونگ ها با دامنه ی بزرگتری به نوسان در می آیند؟ (توجه کنید گرچه تشدید در بسامد مشخصی رخ می دهد، اما دامنه نوسان در نزدیک این بسامد همچنان بزرگ است).	۱۵
هر زلزله از تعداد زیادی نوسان های پشت سر هم با بسامدهای متفاوت تشکیل شده است. امواج زلزله از کانون زمین لرزه به سطح زمین رسیده و با تغییر دامنه موج به امواج سطحی تبدیل شده که قدرت تخریبی زیادی دارد. در هر زلزله محدوده ای از فرکانس وجود دارد که در آن تعداد زیادتری نوسان وجود دارد. در این زمین لرزه، بسامد زلزله با بسامد ساختمان های نیمه بلند یکسان بوده و به همین دلیل پدیده ی تشدید در ساختمان های نیمه بلند اتفاق افتاد. اگر چه در ساختمان های کوتاه تر و بلندتر، نوسان و لرزش داشت ولی تشدید اتفاق نیفتاد و به همین علت، تخریبی در آن ها صورت نگرفت.	پرسش ۲-۲ در پی زمین لرزه ی عظیمی (به بزرگی ۸/۱ در مقیاس ریشتر) که در ساحل غربی مکزیک در سال ۱۹۸۵ اتفاق افتاد ساختمان های نیمه بلند فرو ریختند، ولی ساختمان های کوتاه تر و بلندتر پابرجا ماندند. علت این پدیده را توضیح دهید.   (الف) ساختمان های کوتاه و (ب) ساختمان های بلند، در زمین لرزه ی مکزیکوسیته بر جای ماندند.	۱۶

با هر بار راه رفتن و چرخش بدن افراد روی پل، مقداری انرژی از افراد به پل منتقل می شود. 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 در می آید.	۳-۴ تشدید ۱۰. هر فرد معمولاً با چرخش اندک بدنش به چپ و راست، راه می رود و بدین ترتیب نیروهای کوچکی به زمین زیر پایش وارد می کند. این نیروها بسامدی در حدود $\approx 5\text{Hz}$ دارند. لرزش شدید پل هوایی میلینیوم^۱ در آغاز هزاره جدید را به عبور منظم گروهی از افراد از این پل ربط داده اند. چگونه ممکن است نوسان های بدن این افراد موجب چنین لرزشی شده باشد؟
با به نوسان در آمدن آونگ X بقیه آونگ ها نیز به نوسان در می آیند ولی بعد از مدتی آونگی که با آونگ X هم طول است با دامنه بیشتری به نوسان در می آید. زیرا دوره و بسامد آونگ های هم طول X و B باعث پدید تشدید شده و با دامنه بیشتر به نوسان خود ادامه می دهد.	۱۱. مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته ایم. توضیح دهید با به نوسان در آوردن آونگ X، آونگ های دیگر چگونه نوسان می کنند؟

با ایجاد یک تپ طولی در فنر، کشیدگی باعث وارد آمدن نیرو به بخش های مجاور می شود و در نتیجه در آن تغییر شکل بوجود آمده و شروع به حرکت و نوسان می کند. همچنین تغییر شکل فنر باعث ذخیره انرژی در فنر شده و حرکت فنر به معنی وجود انرژی جنبشی در بخش های مختلف فنر است. 	۳-۵ موج و انواع آن پرسش ۳-۲ همان طور که گفتیم یکی از ویژگی های موج پیش رونده انتقال انرژی از یک نقطه به نقطه دیگر، در جهت انتشار موج است. با در نظر گرفتن یک تپ طولی در یک فنر بلند کشیده شده، این ویژگی را توضیح دهید.	۱۹
الف) دامنه ها برابر و $\lambda < \lambda_{\text{الف}}$ ب) $\lambda = \lambda_{\text{ب}}$ و $A_{\text{ب}} < A$ پ) $\lambda < \lambda_{\text{پ}}$ و $A_{\text{پ}} < A$	۳-۶ مشخصه های موج پرسش ۴-۳ شکل رویه رو موجی عرضی را نشان می دهد. دامنه و طول موج هر کدام از شکل موج های الف، ب، و پ را با دامنه و طول موج این شکل مقایسه کنید. 	۲۰
$V = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow \begin{cases} V = \sqrt{\frac{226N \times 0.628m}{0.208 \times 10^{-3}kg}} = 826.04 m/s \\ V = \sqrt{\frac{226N \times 0.628m}{3.32 \times 10^{-3}kg}} = 206.75 m/s \end{cases}$	تمرین ۴-۳ در سازهای زهی همانند تار، کمانچه و گیتار با سفت یا شل 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؟ 	۲۱
راستای انتشار عمود بر راستای میدان الکتریکی و مغناطیسی است. و در خلاف جهت محور X می باشد.	پرسش ۵-۳ در یک لحظه خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه ای از فضا در جهت z و میدان مغناطیسی مربوط به آن در جهت y است. جهت انتشار در کدام سو است؟ (جهت های x, y, z و z را مانند شکل ۳-۲۰ در نظر بگیرید.)	۲۲

	 شکل ۱۳-۱: یک تصویر لحظه ای از موجی الکترومغناطیسی که میدان الکتریکی در امتداد قائم (y) و میدان مغناطیسی در امتداد افقی (z) و انتشار موج در جهت x است.
$L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow \lambda = 4 \times 8.5 \text{ cm} = 34 \text{ cm}$ $f = \frac{c}{\lambda} \rightarrow f = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{0.34 \text{ m}} = 8.82 \times 10^8 \text{ Hz}$	تمرین ۵-۳  طول آنتن یک گوشی تلفن همراه قدیمی معمولاً $\frac{1}{4}$ طول موج دریافتی است. اگر طول چنین آنتنی تقریباً برابر ۸/۵cm باشد بسامدی را که این گوشی با آن کار می کند تعیین کنید.
صوت یک موج مکانیکی است که برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد و در خلا منتشر نمی شود. ولی امواج الکترومغناطیسی برای انتشار خود، الزاماً به محیط مادی نیاز ندارند و در خلا نیز منتشر می شوند.	فعالیت ۴-۳  مطابق شکل روبه رو یک گوشی تلفن همراه را در یک محفظه تخلیه هوای شیشه ای 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 می شود. در حالی که امواج الکترومغناطیسی همچنان به گوشی می رسند. از این آزمایش چه نتیجه ای می گیرید؟

فعالیت ۵-۳

در مورد نواحی اصلی طیف امواج الکترومغناطیسی، چگونگی تولید و کاربردهای آنها تحقیق کنید.

۲۵

نام و حدود طول موج	چشمه	وسایل آشکارسازی	بعضی از ویژگی های خاص و کاربرد
پرتو گاما (γ) $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$	هسته مواد رادیواکتیو و پرتوهای کیهانی	شماتر شگر گایگر-مولر و فیلم عکاسی	فوتون های با انرژی بسیار بالا و با قدرت نفوذ بسیار زیاد، خیلی خطرناک کاربرد: بافت های سرطانی را از بین می برد، برای پیمایش کردن ترک در فلزات، برای ضد عفونی کردن تجهیزات و وسایل
پرتوی ایکس (X) $10^{-4} \text{ pm} = 10^{-13} \text{ m}$	لامپ پرتو X	فیلم عکاسی و صفحه فلورسان	فوتون های بسیار پر انرژی و با قدرت نفوذ زیاد، خیلی خطرناک کاربرد: استفاده در پرتونگاری، استفاده در مطالعه ساختار بلورها، معالجه بیماری های پوستی، استفاده در پرتو درمانی
فرا بنفش (UV) $10^{-9} \text{ m} = 10^{-8} \text{ m}$	خورشید، جسم های خیلی داغ، جرقه الکتریکی، لامپ بخار جیوه	فیلم عکاسی، فوتوسل	ویژگی ها: توسط شیشه جذب می شود، سبب بسیاری از واکنش های شیمیایی می شود، باخته های زنده را از بین می برد. کاربرد: لامپ های UV در پزشکی
نور مرئی $400 \text{ nm} = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$ (سبز)	خورشید، جسم های داغ، لیزرها	چشم، فیلم عکاسی، فوتوسل	ویژگی ها: در دین اجسام نقش اساسی دارد، برای رشد گیاهان و عمل فتوسنتز نقش حیاتی دارد. کاربرد: در سیستم های مخابراتی (لیزر و تارهای نوری) مورد استفاده قرار می گیرد.
فروسرخ (IR) $10^{-4} \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}$	خورشید، جسم های گرم و داغ	فیلم های مخصوص عکاسی	ویژگی: هنگامی که جذب می شود، پوست را گرم می کند. کاربرد: برای گرم کردن، برای فیلم برداری و عکاسی در مه و تاریکی، عکاسی IR توسط ماهواره ها
رادیویی $1 \text{ m} (\text{VHF})$	اجاق های مایکروویو، آنتن های رادیویی و تلویزیونی	رادیو و تلویزیون	کاربرد: در آنتن گیری، رادیو، تلویزیون، مخابرات ماهواره ای و در رادارها برای آشکارسازی هواپیما، موشک و گشتی

