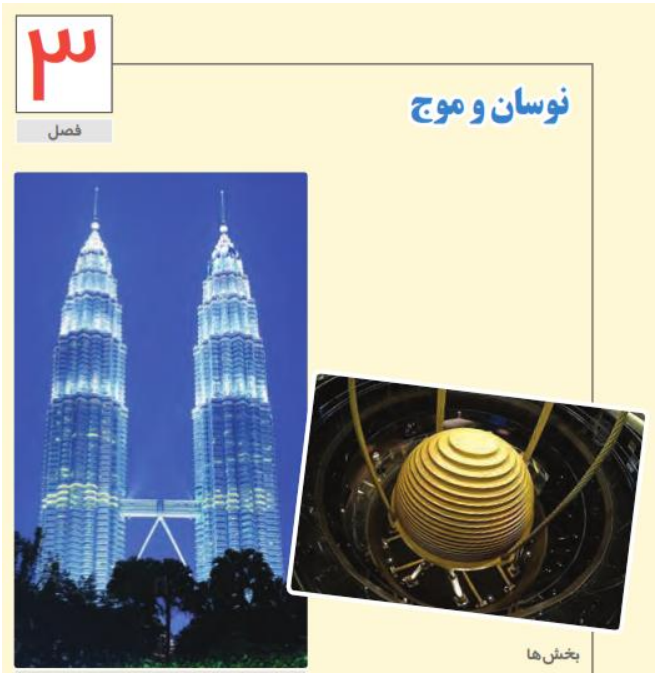


راهنمای حل فصل ۳ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

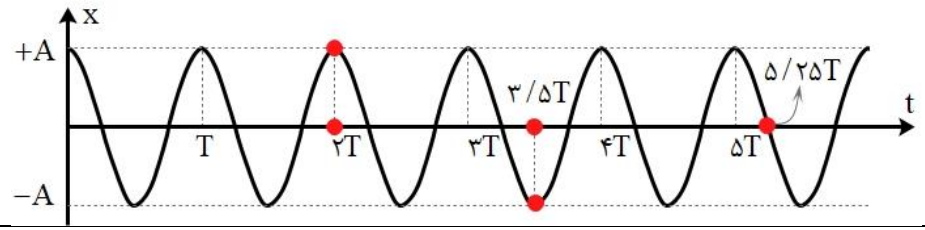
منطبق بر کتاب درسی

گروه فیزیک استان گیلان@Schoolphysics

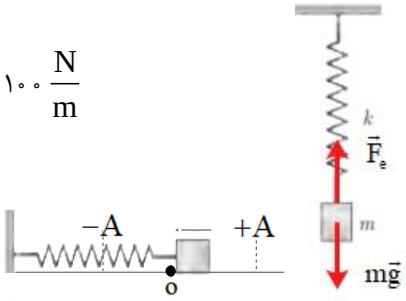
نوسان و موج			
	فعالیت / پرسش/تمرین / مسائل	صفحه کتاب درسی	صفحه pdf
	۳–۱ – نوسان دوره ای	۶۲	۱
۱	پرسش ۲–۱	۶۲	۱
	۳–۲ حرکت هماهنگ ساده	۶۳	۱
۲	تمرین ۳–۱	۶۴	۱
۳	تمرین ۳–۲	۶۴	۲
۴	فعالیت ۳–۲	۶۵	۲
۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱	۸۵	۳
۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲	۸۵	۳
۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۳	۸۵	۳
۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۴	۸۵	۴
۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۵	۸۵	۴
	۳–۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده	۶۶	۵
۱۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۶	۸۵	۵
۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۷	۸۵	۵
۱۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۸	۸۵	۵
۱۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۹	۸۵	۶
	۳–۴ تشدید	۶۸	۶
۱۴	فعالیت ۳–۳	۶۸	۶-۷
۱۵	تمرین ۳–۳	۶۹	۷
۱۶	پرسش ۳–۲	۶۹	۷
۱۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۰	۸۵	۸
۱۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۱	۸۶	۸
	۳–۵ موج و انواع آن	۶۹	۹

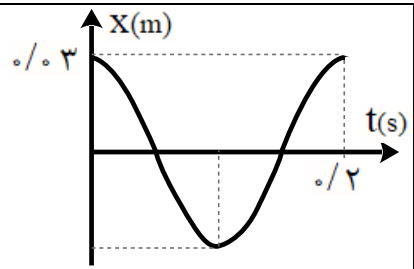
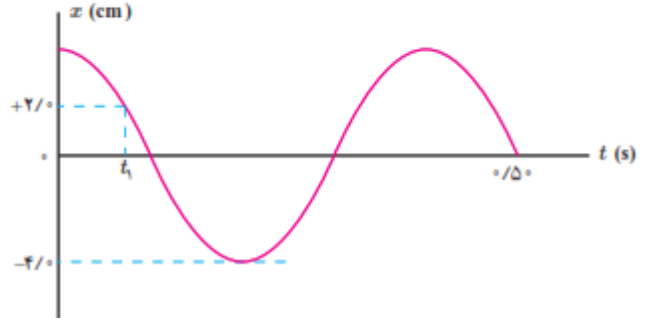
۱۹	پرسش ۳–۳	۷۰	۹
	۳–۶ مشخصه های موج	۷۰	۹
۲۰	پرسش ۳–۴	۷۳	۹
۲۱	تمرین ۳–۴	۷۴	۹
۲۲	پرسش ۳–۵	۷۵	۱۰–۹
۲۳	تمرین ۳–۵	۷۶	۱۰
۲۴	فعالیت ۳–۴	۷۶	۱۰
۲۵	فعالیت ۳–۵	۷۷	۱۱
۲۶	پرسش ۳–۶	۷۹	۱۲–۱۱
۲۷	فعالیت ۳–۶	۷۹	۱۲
۲۸	تمرین ۳–۶	۸۰	۱۳–۱۲
۲۹	تمرین ۳–۷	۸۱	۱۳
۳۰	پرسش ۳–۷	۸۲	۱۴–۱۳
۳۱	پرسش ۳–۸	۸۴	۱۴
۳۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۲	۸۶	۱۴
۳۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۳	۸۶	۱۵
۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۴	۸۶	۱۵
۳۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۵	۸۶	۱۵
۳۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۶	۸۶	۱۵
۳۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۷	۸۶	۱۶
۳۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۸	۸۷	۱۶
۳۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۹	۸۷	۱۶
۴۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۰	۸۷	۱۷–۱۶
۴۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۱	۸۷	۱۷
۴۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲۲	۸۷	۱۷

۴۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲۳	۸۷	۱۷
۴۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۴	۸۷	۱۸
۴۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۵	۸۸	۱۸
۴۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲۶	۸۸	۱۸
۴۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲۷	۸۸	۱۹
۴۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۸	۸۸	۱۹
۴۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۹	۸۸	۱۹
۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۳۰	۸۸	۲۰
۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۳۱	۸۸	۲۰
۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۳۲	۸۸	۲۱