پرسش ۶-۳

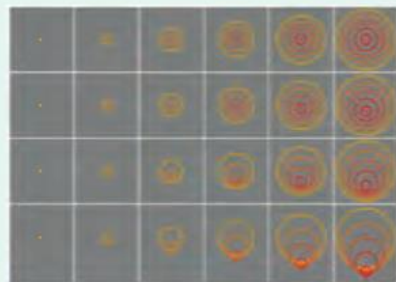
الف) چگونگی ایجاد صوت توسط دیافازون را توضیح دهید.
ب) به نظر شما چه سازوکاری موجب صدای وزوز حشرات هنگام پرواز می شود؟

۲۶

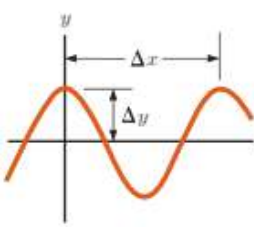
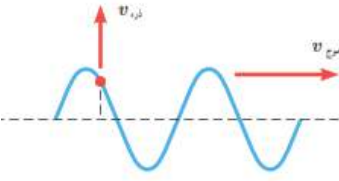
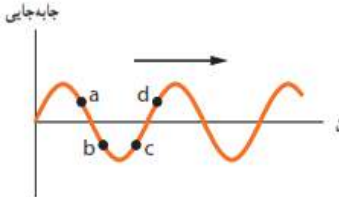
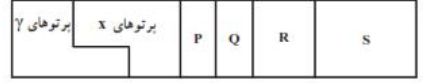
الف) دیافازون از یک فلزی دوشاخه ای درست می شود که انتهای آنها بر هم کویل می شود اگر ضربه ای به یکی از شاخه ها بزنیم هوای داخل آنرا متراکم می کند و چون ته دیافازون کویل شده (بسته) است، دیافازون بصورت یک لوله صوتی بسته عمل می کند و فیزیک امواج در رفت و برگشت به صورت امواج ساکن ظاهر می شوند که در حالت تشدید نوسانات صدای صوت آنرا می شنویم.

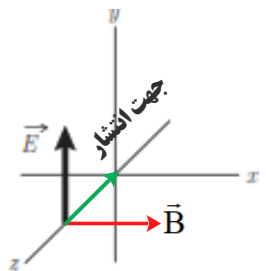
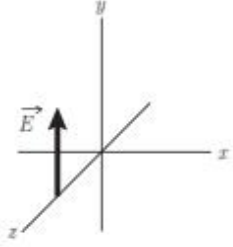
البته هامورنیک های غیر از صوت اصلی با بقیه تداخل می کنند و ما صوت مرکبی را می شنویم. اهمیت دیافازون در این است که ارتعاشات آن صدای خالص تولید می کند (صدای خالص آن است که ارتعاشات آن با تابع سینوسی نشان داده شود)، به علاوه فرکانس آن همیشه ثابت می ماند. از این رو دیافازون را می توان آلت دقیقی برای نت های موسیقی دانست و صحت صداها و نت های مختلف را با آن کنترل نمود. چنانچه ارتعاش دیافازون را با وسایل الکتریکی پایا سازیم، می تواند برای کنترل مدارهای الکتریکی بکار رود. از ثابت ماندن فرکانس دیافازون برای تعیین اجزا زمان استفاده می نمایند و اگر دیافازون را با دقت کامل ساخته باشند می توان با دقتی در حدود یک ده هزارم ثانیه اجزا زمان را اندازه

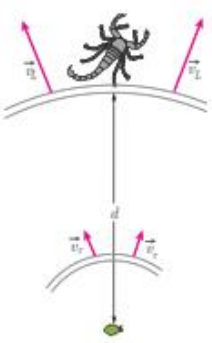
	گرفت. امروزه بواسطه ترقی صنعت، ساختن و استعمال این قبیل دیپازون ها امری عادی است و چنانچه در انتخاب فلز دقت به عمل آید و سایر احتیاطات نیز لحاظ گردد، دقت دیپازون تا یک میلیونیم ثانیه می رسد. دیپازون وسیله ای فلزیست دارای دو شاخه که انتهای آنها به یک پایه مشترک وصل شده است. با وارد شدن ضربه به یکی از شاخه ها هوای داخل آن متراکم می شود و از آنجا که نه دیپازون بسته است، این پدیده باعث به وجود آمدن امواج ساکن می شود که صدای آن قابل شنیدن است. بسامد هر دیپازون ثابت است و به پدیده تشدید مربوط است. دیپازون در شنوایی سنجی کاربردهای مختلفی از مقایسه شنوایی، تشخیص و تمایز مشکلات حسی و عصبی و تایید گپ دارد. ب) حشرات هنگام پرواز بال های خود را حرکت می دهند که با حرکت بال هایشان هوای اطراف را منبسط و منقبض کرده و صوت ایجاد می شود. پشه ها و مگس ها برخلاف بقیه حشرات تنها دو بال دارند و بقیه حشرات ۴ بال دارند. گفتنی است، در پشه ها و مگس ها ۲ تا ۴ بال به صورت اندام های کوچکی درآمده اند که دمبل نامیده می شود و هنگام پرواز به بال ها می خورند و این صدای ویز ویز یا سوت هم نتیجه همین برخورد است. دمبل ها به پرواز این حشرات کمک های زیادی می کنند و باعث افزایش تعادل و قدرت مانور زیاد حشرات می شود.
۲۷ نکته ۲-۶ اندازه گیری تندی صوت: یک روش ساده برای اندازه گیری تندی صوت به این ترتیب است: دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان سنج حساس^۱ متصل کنید. این زمان سنج می تواند بازه های زمانی را با دقت میلی ثانیه اندازه گیری کند. وقتی چکش را به صفحه فلزی بکوبیم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می شوند، نخست میکروفون نزدیک تر و سپس میکروفون دور تر را متأثر می سازند. اختلاف فاصله میکروفون ها از محل برخورد چکش با صفحه فلزی را اندازه می گیریم. با استفاده از زمان سنج می توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کنیم. اکنون با استفاده از رابطه $v = \Delta x / \Delta t$ می توانیم تندی صوت را در هوا بیابیم. در صورتی که این اسباب را در مدرسه دارید با استفاده از آن، تندی صوت را در هوا اندازه بگیرید. 	چطور تندی/ سرعت صدا در هوا را اندازه گیری می کنند؟ یک نفر تفنگ خود را آتش می کند. شخصی دیگر که در سمت دیگر و در ۱۶۰۰ متری او ایستاده است، ۵ ثانیه بعد صدای تیر را می شنود. بنابراین، موج صدا در هر ۵ ثانیه، ۱۶۰۰ متر راه می پیماید. پس: سرعت صوت در هر ثانیه، ۳۲۰ متر بر ثانیه است. چطور تندی/ سرعت صدا را در آب اندازه گیری می کنند؟ سرعت صوت را در زیر آب، با فرستادن موج های صوتی از یک قایق به قایق دیگر اندازه می گیرند. سرعت صوت در آب، حدود ۱۴۶۰ متر بر ثانیه است. برگرفته از: کتاب: صوت نوشته: جی. استفنسن
۲۸ تمرین ۳-۶ شخصی با چکش به انتهای میله باریک بلندی ضربه ای می زند. تندی صوت در این میله ۱۵ متر بر ثانیه است. شخص دیگری که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا را که یکی از میله می آید و دیگری از هوای اطراف میله، با اختلاف زمانی ۱/۲ s می شنود. اگر تندی صوت در هوا ۳۴۰ m/s باشد، طول میله چقدر است؟	اگر تندی صوت در هوا V_a و اگر تندی صوت در میله V_b $\Delta T = \frac{\Delta x}{V_a} - \frac{\Delta x}{V_b} = \frac{(V_b - V_a) \Delta x}{V_a V_b} \rightarrow \Delta x = \frac{V_a V_b}{V_b - V_a} \Delta t$

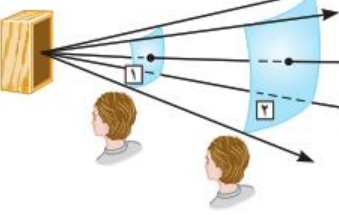
$\rightarrow \Delta x = \frac{v_a (15v_a)}{15v_a - v_a} \Delta t = \frac{15v_a}{14v_a} \Delta t = \frac{15 \times 340 \text{ m/s}}{14} \times 0.12 \text{ s} = 43.7 \text{ m}$	
$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log(I_1 - I_0)$ $\beta_2 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log(I_2 - I_0)$ $\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log(I_2 - I_1) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$ $\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{100 I_1}{I_1}\right) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log(100) = (10 \text{ dB})(2) = 20 \text{ dB}$	تمرین ۳-۷ با زیاد کردن صدای تلویزیونی، شدت صوتی که به گوش ما می رسد ۱۰۰ برابر می شود. تراز شدت صوتی که می شنویم چند دسی بل افزایش یافته است؟
الف) تندی چشمه ها به ترتیب از شکل (الف) تا شکل (ت) افزایش می یابند ب) در شکل های (الف) تا (پ) تندی چشمه ها کوچکتر از تندی صوت است ولی در شکل (ت) این تندی بیشتر از تندی صوت می شود. شکل ها را به ترتیب بررسی می کنیم. ساده تر آن است که فرض کنیم شکل ها ۹۰ پاد ساعتگرد چرخیده اند. در این صورت به جای تحلیل مسئله از دید ناظر پایین شکل، مسئله را از دید ناظر سمت راست بررسی می کنیم. در شکل (الف)، یک چشمه صوت ساکن امواج کروی گسیل می کند. که فاصله شعاعی بین جبهه های موج یکسان است. در شکل های (ب) و (پ) چشمه صوت به سمت راست حرکت کرده است. تنها تفاوت شکل های (ب) و (پ) در این است که تندی چشمه صوت در (ب) بیشتر از این تندی در (ب) است و بدین ترتیب ازدحام جبهه های موج در جلوی چشمه گسیلنده شکل (پ) بیشتر از شکل (ب) است. ناظری که در سمت راست چشمه ها قرار گرفته است در واحد زمان جبهه های موج بیشتری را از (پ) نسبت به (ب) دریافت می کند و بنابراین بسامدی که می شنود نیز	پرسش ۳-۷ در هر ردیف شکل روبه رو، جبهه های موج متوالی حاصل از یک چشمه را می بینید. الف) تندی چشمه ها را با هم مقایسه کنید. ب) تندی هر چشمه را با تندی صوت مقایسه کنید. 

بالتر است. با این حال در هر دوی این شکل ها تندی چشمه صوت کمتر از تندی صوت است. اما در شکل (ت) چشمه صوت با تندی ای بزرگ تر از تندی صوت به سمت راست حرکت می کنند، زیرا سریع تر از جبهه های موج در حرکت است. در این شکل ها به رنگ های به کار گرفته شده زرد و قرمز توجه کنید. در شکل (ت) که چشمه صوت با تندی بزرگ تر از جبهه های موج ایجاد شده حرکت می کند، منحنی های قرمز از زرد بیرون زده اند و مخروطی ایجاد شده است که به آن مخروط ماخ می گویند. در چنین وضعیت های دیگر معادله هایی که برای اثر دوپلر ارائه می شوند به کار نمی آیند.	
الف) تندی موج تغییر نمی کند. ب) بسامد موج به چشمه موج بستگی دارد پس تغییر نمی کند. طبق رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ با افزایش کشش ریسمان، تندی موج افزایش می یابد. طبق رابطه $\lambda = \frac{V}{f}$ با افزایش تندی موج، طول موج نیز افزایش می یابد.	۳-۵ و ۳-۶ موج و انواع آن، و مشخصه های موج ۱۱۱. 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. ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هر یک از کمیت های زیر چه تغییری می کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج موج.
الف) ب) $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow$ $\Delta / \circ \text{cm} = \frac{10 \cdot \text{cm}}{f} \rightarrow f = 2 \text{ Hz}$ پ) $L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow L = \frac{\Delta \text{ cm}}{4} = 1/2 \Delta \text{ cm}$	۱۱۲. شکل زیر یک تصویر لحظه ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می دهد. موج به سمت چپ حرکت می کند. 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. ب) اگر طول موج $5/ \circ \text{cm}$ و تندی موج 10 cm/s باشد، بسامد موج را به دست آورید. پ) تعیین کنید موج در مدت $T/4$ چه مسافتی را پیموده است؟

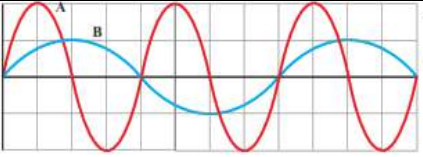
۳۳. در نمودار جابه جایی - مکانی موج عرضی شکل زیر  $\Delta x = 40 / 0 \text{ cm}$ و $\Delta y = 15 / 0 \text{ cm}$ است. اگر بسامد نوسان های چشمه $8 / 0 \text{ Hz}$ باشد، طول موج، دامنه، تندی و دوره تناوب موج چقدر است؟	۳۴. شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می دهد که با تندی v به سمت راست حرکت می کند، در حالی که تندی ذره نشان داده شده ریسمان v است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید. 												
۳۵. شکل زیر یک موج سینوسی را در لحظه ای از زمان نشان می دهد که در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده ای حرکت می کند. چهار جزء از این ریسمان روی شکل نشان داده شده اند. در این لحظه هر یک از این چهار جزء بالا می روند یا پایین؟ 	۳۶. سیمی با جگالی $7 / 8 \text{ g/cm}^3$ 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.												
۳۷. شکل زیر طیف موج های الکترومغناطیسی را با یک مقیاس تقریبی نشان می دهد.  (الف) نام قسمت هایی از طیف را که با حروف علامت گذاری شده اند، بنویسید. (ب) اگر در طول طیف از چپ به راست حرکت کنیم، مقدار کدام مشخصه های موج افزایش یا کاهش می یابد و کدام ثابت می ماند؟	(الف) <table border="1"> <tr> <td>پرتوهای گاما</td> <td>پرتوهای X</td> <td>فرابنفش</td> <td>نور مرئی</td> <td>فروسرخ</td> <td>رادیویی</td> </tr> <tr> <td>γ</td> <td>X</td> <td>P</td> <td>Q</td> <td>R</td> <td>S</td> </tr> </table>	پرتوهای گاما	پرتوهای X	فرابنفش	نور مرئی	فروسرخ	رادیویی	γ	X	P	Q	R	S
پرتوهای گاما	پرتوهای X	فرابنفش	نور مرئی	فروسرخ	رادیویی								
γ	X	P	Q	R	S								