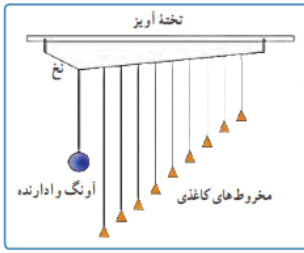
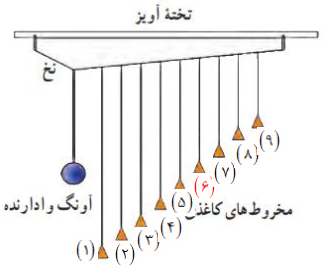
	در طراحی و ساخت برج‌های بلند، توجه به قوانین فیزیکی نوسان و موج اهمیت زیادی دارد. در برخی از این برج‌ها آونگ‌های بسیار سنگینی (در حدود چند صد تُن)، در طبقات بالایی نصب می‌کنند تا از نوسان‌های احتمالی برج کم کند. چگونه یک آونگ می‌تواند این نوسان‌ها را کاهش دهد؟	در نزدیکی بالای سازه، جرم عظیمی (میراگر جرمی) وجود دارد که به وسیله کابل‌های فولادی معلق است و در صورت زلزله این جرم مثل پاندول برخلاف جهت حرکت ساختمان در حال جنبش فعالیت می‌کند و انرژی و تاثیر لرزشی توفان و زلزله را پراکنده می‌کند.
	۳ـ۱ نوسان دوره‌ای	
۱	**پرسش ۳ـ۱** بسامد ضربان قلب مربوط به نمودار شکل ۳ـ۲ چقدر است؟ دورهٔ تناوب ضربان قلب این شخص $\frac{۱}{۶۵}$ دقیقه، یا ۰/۹۲ ثانیه است. شکل ۳ـ۲ نمونه‌ای از نمودار الکتروقلب نگار[1] (نوار قلب) یک شخص[2]	$T=\frac{۱}{۶۵}\ min \quad \rightarrow \quad f=\frac{۱}{T}=\frac{۱}{۰/۹۲\ s}=۱/۰۸\ Hz$
	۳ـ۲ حرکت هماهنگ ساده	
۲	**تمرین ۳ـ۱** ذره‌ای در حال نوسان هماهنگ ساده با دورهٔ تناوب T است. با فرض اینکه در $t=۰s$ ذره در $x=+A$ باشد، تعیین کنید در هر یک از لحظات زیر، آیا ذره در $x=-A$، در $x=+A$، یا در $x=۰$ خواهد بود؟ الف) $t=۲/۰۰T$، ب) $t=۳/۵۰T$، پ) $t=۵/۲۵T$ (*راهنمایی*: برای پاسخ به این تمرین، ساده‌تر آن است که چند دوره از یک نمودار کسینوسی را رسم کنید.)	با توجه به نمودار پائین، نتایج زیر به دست می‌آید: الف) در $t=۲/۰۰\ T$، ذره در $x=+A$ قرار دارد. ب) در $t=۳/۵۰\ T$، ذره در $x=-A$ قرار دارد. پ) در $t=۵/۲۵\ T$، ذره در $x=۰$ قرار دارد. 

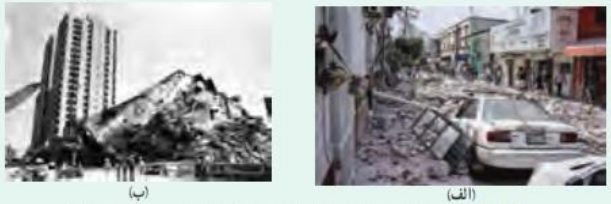
۳	**تمرین ۳ـ۲** در حرکت هماهنگ ساده، مکان $x(t)$ باید پس از گذشت یک دورهٔ تناوب برابر مقدار اولیه‌اش شود. یعنی اگر $x(t)$ مکان در زمان دلخواه t باشد، آن‌گاه نوسانگر باید در زمان $t+T$ دوباره به همان مکان بازگردد و بنابراین $A\cos\omega t = A\cos\omega(t+T)$. براین اساس نشان دهید $\omega = 2\pi/T$.	با توجه به آن چه در ریاضی خوانده ایم، داریم: $\cos\alpha = \cos x$ $x = 2k\pi \pm \alpha \qquad k \in \mathbb{Z}$ بنابراین: $A\cos\omega t = A\cos\omega(t+T) \rightarrow \omega(t+T) = 2k\pi + \omega t$ $\omega t + \omega T = 2k\pi + \omega t \rightarrow \omega T = 2k\pi$ $\xrightarrow{k=1} \omega T = 2\pi \rightarrow \boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}}$
۴	**فعالیت ۳ـ۲** با انتخاب وزنه‌ها و فنرهای مختلف، با جرم‌ها و ثابت فنرهای معلوم و مناسب، در آرایشی مطابق شکل، و با اندازه‌گیری زمان تعداد مشخصی نوسان کامل، و سپس محاسبهٔ دورهٔ تناوب T برای هر سامانهٔ جرم ـ فنر، به‌طور تجربی نشان دهید که : الف) دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم ـ فنر با یک فنر معیّن ولی وزنه‌های متفاوت، با جذر جرم وزنه به‌طور مستقیم متناسب است ($T \propto \sqrt{m}$). ب) دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم ـ فنر با یک وزنهٔ معیّن ولی فنرهای متفاوت، با جذر ثابت فنر به‌طور وارون متناسب است ($T \propto 1/\sqrt{k}$).	**الف)** جسمی با جرم مشخص (m) را به فنری با ثابت معلوم (m) آویزان می‌کنیم. پس از رسیدن به تعادل، جسم را کمی به پایین کشیده و رها می‌کنیم. 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 می‌آوریم. آزمایش را با وزنه های متفاوت تکرار می‌کنیم نتیجه می‌گیریم که دوره تناوب سامانه جرم – فنر با یک فنر معین با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است. $\left(T\alpha\sqrt{m}\right)$ **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. $\left(T\alpha\frac{1}{\sqrt{k}}\right)$