طول موج افزایش می یابد بسامد کاهش می یابد ب) سرعت ثابت می ماند. طول موج افزایش می یابد. بسامد و انرژی موج کاهش می یابد.	
	۳۸. شکل زیر میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی را در نقطه ای معین و دور از چشمه، در یک لحظه نشان می دهد. موج انرژی را در خلاف جهت محور z انتقال می دهد. جهت میدان مغناطیسی موج را در این نقطه و این لحظه تعیین کنید. 
(الف) $f = \frac{C}{\lambda} \rightarrow f = \frac{3 \times 10^8 \frac{m}{s}}{6/20 \times 10^{-7} s} = 4/8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (ب) $\lambda = \frac{C}{f} \rightarrow \lambda_0 = \frac{3/0 \times 10^8 \frac{m}{s}}{4/30 \times 10^{14} s} = 6/9 \times 10^{-7} m$ $\lambda = \frac{2/25 \times 10^8 \frac{m}{s}}{4/30 \times 10^{14} s} = 5/2 \times 10^{-7} m$	۳۹. الف) طول موج نور نارنجی در هوا حدود $6/20 \times 10^{-7} m$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟ ب) بسامد نور قرمز در حدود $4/30 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 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.)
الف) فاصله بین دو تراکم متوالی (یا دو انبساط متوالی) λ است. $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda = \frac{100 \frac{m}{s}}{10 \text{ Hz}} = 10 m$ ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی $\lambda/2$ است. $\frac{\lambda}{2} = 5 m$	۴۰. 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 $4/0 \text{ cm}$ باشند، الف) فاصله بین دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟ ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چقدر است؟

$V_L > V_T \rightarrow (\Delta t)_L < (\Delta t)_T$ $(\Delta t)_L = t_L ; (\Delta t)_T = t_T$ $\Delta t = t_T - t_L \rightarrow \Delta t = \frac{d}{V_T} - \frac{d}{V_L} \rightarrow 4/0 \times 10^{-3} \text{ s} = \frac{d}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}}} - \frac{d}{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{2d}{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$ $d = \frac{150 \times 4/0 \times 10^{-3} \text{ m}}{2} = 0/3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$	۴۱. عقرب های ماسه ای وجود طعمه را با امواجی که بر اثر حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می شود، احساس می کنند. این امواج که در سطح ماسه منتشر می شوند، بر دو نوع اند: امواج عرضی با تندی $v_T = 50 \text{ m/s}$ و امواج طولی با تندی $v_L = 150 \text{ m/s}$. عقرب ماسه ای می تواند با استفاده از اختلاف زمانی بین زمان رسیدن این امواج به نزدیک ترین پای خود، فاصله خود از طعمه را تعیین کند. اگر این اختلاف زمان برابر $\Delta t = 4/0 \text{ ms}$ باشد، طعمه در چه فاصله ای از عقرب قرار دارد؟ 
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 تاثیر ندارند.	۴۲. توضیح دهید کدام یک از عامل های زیر بر تندی صوت در هوا مؤثر است. الف) شکل موج ب) دامنه موج ب) بسامد موج ت) دمای هوا
الف) $\omega = 2\pi f \rightarrow \omega = 2(3/14)(6/7 \times 10^6 \text{ Hz}) = 42/0 \times 10^6 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 4/2 \times 10^7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ب) $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda = \frac{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6/7 \times 10^6 \text{ Hz}} \rightarrow \lambda = 2/24 \times 10^{-4} \text{ m}$	۴۳. در سونوگرافی معمولاً از کاوه ای دستی موسوم به تراگذار فراصوتی^۱ برای تشخیص پزشکی استفاده می شود که دقیقاً روی ناحیه موردنظر از بدن بیمار گذاشته و حرکت داده می شود. این کاوه در بسامد $6/7 \text{ MHz}$ عمل می کند. الف) بسامد زاویه ای در این کاوه نوسان چقدر است؟ ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن 1500 m/s باشد، طول موج این موج در این بافت چقدر است؟ 

(الف) $V'_{\text{هوا}} > V_{\text{فلز}}$ $t'_{\text{فلز}} < t_{\text{هوا}}$ $\Delta t = t - t' \rightarrow \Delta t = \frac{L}{V} - \frac{L}{V'} \rightarrow \Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'}$ (ب) $\Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'} \rightarrow 1/0.0s = \frac{L(5941 - 340)}{340 \times 5941} \rightarrow 1/0.0s = \frac{5601L}{2019940}$ $\rightarrow L = 360/6m$	۴۴. ۱۵۵. تندی صوت در یک فلز خاص، برابر $v_{\text{فلز}}$ است. به یک سر لوله توخالی بلندی از جنس این فلز به طول L ضربه محکمی می زنیم. شنونده ای 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. الف) اگر تندی صوت در هوا $v_{\text{هوا}}$ باشد، بازه زمانی Δt بین دریافت این دو صدا در گوش شنونده چقدر خواهد بود؟ ب) اگر $\Delta t = 1/0.0s$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چقدر است؟ ($v_{\text{هوا}} = 340m/s$)
$I_1 = \frac{\bar{P}}{A_1} = \frac{1/2 \times 10^{-4} W}{4m^2} = 3 \times 10^{-5} W/m^2$ $I_2 = \frac{\bar{P}}{A_2} = \frac{1/2 \times 10^{-4} W}{12m^2} = 1 \times 10^{-5} W/m^2$ شنونده دوم توان بر واحد سطح کمتری از شنونده اول دریافت می کند.	۴۵. ۱۵۷. موجی صوتی با توان $1/2 \times 10^{-4} W$ عمود بر جهت انتشار از دو صفحه فرضی (شکل ۳-۲۶) می گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه ها به ترتیب $A_1 = 4m^2$ و $A_2 = 12m^2$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحه دوم، صدا را آهسته تر می شنود. 
$\beta_1 = (10dB) \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = (10dB) \log\left(\frac{10^{-2} W/m^2}{10^{-12} W/m^2}\right) = 102dB$	۴۶. ۱۵۷. شدت صدای حاصل از یک مته سنگ شکن در فاصله $10m$ از آن $10^{-2} W/m^2$ است. تراز شدت صوتی آن بر حسب dB چقدر می شود؟

$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \rightarrow 28 \text{ dB} = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right)$ $\rightarrow 2/8 = \log\left(\frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right) \rightarrow \frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2} = 10^{2/8}$ $\rightarrow I_1 = 10^{2/8} \times 10^{-12} \text{ W/m}^2 = 10^{-9/2} \text{ W/m}^2 = 10^{-10} \times 10^{-1/8} \text{ W/m}^2$ $I_1 = 6/31 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ $\beta = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \rightarrow I = I_0 10^{\left(\frac{\beta}{10 \text{ dB}}\right)}$ یا $\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \rightarrow I_1 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \times 10^{\left(\frac{28 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 6/31 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ $\beta_2 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) \rightarrow I_2 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \times 10^{\left(\frac{92 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 1/58 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$	۴۷. اگر به مدت ۱ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت ۱۲۰ dB باشیم، آستانه شنوایی به طور موقت از ۲۸ dB به ۹۲ dB افزایش می یابد. مطالعات نشان داده است که به طور متوسط اگر به مدت ۱ 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؟ (راهنمایی: برای پاسخ دادن لازم است از مائین حساب مناسب استفاده کنید.)
$\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^{\left(\frac{\Delta \beta}{10 \text{ dB}}\right)} = 10^{\left(\frac{5 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 10^{1/2} = 3/16$	۴۸. یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_1 = 90 \text{ dB}$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_2 = 95 \text{ dB}$ 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.

$I = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} \rightarrow \frac{I_1}{I_r} = \frac{\frac{\bar{P}}{4\pi r_1^2}}{\frac{\bar{P}}{4\pi r_r^2}} = \frac{r_r^2}{r_1^2} = \left(\frac{160\text{m}}{640\text{m}}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2$ $\frac{I_1}{I_r} = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \rightarrow I_r = 16I_1 = 16 \times 0.1\text{W/m}^2 = 1.6\text{W/m}^2$	۴۹. ۱۱۱. در یک آتش بازی، موشکی در بالای آسمان منفجر می شود. فرض کنید صوت به طور یکنواخت در تمام جهات ها منتشر شود. از جذب انرژی صوتی در محیط و نیز از بازتابی که ممکن است امواج صوتی از زمین پیدا کند چشم پوشی کنید. با فرض اینکه صوت با شدت $I = 0.1\text{W/m}^2$ به شنونده ای برسد که به فاصله $r_1 = 640\text{m}$ از محل انفجار قرار دارد، این صوت به شنونده ای که در فاصله $r_r = 160\text{m}$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می رسد؟
بر طبق شکل $\lambda_B = 2\lambda_A$ ، $A_A = 2A_B$ $V_A = V_B \rightarrow \frac{f_B}{f_A} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{1}{2}$ $\left. \begin{aligned} E &= 2\pi^2 m A^2 f^2 \\ I &= \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} = \frac{E}{4\pi r^2 t} \end{aligned} \right\} \rightarrow I = \frac{2\pi m A^2 f^2}{4\pi r^2}$ $\frac{I_B}{I_A} = \frac{A_B^2 f_B^2}{A_A^2 f_A^2} = \frac{A_B^2 f_B^2}{(2A_B)^2 (2f_B)^2} = \frac{1}{16} \rightarrow I_A = 16I_B$	۵۰. ۱۱۱. نمودار جابه جایی - مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده اند، به صورت زیر است. دامنه، طول موج، بسامد و شدت این دو موج صوتی را با هم مقایسه کنید. 

۳۳۳. شکل زیر جهت های حرکت یک چشمه صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت های مختلف نشان می دهد.

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

بسامدی را که ناظر در حالت های مختلف می شنود با حالت الف مقایسه کنید.

اگر چشمه به طرف ناظر حرکت کند (حالت ب)، تجمع جبهه های موج در جلوی آن بیشتر خواهد شد. بنابراین ناظر ساکن رو به روی آن طول موج کوتاه تری نسبت به وضعیتی که چشمه، ساکن بود اندازه می گیرد که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است.

چشمه به ناظر نزدیک می شود.

$$f_{\text{الف}} > f_{\text{ب}}$$

با دور شدن چشمه، از بسامدی که ناظر اندازه می گیرد کم می شود و بنابراین در حالت (پ) کاهش بسامد داریم

چشمه از ناظر دور می شود.

$$f_{\text{الف}} < f_{\text{پ}}$$

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

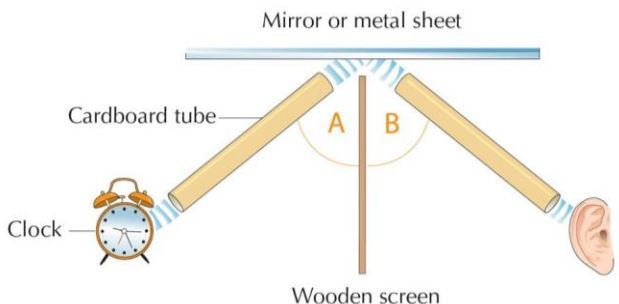
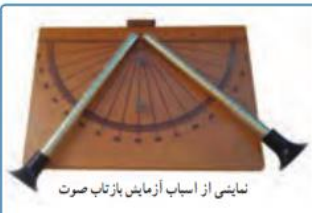
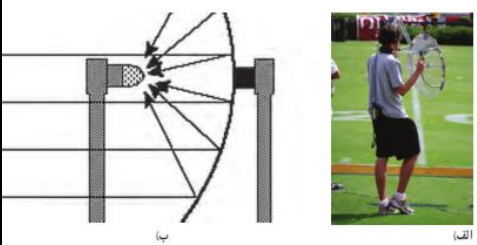
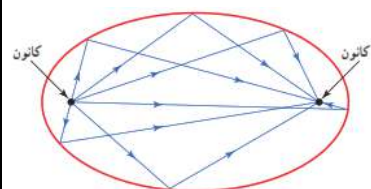
ناظر از چشمه دور می شود.

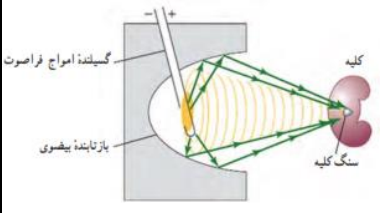
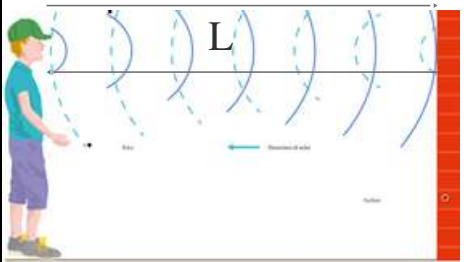
$$f_{\text{الف}} < f_{\text{ث}}$$

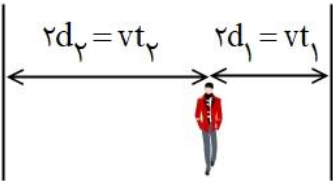
در حالت (ث) ناظر به هدف چشمه حرکت کند با جبهه های موج بیشتری مواجه می شود که به معنی افزایش بسامد است.

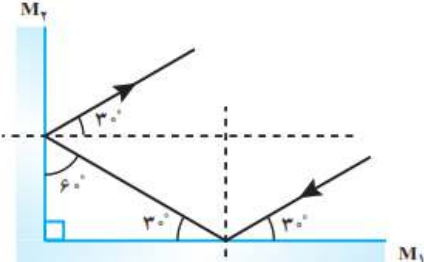
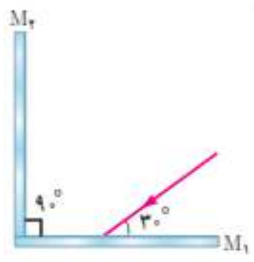
ناظر به چشمه نزدیک می شود.

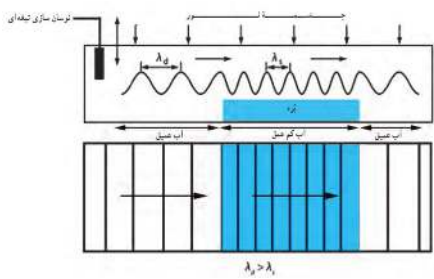
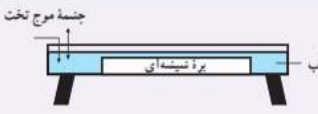
$$f_{\text{الف}} > f_{\text{ث}}$$

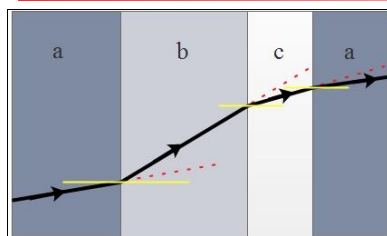
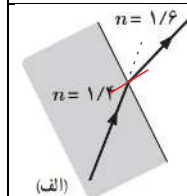
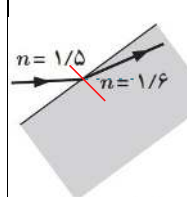
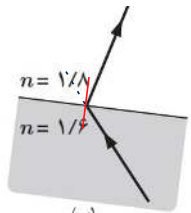
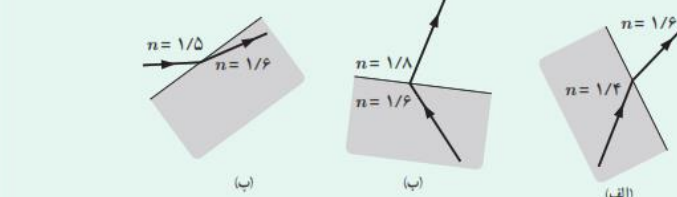
این اسباب شامل دو لوله متصل به دو دهانه است که یکی نقش دهانه ورودی صدا و دیگری نقش گوش را بازی می کند. با ایجاد صدا در دهانه ورودی، صوت پس از عبور از لوله اول، و بازتاب از یک دیواره سخت، با عبور از لوله دوم وارد دهانه گوش می شود و ما آن را می شنویم، برای جلوگیری از انتشار مستقیم صوت از منبع به سمت شنونده، مانعی بر روی گیره های شکل نصب می شود. شنونده با حرکت لوله دوم، در زاویه مشخصی در می یابد که صدا با بیشترین بلندی به گوش او می رسد. اکنون اگر مکان لوله دوم ثابت شود، با واری زاویه لوله اول یا مانع (خط عمود بر دیواره بازتابنده) و زاویه لوله دوم با مانع، در می یابیم که بیشترین بلندی دریافتی به ازای برابر بودن زاویه تابش و زاویه بازتاب حاصل می شود. 	۳-۷ بازتاب موج فعالیت ۳-۷ با اسباب نشان داده شده در شکل روبه رو، می توان زاویه تابش و زاویه بازتابش را در امواج صوتی اندازه گیری کرد. با استفاده از این اسباب، قانون بازتاب عمومی را برای امواج صوتی تحقیق کنید.  نمایشی از اسباب آزمایش بازتاب صوت ۵۲
در میکروفون سهموی از یک سطح کار سهموی برای جمع و کانونی کردن امواج صوتی در یک گیرنده استفاده می شود. این میکروفون ها به همین دلیل، حساسیت بسیار زیادی به صداهایی دارند که موازی با محور سطح سهموی به این سطح می تابند. استفاده مرسوم از این میکروفون ها در ثبت صداهای پرندگان دوردست، و صداهای میداین ورزشی (شکل الف)، و نیز استراق سمع است. شکل ب طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می دهد.  دستگاه لینو تریپسی از این ویژگی سطح بیضوی که در کانون دارد استفاده می کند. بنابراین اگر موج صوتی در یک کانون ایجاد شود، این موج پس از بازتاب از نقاط مختلف سطح، در کانون دیگر جمع می شود. 	فعالیت ۳-۸ درباره میکروفون سهموی که از آن برای ثبت صداهای ضعیف و دستگاه لیتوتریپسی که از آن برای شکستن سنگ های کلیه، با کمک بازتابنده های بیضوی استفاده می شود تحقیق کنید.  تصویری از یک میکروفون سهموی ۵۳