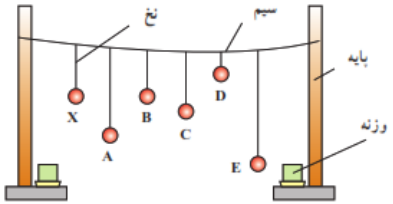
	۳–۱ و ۳–۲ نوسان دوره‌ای و حرکت هماهنگ ساده	
۵	ا. یک وزنهٔ ۲۰N را از انتهای یک فنر قائم می‌آویزیم، فنر ۲۰cm کشیده می‌شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنهٔ ۵/۰N متصل است روی میز بدون اصطکاکی به نوسان درمی‌آوریم. دورهٔ تناوب این نوسان چقدر است؟	$mg = ۲۰N , x = ۰/۲m$ $F_{net} = ۰ \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \Rightarrow k = \frac{۲۰N}{۰/۲m} = ۱۰۰\frac{N}{m}$ $mg = ۵N \Rightarrow m = \frac{۵N}{۹/۸(N/kg)} \simeq ۰/۵kg$ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = ۲\times۳/۱۴\sqrt{\frac{۰/۵}{۱۰۰}} \simeq ۰/۴۴s$ 
۶	ب. 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؟	$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{m'}{m}} \Rightarrow \frac{۳}{۲} = \sqrt{\frac{m+۲}{m}}$ $\Rightarrow \frac{۹}{۴} = \frac{m+۲}{m} \Rightarrow ۹m - ۴m = ۸ \Rightarrow m = \frac{۸}{۵}kg \Rightarrow m = ۱/۶kg$
۷	ج. جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن ۱۶۰۰kg است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $۲/۰۰\times۱۰^۴N/m$ 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.	$m = \frac{۱۶۰۰}{۴} = ۴۰۰kg$ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = ۲\times۳/۱۴\sqrt{\frac{۴۰۰kg}{۲\times۱۰^۴(N/m)}} = ۰/۸۹s$ $f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۰/۸۹s} \simeq ۱/۱۲Hz$ $\omega = \sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{۲\times۱۰^۴(N/m)}{۴۰۰kg}} = ۷/۰۷\frac{rad}{s}$

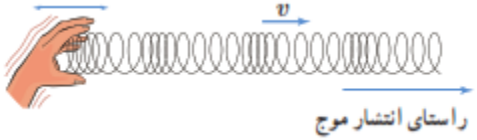
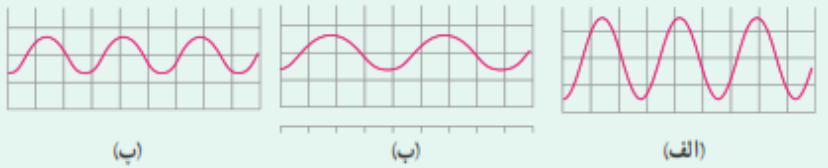
۸	عـ. دامنهٔ نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $۳/۰\times۱۰^{-۲}\,m$ و بسامد آن $۵/۰\,Hz$ هرتز است. معادلهٔ حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان ــ زمان آن را در یک دوره رسم کنید.	$A=۳\times۱۰^{-۲}=۰/۰۳\,m \quad ,f=۵\,Hz\,,T=۰/۲\,s$ $\omega=۲\pi f=۲\pi\times۵(Hz)=۱۰\pi\left(\frac{rad}{s}\right)$ $x=(۰/۰۳\,m)\cos۱۰\pi t$ $T=\frac{۱}{f}=\frac{۱}{۵\,Hz}=۰/۲\,s$ 
۹	◘. 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. 	الف) $A=۰/۰۴\,m$ $\frac{۵T}{۴}=۰/۵\,s \Rightarrow T=۰/۴\,s\rightarrow\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{۰/۴\,s}=۵\pi\frac{rad}{s}$ $x=A\cos\omega t\Rightarrow x=(۰/۰۴\,m)\cos۵\pi t$ ب) $A=۰/۰۴\,m$ $x=A\cos\omega t\Rightarrow\frac{x}{A}=\cos\omega t\Rightarrow\frac{۲}{۴}=\cos۵\pi t_۱\Rightarrow\frac{۱}{۲}=\cos۵\pi t_۱$ $\cos\frac{\pi}{۳}=\cos۵\pi t_۱\Rightarrow\frac{\pi}{۳}=۵\pi t_۱\Rightarrow t_۱=\frac{۱}{۱۵}s$ پ) $F=ma \quad ,|F|=kx\Rightarrow ma=|kx|$ $(\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}\Rightarrow k=m\omega^۲)$ $\Rightarrow ma=|m\omega^۲x| \quad \Rightarrow a=|\omega^۲x|=۲۵\pi^۲\times۰/۰۲\simeq۵\frac{m}{s^۲}$

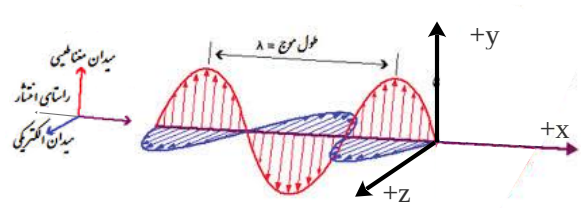
	۳ـ۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده	
۱۰	**۷.** دامنهٔ نوسان وزنه‌ای که به یک فنر با ثابت فنر ۷۴N/m متصل است و در راستای افقی نوسان می‌کند، برابر با ۸/۰cm است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر نوسان، $۸/۰\times۱۰^{-۲}\,J$ باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چقدر است؟ (از نیروهای اتلافی چشم‌پوشی شود.)	$E=\frac{۱}{۲}kA^{۲}\quad ,E=K+U$ $\frac{۱}{۲}kA^{۲}=K+U$ $\frac{۱}{۲}\times(۷۴\,N/m)\times(۸\times۱۰^{-۲}\,m)^{۲}=K+(۸\times۱۰^{-۲}\,J)\Rightarrow K=۱۵/۶۸\times۱۰^{-۲}\,J$
۱۱	**۷.** جسمی به جرم ۱/۰kg به فنری افقی با ثابت ۶/۰N/cm متصل است. فنر به اندازهٔ ۹/۰cm 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 ۱/۶m/s است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟	الف) $m=۱kg,\quad k=۶۰۰N/m,\quad A=۰/۰۹m$ $v_{max}=A\omega=A\sqrt{\frac{k}{m}}=۰/۰۹m\times\sqrt{\frac{۶۰۰N/m}{۱kg}}=۲/۲\frac{m}{s}$ ب) $U=E-K=\frac{۱}{۲}kA^{۲}-\frac{۱}{۲}mv^{۲}$ $\Rightarrow U=\frac{۱}{۲}\times(۶۰۰N/m)\times(۰/۰۹m)^{۲}-\frac{۱}{۲}\times(۱kg)\times(۱/۶m/s)^{۲}\Rightarrow U=۱/۱۵J$
۱۲	**۸.** معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر در SI به‌صورت $x=(۰/۰۵۰m)\cos۲۰\pi t$ 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؟	الف) $\omega=۲۰\pi\,rad/s\rightarrow T=\frac{۲\pi}{\omega}=\frac{۲\pi(rad)}{۲۰\pi\,rad/s}=۰/۱s$ $t=\frac{T}{۴}=\frac{۰/۱s}{۴}=۰/۰۲۵s$ ب) $t_{۲}=\frac{T}{۲}=\frac{۰/۱s}{۲}=۰/۰۵s$ پ) $E=k+u\rightarrow E=۲k\rightarrow\frac{۱}{۲}m\omega^{۲}A^{۲}=۲\frac{۱}{۲}mV^{۲}\rightarrow V=\frac{\sqrt{۲}}{۲}\omega A$ $V=\frac{\sqrt{۲}}{۲}\omega A\xrightarrow{A=۰/۰۵m}V=\frac{\sqrt{۲}}{۲}\left(۲۰\pi\frac{rad}{s}\right)\times۰/۰۵m\rightarrow v=۰/۵\pi\sqrt{۲}\,m/s$