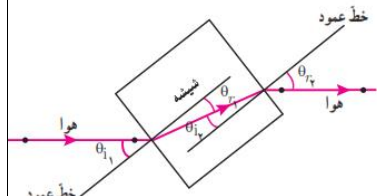
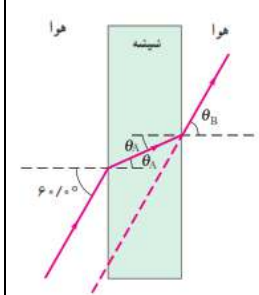
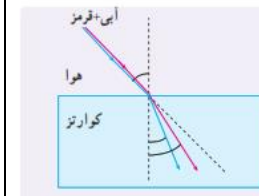
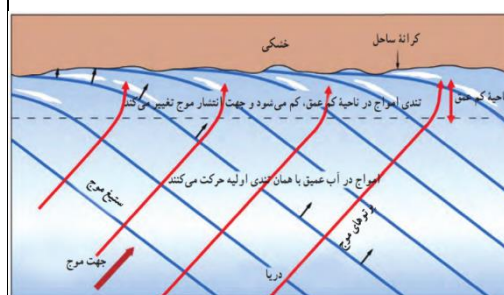
 در دستگاه لیتو تریپسی، چشمه ای فراصوت در یک کانون بازتابنده بیضوی ایجاد می کنند و محل بیمار را طوری تنظیم می کنند که سنگ کلیه او در محل کانون دوم سطح این بازتابنده باشد. شکل پ، طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می دهد.	
در اندازه گیری تندی شارش خون، امواج فراصوت (با بسامدی عموماً بین ۲ تا ۱۰ مگاهرتز) به سمت یک رگ خونی گسیل می شود و با استفاده از تغییر بسامد باریکه موج فراصوتی بازتابیده از گویچه سرخ، که ناشی از اثر دوپلر است، تندی ۷ی آن به دست می آید.	فعالیت ۹-۳  اندازه گیری تندی شارش خون : از مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر می توان برای تعیین تندی شارش خون (گویچه های قرمز) در رگ ها استفاده کرد. در مورد چگونگی این فناوری تحقیق کنید.
 تأخیر زمانی صورت بازتابیده و صوت اولیه کمتر از $0.1s$ باشد، گوش انسان قادر به تمیز پژواک از صوت اولیه نخواهد بود. از اینجا می توان فاصله کمینه لازم بین چشمه صوت و سطح باز تاباننده را برای تمیز یک پژواک از صوت اولیه محاسبه کنیم. $x = 2L = vt \rightarrow L = \frac{1}{2} vt = \frac{1}{2} (340 \text{ m/s}) (0.1 \text{ s}) = 17 \text{ m}$	تمرین ۸-۳ کمترین فاصله بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ تندی صوت در هوا را 340 m/s در نظر بگیرید.
امواج میکرو موج یا فروسرخ در محدوده مشخصی گسیل می کنند. فاصله خودرو از فرستنده گسیلنده، موج با اندازه گیری زمان بین گسیل و دریافت موج به دست می آید. تندی خودرو نیز از تغییر بسامد موج دریافتی نسبت به موج گسیل شده با استفاده از رابطه دوپلری که برای امواج الکترومغناطیسی به کار می آید، تعیین می شود	فعالیت ۱۰-۳  رادار دوپلری : از امواج الکترومغناطیسی نیز می توان برای مکان یابی پژواکی استفاده کرد. در این مورد و کاربرد آن به خصوص در تعیین تندی خودروها تحقیق کنید. (راهنمایی: اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی نیز برقرار است.)

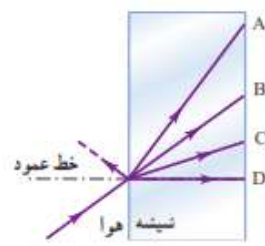
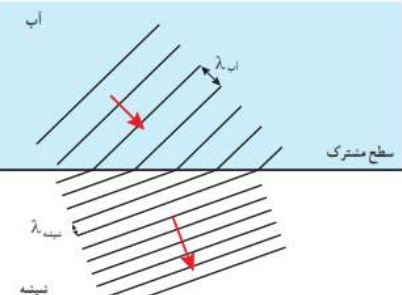
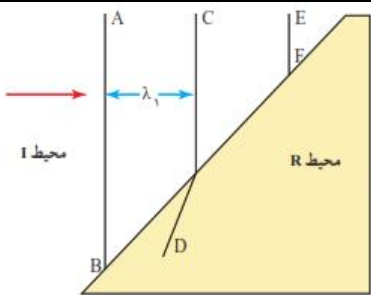
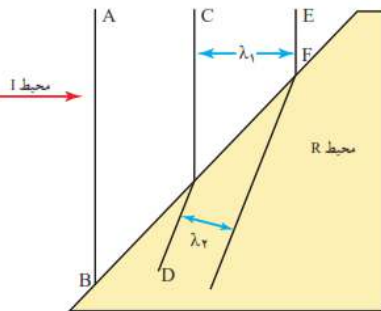
الف) $2d_1 = vt_1 \rightarrow v = \frac{2d_1}{t_1} = \frac{480 \cdot m}{1/5s} = 320 \cdot m/s$ ب) $d_2 = \frac{vt_2}{2} = \frac{(320 \cdot m/s) \times (2/5s)}{2} = 40 \cdot m$ $d = d_1 + d_2 = 40 \cdot m + 240 \cdot m = 280 \cdot m$ 	۳-۷ بازتاب موج س۳. دانش آموزی بین دو صخره قائم ایستاده است و فاصله او از صخره نزدیک تر ۲۴۰m است. دانش آموز فریاد می زند و اولین پژواک صدای خود را پس از ۱/۵s و صدای پژواک دوم را ۱/۰s بعد از پژواک اول می شنود. الف) تندی صورت در هوا چقدر است؟ ب) فاصله بین دو صخره را بیابید.	۵۷
اگر فاصله از پلکان به حد کافی زیاد باشد، به طوری که بتوان مانند شکل زیر مسیر تپهای متوالی را تقریباً موازی در نظر گرفت، تقریباً بسامد ثابتی برای رشته تپهای متوالی درک می کنید. $f = \frac{1}{\Delta t} = \frac{v}{2w}$ این صدا به صورت رشته ای دوره ای از تپها باز می گردد و مانند یک نت نواخته شده درک می شود. بدیهی است اگر پهنای پله ها کوچک تر باشد، با توجه به اینکه $f \propto \frac{1}{w}$ است، بسامد ادراک شده بیشتر می شود. مسیر تپهای متوالی که هر کدام از یک پله نشأت گرفته اند، موازی نیست و بسامد ثابتی را برای رشته تپهای متوالی درک نمی کنید؛ بلکه گستره ای از بسامدها را درک می کنید که به تدریج کم می شوند. به طوری که بسامد دریافتی از پله های پایینی (که تپهای بازتابیده از آنها را زودتر می شنویم) بیشتر از بسامد دریافتی از پله های بالایی است که تپهای بازتابیده از آنها را دیرتر می شنویم) و بدین ترتیب صدا را به صورت رشته ای دوره ای از تپها می شنوید.	س۴. اگر در فاصله مناسبی از یک رشته پلکان بلند بایستید و یک بار کف بزنید، پژواکی بیشتر از یک صدای برهم زدن دست می شنوید. نمونه جالبی از این پدیده در برابر رشته پله های معبد قدیمی کوکولکان در مکزیک رخ می دهد. این معبد از ۹۲ پله سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.  تصویری از معبد کوکولکان	۵۸
ناشی از بازتاب پخشنده است.	س۵. وقتی یک باریکه لیزر را به دیوار کلاس می تابانیم، همه دانش آموزان نقطه رنگی ایجاد شده روی دیوار را می بینند. دلیل آن چیست؟	۵۹