۱۳	۹. الف) ساعتی آونگ‌دار (با آونگ ساده) در تهران تنظیم شده است. اگر این ساعت به منطقه‌ای در استوا برده شود، عقب می‌افتد یا جلو؟ مقدار این عقب یا جلو افتادن در یک شبانه‌روز چقدر است؟ ($g_{\text{استوا}} = ۹/۷۸ \text{m/s}^۲$ و $g_{\text{تهران}} = ۹/۸۰ \text{m/s}^۲$) ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ‌دار جلو می‌افتد یا عقب؟	الف) $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow \frac{T_{Ostova}}{T_{Tehran}} = \frac{\sqrt{g_{Tehran}}}{\sqrt{g_{Ostova}}} = \frac{\sqrt{۹/۸ \frac{m}{s^۲}}}{\sqrt{۹/۷۸ \frac{m}{s^۲}}} = ۱/۰۰۱$ زمان دوره تناوب استوا (T_{Ostova}) بیشتر از زمان دوره تناوب تهران (T_{Tehran}) است. در نتیجه آونگ استوا کندتر حرکت می‌کند. $T_{Ostova} = ۱/۰۰۱ T_{Tehran}$ $\Delta T = T_{Ostova} - T_{Tehran} = ۰/۰۰۱ T_{Tehran} = ۰/۰۰۱ \times ۲۴h$ $\Delta T = ۰/۰۰۱ \times ۸۶۴۰۰s = ۸۶/۴s$ و به اندازه ۸۶/۴ s در استوا ساعت عقب می‌افتد. ب) با افزایش دما، طول افزایش می‌یابد. پس $L_۲ > L_۱$ $\frac{T_۲}{T_۱} = \frac{\sqrt{L_۲}}{\sqrt{L_۱}} = \sqrt{\frac{L_۲}{L_۱}} > ۱$ با توجه به اینکه دوره‌ی تناوب بعد از افزایش دما، عددی بزرگ‌تر از یک می‌باشد، لذا آونگ کندتر و ساعت عقب می‌افتد.
	۳-۴ تشدید	
۱۴	**فعالیت ۳-۳** **آونگ‌های بارتون**[۲] : یک آونگ با وزنهٔ سنگین و تعدادی آونگ سبک با طول‌های متفاوت را مطابق شکل سوار کنید. آونگ‌ها روی نخی سوار شده‌اند که هر دو انتهای آن توسط گیره‌هایی به تختهٔ آویز متصل شده است. به آونگ سنگین اصطلاحاً *آونگ وادارنده*[۳] گفته می‌شود، زیرا به نوسان درآوردن این آونگ در صفحهٔ عمود بر صفحهٔ شکل، موجب تاب خوردن نخ آویز و در نتیجه به نوسان واداشتن سایر آونگ‌ها می‌شود. آونگ وادارنده را به نوسان درآورید و آنچه را مشاهده می‌کنید توضیح دهید. 	وقتی آونگ وادارنده را به نوسان در می‌آوریم، باعث حرکت نخ آویز شده و در نتیجه سایر آونگ ها نوسان می‌کنند. می‌دانیم بسامد طبیعی آونگ از رابطه $f_o = \frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$ و بسامد واداشته آونگ از رابطه $f_d = \frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$ به دست می‌آید. 

		با توجه به شکل، طول آونگ ۶، با طول آونگ وادارنده برابر است. بنابراین با حرکت آونگ وادارنده، همه آونگ ها شروع به نوسان می‌کنند. اما دامنه‌ی نوسان های آونگ ۶، به تدریج زیاد می‌شود زیرا $f_d = f_o$ است. بنابراین در آونگ ۶، تشدید صورت می‌گیرد.
۱۵	**تمرین ۳-۳** طول تعدادی آونگ ساده که از میله‌ای افقی آویزان‌اند، عبارت‌اند از، ۰/۴۰m ، ۰/۸۰m ، ۱/۲m ، ۲/۸m ، ۳/۵m. فرض کنید میله دستخوش نوسان‌هایی افقی با بسامد زاویه‌ای در گسترهٔ ۲/۰rad/s تا ۴/۰rad/s بشود. کدام آونگ‌ها با دامنهٔ بزرگ‌تری به نوسان درمی‌آیند؟ (توجه کنید گرچه تشدید در بسامد مشخصی رخ می‌دهد، اما دامنهٔ نوسان در نزدیک این بسامد همچنان بزرگ است).	$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \rightarrow \begin{cases} L_1 = 0/4\,m \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_1}} = \omega = \sqrt{\frac{9/8(m/s^2)}{0/4m}} = 4/94\,\frac{rad}{s} \\ L_2 = 0/8\,m \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_2}} = \omega = \sqrt{\frac{9/8(m/s^2)}{0/8}} = 3/5\,\frac{rad}{s} \\ L_3 = 1/2\,m \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_3}} = \omega = \sqrt{\frac{9/8(m/s^2)}{1/2m}} = 2/85\,\frac{rad}{s} \\ L_4 = 2/8\,m \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_4}} = \omega = \sqrt{\frac{9/8(m/s^2)}{2/8m}} = 1/87\,\frac{rad}{s} \\ L_5 = 3/5\,m \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_5}} = \omega = \sqrt{\frac{9/8(m/s^2)}{3/5m}} = 1/67\,\frac{rad}{s} \end{cases}$ در موارد فوق آونگ هایی که بسامد زاویه‌ای آن ها در محدوده‌ی بسامد نوسانگر اصلی باشد، با دامنه‌ی بزرگتری نوسان می‌کنند.
۱۶	**پرسش ۳-۲** در پی زمین‌لرزهٔ عظیمی (به بزرگی ۸/۱ در مقیاس ریشتر) که در ساحل غربی مکزیک در سال ۱۹۸۵ اتفاق افتاد ساختمان‌های نیمه‌بلند فرو ریختند، ولی ساختمان‌های کوتاه‌تر و بلندتر بابرجا ماندند. علت این پدیده را توضیح دهید.  (ب) (الف) الف) ساختمان‌های کوتاه و ب) ساختمان‌های بلند، در زمین‌لرزهٔ مکزیکوسیتی بر جای ماندند.	هر زلزله از تعداد زیادی نوسان‌های 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 محدوده‌ای 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 ساختمان‌های کوتاه‌تر و بلندتر، نوسان و لرزش داشت ولی تشدید اتفاق نیفتاد و به همین علت، تخریبی در آن‌ها صورت نگرفت.

	۳ـ۴ تشدید	
۱۷	*I.* هر فرد معمولاً با چرخشِ اندک بدنش به چپ و راست، راه می‌رود و بدین ترتیب نیروهای کوچکی به زمینِ زیر پایش وارد می‌کند. این نیروها بسامدی در حدود ۰/۵Hz دارند. لرزش شدید پل هوایی میلینیوم[1] 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؟	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 می‌آید.
۱۸	*II.* مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم. توضیح دهید با به نوسان درآوردن آونگ X، آونگ‌های دیگر چگونه نوسان می کنند؟ 	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.

	۳-۵ موج و انواع آن	
۱۹	**پرسش ۳-۳** همان‌طور که گفتیم یکی از ویژگی‌های موج پیش‌رونده انتقال انرژی از یک نقطه به نقطهٔ دیگر، در جهت انتشار موج است. با در نظر گرفتن یک تپ طولی در یک فنر بلندِ کشیده شده، این ویژگی را توضیح دهید.	با ایجاد یک تپ طولی در فنر، کشیدگی باعث وارد آمدن نیرو به بخش های مجاور می‌شود و در نتیجه در آن تغییر شکل بوجود آمده و شروع به حرکت و نوسان می‌کند. همچنین تغییر شکل فنر باعث ذخیره انرژی در فنر شده و حرکت فنر به معنی وجود انرژی جنبشی در بخش های مختلف فنر است. 
	۳-۶ مشخصه‌های موج	
۲۰	**پرسش ۳-۴** شکل روبه‌رو موجی عرضی را نشان می‌دهد. دامنه و طول‌موج هر کدام از شکل موج‌های الف)، ب)، و پ) را با دامنه و طول‌موج این شکل مقایسه کنید. 	الف) دامنه ها برابر و $\lambda_{الف} < \lambda$ ب) $\lambda_{ب} = \lambda$ و $A_{ب} < A$ پ) $\lambda_{پ} < \lambda$ و $A_{پ} < A$
۲۱	**تمرین ۳-۴** در سازهای زهی همانند تار، کمانچه و گیتار با سفت یا شُل کردن تار، تندی انتشار موج عرضی در تار تغییر می‌کند. در یک گیتار طول هر تار بین دو انتهای ثابت ۰/۶۲۸m است. برای نواختن بالاترین بسامد، جرم تار ۰/۲۰۸g و برای نواختن پایین‌ترین بسامد، جرم تار ۳/۳۲g است. تارها تحت کششی برابر ۲۲۶N قرار دارند. تندی انتشار موج برای ایجاد این دو بسامد چقدر است؟	$V = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow \begin{cases} V = \sqrt{\frac{۲۲۶N \times ۰/۶۲۸m}{۰/۲۰۸ \times ۱۰^{-۳} kg}} = ۸۲۶/۰۴ m/s \\ V = \sqrt{\frac{۲۲۶N \times ۰/۶۲۸m}{۳/۳۲ \times ۱۰^{-۳} kg}} = ۲۰۶/۷۵ m/s \end{cases}$
۲۲	**پرسش ۳-۵** در یک لحظهٔ خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه‌ای از فضا در جهت $+z$ و میدان مغناطیسی مربوط به آن در جهت $+y$ است. جهت انتشار در کدام سو است؟ (جهت‌های $+x$، $+y$ و $+z$ را مانند شکل ۳-۲۰ در نظر بگیرید.)	راستای انتشار عمود بر راستای میدان الکتریکی و مغناطیسی است. و در خلاف جهت محور x می‌باشد.

	شکل ۳-۲۰ یک تصویر لحظه‌ای از موجی الکترومغناطیسی که میدان الکتریکی در امتداد قائم (y) و میدان مغناطیسی در امتداد افقی (z) و انتشار موج در جهت x است.	
۲۳	**تمرین ۳-۵** طول آنتن یک گوشی تلفن همراه قدیمی معمولاً $\frac{۱}{۴}$ طول‌موج دریافتی است. اگر طول چنین آنتنی تقریباً برابر ۸/۵cm باشد بسامدی را که این گوشی با آن کار می‌کند تعیین کنید.	$L=\frac{\lambda}{۴}\rightarrow \lambda=۴\times ۸/۵\,cm=۳۴\,cm$ $f=\frac{c}{\lambda}\rightarrow f=\frac{۳\times ۱۰^{۸}\,m/s}{۰/۳۴m}=۸/۸۲\times ۱۰^{۸}\,Hz$
۲۴	**فعالیت ۳-۴** مطابق شکل روبه‌رو یک گوشی تلفن همراه را در یک محفظهٔ تخلیهٔ هوای شیشه‌ای آویزان کنید. با برقراری تماس با گوشی، صدای آن را خواهید شنید. ولی با به‌کار افتادن پمپ تخلیهٔ هوا، صدا به‌تدریج ضعیف و سرانجام خاموش می‌شود، در حالی که امواج الکترومغناطیسی همچنان به گوشی می‌رسند. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟	صوت یک موج مکانیکی است که برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد و در خلا منتشر نمی‌شود. ولی امواج الکترومغناطیسی برای انتشار خود، الزاما به محیط مادی نیاز ندارند و در خلا نیز منتشر می‌شوند.

۲۵

فعالیت ۳-۵

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

نام و حدود طول موج	جسمه	وسایل آشکارسازی	بعضی از ویژگی‌های خاص و کاربرد
پرتو گاما (γ) $1\,pm = 10^{-12}\,m$	هستهٔ مواد رادیواکتیو و پرتوهای کیهانی	شمارش‌گر گایگر-مولر و فیلم عکاسی	فوتون‌های با انرژی بسیار بالا و با قدرت نفوذ بسیار زیاد، خیلی خطرناک کاربرد : بافت‌های سرطانی را از بین می‌برد، برای یدنا کردن ترک در فلزات، برای ضدعفونی کردن تجهیزات و وسایل
پرتوی ایکس (X) $100\,pm = 10^{-10}\,m$	لامپ پرتو X	فیلم عکاسی و صفحهٔ فلوئورسان	فوتون‌های بسیار پرانرژی و با قدرت نفوذ زیاد، خیلی خطرناک کاربرد : استفاده در پرتونگاری، استفاده در مطالعهٔ ساختار بلورها، معالجهٔ بیماری‌های پوستی، استفاده در پرتودرمانی
فرابنفش (UV) $10\,nm = 10^{-8}\,m$	خورشید، جسم‌های خیلی داغ، جرقهٔ الکتریکی، لامپ بخار جیوه	فیلم عکاسی، فوتوسل	ویژگی‌ها : توسط شیشه جذب می‌شود، سبب بسیاری از واکنش‌های شیمیایی می‌شود، باخته‌های زنده را از بین می‌برد. کاربرد : لامپ‌های UV در پزشکی
نور مرئی $0/6\,\mu m = 6 \times 10^{-7}\,m$ (سبز)	خورشید، جسم‌های داغ، لیزرها	چشم، فیلم عکاسی، فوتوسل	ویژگی‌ها : در دیدن اجسام نقش اساسی دارد، برای رشد گیاهان و عمل فتوسنتز نقش حیاتی دارد. کاربرد : در سیستم‌های مخابراتی (لیزر و تارهای نوری) مورد استفاده قرار می‌گیرد.
فروسرخ (IR) $100\,\mu m = 10^{-4}\,m$	خورشید، جسم‌های گرم و داغ	فیلم‌های مخصوص عکاسی	ویژگی : هنگامی که جذب می‌شود، پوست را گرم می‌کند. کاربرد : برای گرم کردن، برای فیلم‌برداری و عکاسی در مه و تاریکی، عکاسی IR توسط ماهواره‌ها
رادیویی $3\,m$ (VHF)	اجاق‌های مایکروویو، آنن‌های رادیویی و تلویزیونی	رادیو و تلویزیون	کاربرد : در آشپزی، رادیو، تلویزیون، مخابرات ماهواره‌ای و در رادارها برای آشکارسازی هواپیما، موشک و کشتی

۲۶

پرسش ۳-۶

الف) چگونگی ایجاد صوت توسط دیاپازون را توضیح دهید.