	۶۰ ۱۱۷. در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید. 
---	---

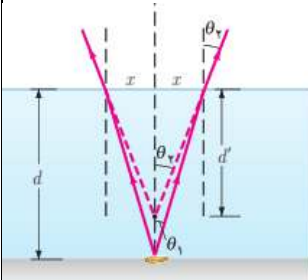
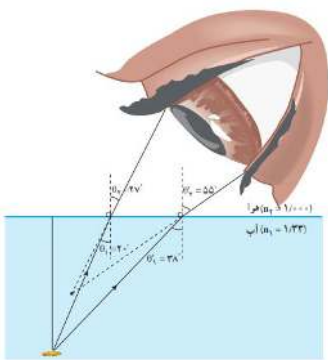
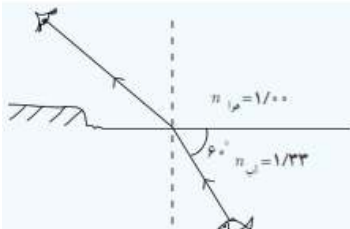
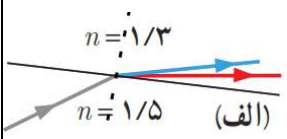
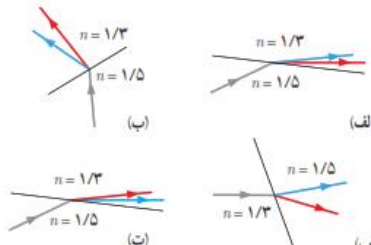
وقتی موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد موج عبوری تغییری نمی کند، زیرا بسامد توسط چشمه موج تعیین می شود، اما تندی در قسمت نازک طناب بیشتر است و بنابر رابطه $\lambda = v/f$ در می یابیم طول موج عبوری بیشتر از طول موج فرودی می شود.	۳-۸ شکست موج پرسش ۳-۸ اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول موج عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می کند؟	۶۱
وقتی جبهه های موج به مرز می رسند، بسامد موج تغییری نمی کند طول موج فرودی مربوط به ناحیه عمیق $\lambda_1 = \lambda_d$ طول موج فرودی مربوط به ناحیه کم عمق $\lambda_p = \lambda_s$ $\lambda_d = 10\text{cm}$, $v_s = 0.4v_d$ $f = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow v_d = 10\text{cm} \times 5\text{Hz} = 50\text{cm/s}$ $f = \frac{v_s}{\lambda_s} = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow \lambda_s = \frac{v_s}{f} = \frac{0.4v_d}{f}$ $= \frac{0.4 \times 50\text{cm/s}}{5\text{Hz}} = 4\text{cm}$ 	تمرین ۳-۹ در یک تشت موج به کمک یک نوسان ساز تیغه ای که با بسامد 50Hz کار می کند، امواجی تخت ایجاد می کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10cm می شود. اگر اکنون پُرده ای شیشه ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالا می ریزد، شکست پیدا می کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، 0.4 برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می شود؟ 	۶۲
فرض می کنیم $v_i = 0.4v_d$ $v_d \sin \theta_r = v_i \sin \theta_i \rightarrow v_d \sin \theta_r = 0.4v_d \times \sin(30^\circ)$ $\sin \theta_r = 0.2 \rightarrow \theta_r = 11.53^\circ$	تمرین ۳-۱۰ در تمرین ۳-۹ با فرض اینکه زاویه تابش امواج برابر 30° باشد، زاویه شکست چقدر می شود؟ تمرین ۳-۹ در یک تشت موج به کمک یک نوسان ساز تیغه ای که با بسامد 50Hz کار می کند، امواجی تخت ایجاد می کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10cm می شود. اگر اکنون پُرده ای شیشه ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالا می ریزد، شکست پیدا می کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، 0.4 برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می شود؟ 	۶۳

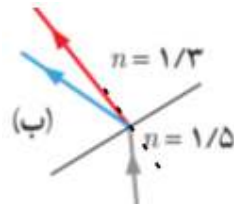
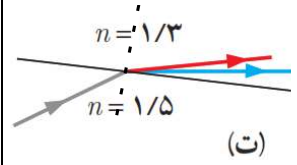
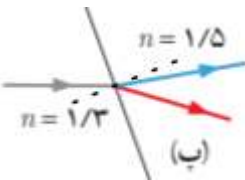
 پس از رسم امتداد پرتو تابش (خطوط قرمز) و خطوط عمود بر سطح (خطوط زرد) بر خط جدایی محیط ها، را رسم می کنیم. در محیط b پرتو نور از خط عمود دور می شود، بنابراین پرتو از محیطی که در آن تندی نور کمتر است وارد محیطی شده است که در آن تندی نور بیشتر است. ولی پس از آن، در محیط c، پرتو به خط عمود نزدیک می شود. بنابراین تندی نور در محیط c کمتر از تندی نور در محیط b است. و به همین ترتیب، تندی نور در محیط a کمتر از تندی نور در محیط c است. $V_b > V_c > V_a$	پرسش ۹-۳ شکل رویه پرو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می دهد که با عبور از محیط اولیه a، از طریق محیط های b و c به محیط a بازمی گردد. این محیط ها را بر حسب تندی موج در آنها از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.	۶۴
 در شکل (الف) پرتوی نور از محیطی با ضریب شکست کمتر وارد محیطی با ضریب شکست بیشتر شده است. و به خط عمود نزدیک تر می شود که در شکل (الف) برقرار است و بنابراین شکل (الف) از لحاظ فیزیکی ممکن است در شکل (ب) پرتو نور در سمتی درست شکسته نشده است، و امکان شکسته شدن در سویی وجود ندارد.  در شکل (پ) پرتو نور از خط عمود دور شده است در حالیکه هنگامیکه پرتو نور از محیطی با ضریب شکست کمتر به محیطی با ضریب شکست بیشتر شده باشد، پرتو نور به خط عمود نزدیک تر می شود. 	پرسش ۱۰-۳ کدام یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟ 	۶۵
یک تیغه متوازی السطوح را در نظر بگیرید و آن را روی کاغذ سفیدی قرار دهید، باریکه نوری را به وجهی از تیغه بتابانید به طوری که از وجه مقابل آن خارج شود. محل تیغه بر کاغذ را با رسم اضلاع آن بر روی کاغذ مشخص کنید. همچنین مسیر باریکه فرودی و باریکه خروجی از تیغه را روی کاغذ رسم کنید. برای رسم دقیق تر مسیر باریکه های فرودی و خروجی می توانید مطابق شکل الف کاغذ سفید را روی قطعه یونولیتی قرار دهید و مسیر باریکه ها را با فرو بردن سوزن هایی در آن مشخص کنید. اکنون تیغه را بردارید و با استفاده از یک خط کش، مسیر باریکه نور در درون تیغه را رسم کنید. بر روی مسیر باریکه های نور، پیکانه هایی رسم کنید تا جهت پرتوها مشخص شود. با استفاده از یک نقاله، خطوط	فعالیت ۱۱-۳ اندازه گیری ضریب شکست : با توجه به مثال ۱۱-۳، آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغه متوازی السطوح شفاف را اندازه گرفت.	۶۶