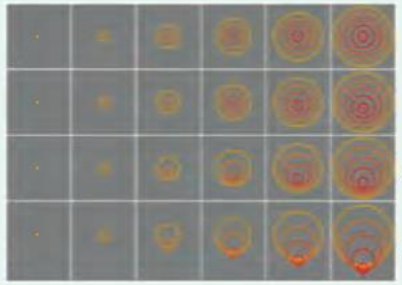
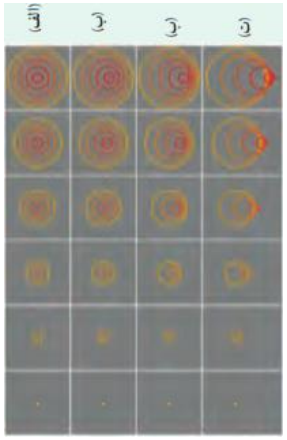
ب) به نظر شما چه سازوکاری موجب صدای وزوزِ حشرات هنگام پرواز می‌شود؟

الف) دیاپازون از یک فلزی دوشاخه‌ای درست می‌شود که انتهای آنها بر هم کوپل می‌شود اگر ضربه‌ای به یکی از شاخه‌ها بزنیم هوای داخل آنرا متراکم می‌کند و چون ته دیاپازون کوپل شده (بسته) است، دیاپازون بصورت یک لوله صوتی بسته عمل می‌کند و فیزیک امواج در رفت و برگشت به صورت امواج ساکن ظاهر می‌شوند که در حالت تشدید نوسانات صدای صوت آنـرا می‌شنویم.

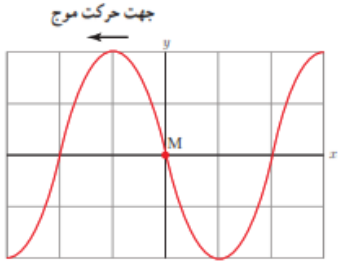
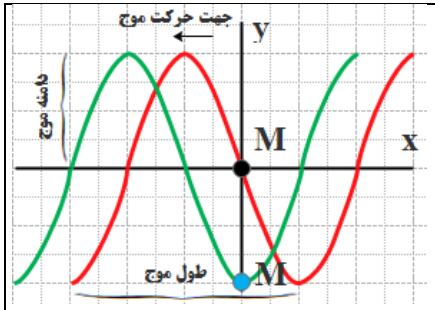
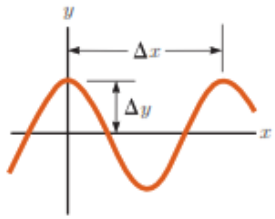
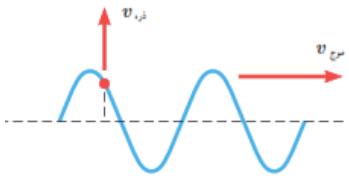
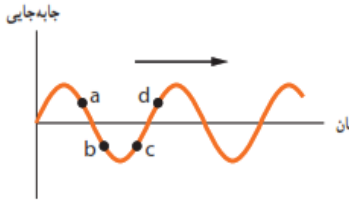
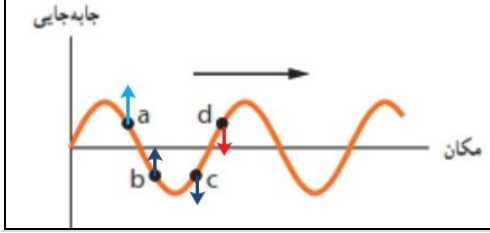
البته هامورنیـــک‌های غیـر از صـوت اصلی با بقیه تداخل می‌کنند و ما صوت مرکبی را می‌شنویم.

اهمیت دیاپازون در این است که ارتعاشات آن صدای خالص تولید می‌کند (صدای خالص آن است که ارتعاشات آن با تابع سینوسی نشان داده شود)، به علاوه فرکانس آن همیشه ثابت می‌ماند. از این رو دیاپازون را می‌توان آلت دقیقی برای نت‌های موسیقی دانست و صحت صداها و نت‌های مختلف را با آن کنترل نمود. چنانچه ارتعاش دیاپازون را با وسایل الکتریکی پایا سازیم، می‌تواند برای کنترل مدارهای الکتریکی بکار رود. از ثابت ماندن فرکانس دیاپازون برای تعیین اجزا زمان استفاده می‌نمایند و اگر دیاپازون را با دقت کامل ساخته باشند می‌توان با دقتی در حدود یک ده هزارم ثانیه اجزا زمان را اندازه

		گرفت. امروزه بواسطه ترقی صنعت، ساختن و استعمال این قبیل دیاپازون‌ها امری عادی است و چنانچه در انتخاب فلز دقت به عمل آید و سایر احتیاطات نیز لحاظ گردد، دقت دیاپازون تا یک میلیونیم ثانیه می‌رسد. دیاپازون وسیله‌ای فلزیست دارای دو شاخه که انتهای آنها به یک پایه مشترک وصل شده است. با وارد شدن ضربه به یکی از شاخه‌ها هوای داخل آن متراکم می‌شود و از آنجا که نه دیاپازون بسته است، این پدیده باعث به وجود آمدن امواج ساکن می‌شود که صدای آن قابل شنیدن است. بسامد هر دیاپازون ثابت است و به پدیده تشدید مربوط است. دیاپازون در شنوایی سنجی کاربردهای مختلفی از مقایسه شنوایی, تشخیص و تمایز مشکلات حسی و عصبی و تایید گپ دارد. ب) حشرات هنگام پرواز بال‌های خود را حرکت می‌دهند که با حرکت بال‌هایشان هوای اطراف را منبسط و منقبض کرده و صوت ایجاد می‌شود. پشه ها و مگس ها برخلاف بقیه حشرات تنها دو بال دارند و بقیه حشرات ۴ بال دارند. گفتنی است، در پشه ها و مگس‌ها ۲ تا از ۴ بال به صورت اندام‌های کوچکی درآمده‌اند که دمبل نامیده می‌شود و هنگام پرواز به بال‌ها می‌خورند و این صدای ویز ویز یا سوت هم نتیجه همین برخورد است. دمبل‌ها به پرواز این حشرات کمک‌های زیادی می‌کنند و باعث افزایش تعادل و قدرت مانور زیاد حشرات می‌شود.
۲۷	**فعالیت ۳-۶** **اندازه‌گیری تندی صوت**: یک روش ساده برای اندازه‌گیری تندی صوت به این ترتیب است: دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان‌سنج حساس[1] متصل کنید. این زمان‌سنج می‌تواند بازه‌های زمانی را با دقت میلی‌ثانیه اندازه‌گیری کند. وقتی چکش را به صفحهٔ فلزی بکوبیم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می‌شوند، نخست میکروفون نزدیک‌تر و سپس میکروفون دورتر را متأثر می‌سازند. اختلاف فاصلهٔ میکروفون‌ها از محل برخورد چکش با صفحهٔ فلزی را اندازه می‌گیریم. با استفاده از زمان‌سنج می‌توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کنیم. اکنون با استفاده از رابطهٔ $v=\Delta x/\Delta t$ می‌توانیم تندی صوت را در هوا بیابیم. درصورتی 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 اندازه‌گیری می‌کنند؟ یک نفر تفنگ خود را آتش می‌کند. شخصی دیگر که در سمت دیگر و در ۱۶۰۰ متری او ایستاده است، ۵ ثانیه بعد صدای تیر را می‌شنود. بنابراین، موج صدا در هر ۵ ثانیه، ۱۶۰۰ متر راه می‌پیماید. پس: سرعت صوت در هر ثانیه، ۳۳۰ متر است. چطور تندی/ سرعت صدا را در آب اندازه‌گیری می‌کنند؟ سرعت صوت را در زیر آب، با فرستادن موج‌های صوتی از یک قایق به قایق دیگر اندازه می‌گیرند. سرعت صوت در آب، حدود ۱۴۶۰ متر در ثانیه است. برگرفته از: کتاب: صوت نوشته: جی. استفنسن
۲۸	**تمرین ۳-۶** شخصی با چکّش به انتهای میلهٔ باریک بلندی ضربه‌ای می‌زند. تندی صوت در این میله ۱۵ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگری که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا را که یکی از میله می‌آید و دیگری از هوای اطراف میله، با اختلاف زمانی ۰/۱۲s می‌شنود. اگر تندی صوت در هوا ۳۴۰m/s باشد، طول میله چقدر است؟	اگر تندی صوت در هوا V_a و اگر تندی صوت در میله V_b $$\Delta T=\frac{\Delta x}{v_a}-\frac{\Delta x}{v_b}=\frac{(v_b-v_a)\Delta x}{v_a v_b}\rightarrow \Delta x=\frac{v_a v_b}{v_b-v_a}\Delta t$$

		$\rightarrow \Delta x = \frac{v_a(15v_a)}{15v_a - v_a}\Delta t = \frac{15v_a}{14v_a}\Delta t = \frac{15\times 340 m/s}{14}\times 0/12s = 43/7m$
۲۹	**تمرین ۳-۷** با زیاد کردن صدای تلویزیونی، شدت صوتی که به گوش ما می‌رسد ۱۰۰ برابر می‌شود. تراز شدت صوتی که می‌شنویم چند دسی‌بل افزایش یافته است؟	$\beta_1 = (10dB)\log(\frac{I_1}{I_0}) = (10dB)\log(I_1 - I_0)$ $\beta_2 = (10dB)\log(\frac{I_2}{I_0}) = (10dB)\log(I_2 - I_0)$ $\beta_2 - \beta_1 = (10dB)\log(I_2 - I_1) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10dB)\log(\frac{I_2}{I_1})$ $\beta_2 - \beta_1 = (10dB)\log(\frac{100I_1}{I_1}) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10dB)\log(100) = (10dB)(2) = 20dB$
۳۰	**پرسش ۳-۷** در هر ردیف شکل روبه‌رو، جبهه‌های موج متوالی حاصل از یک چشمه را می‌بینید. الف) تندی چشمه‌ها را با هم مقایسه کنید. ب) تندی هر چشمه را با تندی صوت مقایسه کنید.  	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 پادساعتگرد 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) پیشتر از این تندی در (ب) است و بدین ترتیب ازدحام جبهه های موج در جلوی چشمه گسیلندهٔ 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

		بالاتر 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.
۳۱	**پرسش ۳ـ۸** شکل زیر چشمهٔ نوری را نشان می‌دهد که در حال حرکت به‌طرف راست است. چشمه، نوری با بسامد f را گسیل می‌کند. بسامد نوری که آشکارساز ساکن دریافت می‌کند بیشتر از f است یا کمتر؟ 	چون چشمه نور از آشکارساز دور شده است، با افزایش طول موج، بسامد کمتر می شود در نتیجه آشکارساز با بسامد کمتر از f_0 را دریافت می کند و $f < f_0$ می شود.
	۳ـ۵ و ۳ـ۶ موج و انواع آن، و مشخصه‌های موج	
۳۲	**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.	الف) تندی موج تغییر نمی‌کند. ب) بسامد موج به چشمه موج بستگی دارد پس تغییر نمی‌کند. طبق رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ با افزایش کشش ریسمان، تندی موج افزایش می‌یابد. طبق رابطه $\lambda = \frac{V}{f}$ با افزایش تندی موج، طول موج نیز افزایش می‌یابد.

۳۳	**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? 	الف)  ب) $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow ۵/۰\ cm = \frac{۱۰\ \frac{cm}{s}}{f} \rightarrow f = ۲\ Hz$ پ) $L = \frac{\lambda}{۴} \rightarrow L = \frac{۵\ cm}{۴} = ۱/۲۵\ cm$
۳۴	**۱۴.** در نمودار جابه‌جایی ـ مکانِ موجِ عرضیِ شکل زیر Δx=۴۰/۰cm و Δy=۱۵/۰cm است. اگر بسامد نوسان‌های چشمه ۸/۰۰Hz باشد، طول‌موج، دامنه، تندی و دورهٔ تناوب موج چقدر است؟ 	$\lambda = \Delta x = ۴۰/۰\ cm$ $A = \Delta y = ۱۵/۰\ cm$ $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow ۴۰\times۱۰^{-۲}\ m = \frac{V}{۸\ Hz} \rightarrow V = ۳/۲\ \frac{m}{s}$ $T = \frac{۱}{f} \rightarrow T = \frac{۱}{۸}\ s = ۰/۱۲۵\ s$
۳۵	**۱۵.** شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که با تندی $v_{موج}$ به سمت راست حرکت می‌کند، درحالی که تندیِ ذرهٔ نشان داده شدهٔ ریسمان $v_{ذره}$ است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید. 	تندی انتشار موج (Vموج) به جنس و ویژگی های محیط انتشار بستگی دارد و از رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ به دست می‌آید. هر ذره نیز با انتشار موج در محیط با تندی (Vذره) نوسان می‌کند که در نقاط مختلف متغیر است. در شکل داده شده Vذره بر Vموج عمود است.
۳۶	**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؟ 	

۳۷

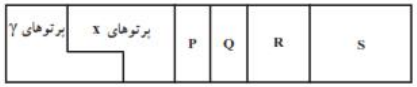
۱۷. سیمی با چگالی $۷/۸۰ g/cm^۳$ و سطح مقطع $۰/۵۰ mm^۲$ بین دو نقطه با نیروی $۱۵۶ N$ کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.