عمود بر وجه های تیغه در محل ورود و خروج باریک های نور را رسم کنید و زاویه های بین باریک ها و خطوط عمود را اندازه بگیرید. شکل ب، طرحی از چنین ترسیمی را نشان می دهد. اکنون می توانیم با استفاده از قانون اسنل برای ورود باریک از هوا به تیغه، ضریب شکست تیغه را به دست آوریم و یا اینکه ضریب شکست را با استفاده از قانون اسنل برای خروج باریک از تیغه به هوا بیابیم.  الف) تصویری از اسباب آزمایش اندازه گیری ضریب شکست ب) نمودار پرتویی آزمایش توجه کنید: زاویه تابش θ_i و زاویه θ_r شکست و $\theta_{i1} = \theta_{r2}$ و $\theta_{i2} = \theta_{r1}$ است. بنابراین پرتوهای فرودی و خروجی با هم موازی اند	مثال ۱۱-۳ پرتوی نوری مطابق شکل، از هوا بر تیغه شیشه ای متوازی السطوحی، با زاویه تابش 60° فرود می آید. الف) زاویه شکست (θ_r) پرتو در شیشه چقدر است؟ ب) زاویه خروجی (θ_{i2}) پرتو از شیشه چقدر است؟ 
قانون اسنل را به طور مجزا برای دو پرتوی قرمز و آبی می نویسیم. برای پرتوی قرمز داریم $n_1 \sin \theta_1 = n_{r,Red} \sin \theta_{r,Red} \rightarrow \sin \theta_{r,Red} = \frac{n_1}{n_r} \sin \theta_1$ $\rightarrow \sin \theta_{r,Red} = \frac{1}{1/459} \sin 45^\circ \rightarrow \theta_{r,Red} = 28/8^\circ = 0/479$ برای پرتوی آبی داریم $\sin \theta_{r,Blue} = \frac{1}{1/467} \sin 45^\circ \rightarrow \theta_{r,Blue} = 29^\circ = 0/477$	تمرین ۱۱-۳ شکل رویهرو باریک نوری متشکل از دو پرتوی قرمز و آبی را نشان می دهد که از هوا و با زاویه تابش 45° بر سطح تیغه تختی از کوارتز می تابند. زاویه های شکست برای این دو پرتو را محاسبه کنید. ضریب شکست نورهای قرمز و آبی در کوارتز به ترتیب برابرند با $n_{قرمز} = 1/459$ و $n_{آبی} = 1/467$. 
با نزدیک شدن امواج به یک ساحل شیب دار و رسیدن جبهه های موج به ساحل که در آنجا عمق آب کم می شود، جهت انتشار موج تغییر می کند. به عبارتی، با ورود امواج از ناحیه عمیق به ناحیه کم عمق، تندی آنها کم می شود. 	۳-۸ شکست موج ۳۷. با رسم شکلی از جبهه های موج توضیح دهید چگونه جهت انتشار جبهه های موج با رسیدن به یک ساحل شیب دار، تغییر می کند.

۶۹ ۳۸. شکل زیر پرتویی را نشان می دهد که از هوا وارد شیشه شده است. کدام گزینه های A تا D، می تواند پرتوی داخل شیشه را نشان دهد؟ 	شیشه ضریب شکست بزرگ تری نسبت به هوا دارد. پرتو شکسته شده در شیشه به خط عمود نزدیک می شود. بنابراین پرتوی A، نمی تواند درست باشد، زیرا پرتو از خط عمود دور شده است. اگر نور از شیشه وارد هوا می شد. 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 $\theta_r = 0^\circ$ است
۷۰ ۳۹. ضریب شکست آب $1/3$ و ضریب شکست شیشه $1/5$ است. اگر نوری به طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه های موج را در دو محیط نشان دهید.	مطابق شکل مقابل خواهیم داشت (البته در این شکل فاصله بین جبهه های موج در دو محیط به یک مقیاس نیست، ولی در هر حال $\lambda_{\text{شیشه}} > \lambda_{\text{آب}}$ است). 
۷۱ ۴۰. شکل زیر جبهه های موجی را نشان می دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده اند. الف) ادامه جبهه 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 می توان نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟ 	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 نمی کند. بنابراین نسبت v/λ ثابت می ماند و داریم $\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ از روی شکل مقابل در می یابیم که $\lambda_2 > \lambda_1$ و بنابراین $v_2 < v_1$ است. به عبارتی با دانستن فاصله بین جبهه های موج در دو محیط می توان درباره نسبت تندی موج در دو محیط اظهار نظر کرد. مثلاً برای شکل مقابل در این مسئله، نسبت λ_1 به λ_2 تقریباً $1/6$ می شود که همان نسبت v_1 به v_2 نیز هست. 

	(الف) برای موج شکسته، به جز بسامد سایر مشخصه ها با موج فرودی متفاوت است. چرا که تندی و طول موج تغییر می کنند 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) امتداد پرتوها بر اثر شکست تفاوت پیدا می کند. پرتوی شکسته شده باید به خط عمود نزدیک شود. ابتدا پرتوی موج را رسم کرده و سپس جبهه های موج را به گونه ای رسم می کنیم که این پرتو عمود بر آنها باشد، در مورد جبهه های موج بازتابیده، چون در خود محیط بازتابیده می شوند، فاصله خطوط تغییر نمی کند و بنابراین برای موج بازتابیده شکلی مانند روبرو خواهیم داشت. برای جبهه های موج شکست یافته نیز نخست یک پرتوی شکست یافته را رسم می کنیم و سپس جبهه های موج مربوط به آن را نشان می دهیم. که فاصله جبهه های موج در شیشه، کوتاه تر است.	۱۴۱. در شکل زیر موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی تابد و بخشی دیگر شکست می یابد و وارد شیشه می شود. (الف) مشخصه های موج بازتابیده و موج شکست یافته را با موج فرودی مقایسه کنید. (ب) جبهه های موج بازتابیده و شکست یافته را رسم کنید.	۷۲
	(الف) $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{633 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4.74 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (ب) $n = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{633 \times 10^{-9} \text{ m}}{474 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1.34$ (پ) $V = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.34} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$	۱۴۲. طول موج نور قرمز لیزر هلیوم - نئون در هوا حدود ۶۳۳nm است، ولی در زجاجیه 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.	۷۳

اگر به طور قائم از بالا نگاه کنیم. پرتوی که از نقطه‌ای از سکه رسم نمائیم در زاویه کوچکی از خط عمود از سطح آب قرار می‌گیرد. به دلیل شکسته شدن پرتوها و ورود آنها از محیطی با ضریب شکست بیشتر به محیطی با ضریب شکست کمتر، پرتوها در محل خروج از سطح آب، از خط عمود دور می‌شوند و این طور 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 همان طور 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 هر چه 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. 	۱۴۳. سکه‌ای را در گوشه فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی‌آنکه سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری که آب ریختن شما موجب جابه‌جایی سکه نشود. با پرسیدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید. 	۷۴
$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} = \frac{(1/33) \sin 30^\circ}{1} = 0.665$ $\rightarrow \theta_2 = 41.7^\circ$	۱۴۴. مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می‌رسد تحت زاویه 6° به مرز آب-هوا برخورد کرده است. زاویه شکست این پرتو در هوا چقدر است؟ 	۷۵
شکل (الف) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی می‌بایست بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا می‌کرد. 	۱۴۵. 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؟ 	۷۶

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 گزینه ی درستی است.  شکل (پ) پرتوها در سمتی درست شکسته شده اند، ولی پرتوی آبی به خط عمود نزدیک شده اند. بنابراین کلیت این شکل نیز نادرست است. 	
با استفاده از یک منشور به سادگی می توانیم بین این دو نظر، یکی را انتخاب کنیم. اگر نور زرد، ترکیبی باشد در منشور تجزیه می شود و می توانیم نورهای قرمز و سبز را مشاهده کنیم.	۴۷. دو دانش آموز به نور زرد نگاه می کنند. یکی از آنها نور زرد را ترکیب دو نور قرمز و سبز و دیگری آن را از یک نوع رنگ می داند. به نظر شما با چه تجربه ای می توان بین این دو نظر، یکی را انتخاب کرد؟