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

$$\rightarrow V=\sqrt{\frac{۱۵۶\ N}{(۷/۸\times۱۰^{۳}\ \frac{Kg}{m^{۳}})\times۰/۵۰\times۱۰^{-۶}}}=۲۰۰\ m/s$$

۳۸

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؟

الف)

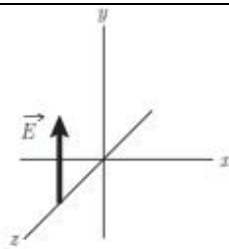
رادیویی	فروسرخ	نور مرئی	فرابنفش	پرتوهای	پرتوهای
S	R	Q	P	X	γ

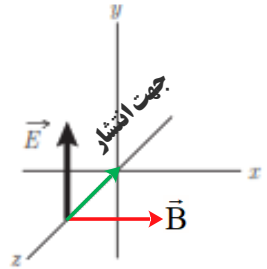
$$\text{طول موج افزایش می یابد}\ \rightarrow$$
$$\text{بسامد کاهش می یابد}$$

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

۳۹

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.





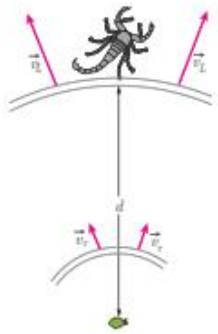
۴۰

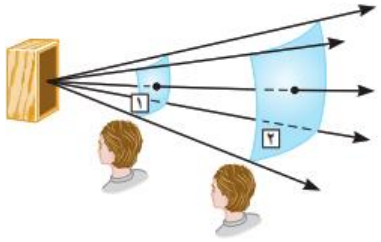
۲۰. الف) طول‌موج نور نارنجی در هوا حدود $۶/۲۰\times۱۰^{-۷}\ m$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟

ب) بسامد نور قرمز در حدود $۴/۳۰\times۱۰^{۱۴}\ Hz$ است. طول‌موج این نور را در هوا و آب حساب کنید. (سرعت نور را در هوا $۳/۰\times۱۰^{۸}\ m/s$ و در آب $۲/۲۵\times۱۰^{۸}\ m/s$ فرض کنید.)

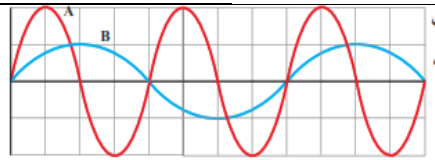
الف)

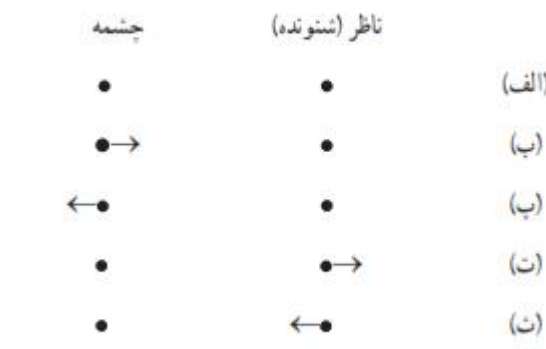
$$f=\frac{C}{\lambda} \rightarrow f=\frac{۳\times۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}}{۶/۲۰\times۱۰^{-۷}}=۴/۸\times۱۰^{۱۴}\ Hz$$

		ب) $\lambda = \frac{C}{f} \rightarrow \lambda_{\circ} = \frac{۳/۰\times۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}}{۴/۳۰\times۱۰^{۱۴}} = ۶/۹\times۱۰^{-۷}\ m$ $\lambda = \frac{۲/۲۵\times۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}}{۴/۳۰\times۱۰^{۱۴}} = ۵/۲\times۱۰^{-۷}\ m$
۴۱	**۴۱.** 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 ۰/۴ cm باشد، الف) فاصلهٔ بین دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟ ب) فاصلهٔ بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چقدر است؟	الف) فاصله بین دو تراکم متوالی (یا دو انبساط متوالی) λ است. $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda = \frac{۱۰۰\ \frac{m}{s}}{۱۰\ Hz} = ۱۰\ m$ ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی $\lambda/۲$ است. $\frac{\lambda}{۲} = ۵\ m$
۴۲	**۴۲.** عقرب‌های ماسه‌ای وجود طعمه را با امواجی که بر اثر حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می‌شود، احساس می کنند. این امواج که در سطح ماسه منتشر می‌شوند، بر دو نوع‌اند : امواج عرضی با تندی $v_T = ۵۰\ m/s$ و امواج طولی با تندی $v_L = ۱۵۰\ m/s$. 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 $\Delta t = ۴/۰\ ms$ باشد، طعمه در چه فاصله‌ای از عقرب قرار دارد؟ 	$V_L > V_T \rightarrow (\Delta t)_L < (\Delta t)_T$ $(\Delta t)_L = t_L \ ; \ (\Delta t)_T = t_T$ $\Delta t = t_T - t_L \rightarrow \Delta t = \frac{d}{V_T} - \frac{d}{V_L} \rightarrow ۴/۰\times۱۰^{-۳}\ s = \frac{d}{۵۰\ \frac{m}{s}} - \frac{d}{۱۵۰\ \frac{m}{s}} = \frac{۲d}{۱۵۰\ \frac{m}{s}}$ $d = \frac{۱۵۰\times۴/۰\times۱۰^{-۳}\ m}{۲} = ۰/۳\ m = ۳۰\ cm$
۴۳	**۴۳.** توضیح دهید کدام یک از عامل های زیر بر تندی صوت در هوا مؤثر است. الف) شکل موج ب) دامنهٔ موج پ) بسامد موج ت) دمای هوا	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.

۴۴	**۴۴.** 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 می‌کند. الف) بسامد زاویه‌ای در این کاوهٔ نوسان چقدر است؟ ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن ۱۵۰۰m/s باشد، طول‌موج این موج در این بافت چقدر است؟	الف) $\omega = 2\pi f \rightarrow \omega = 2(3/14)(6/7\times10^{6}\ Hz) = 42/07\times10^{6}\ \frac{rad}{s} = 4/2\times10^{7}\ \frac{rad}{s}$ ب) $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda = \frac{1500\ \frac{m}{s}}{6/7\times10^{6}\ Hz} \rightarrow \lambda = 2/24\times10^{-4}\ m$
۴۵	**۴۵.** تندی صوت در یک فلز خاص، برابر $v_{فلز}$ 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 $v_{هوا}$ باشد، بازهٔ زمانی Δt بین دریافت این دو صدا در گوش شنونده چقدر خواهد بود؟ ب) اگر $\Delta t = 1/00\ s$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چقدر است؟ $(v_{هوا} = 340\ m/s)$	الف) $V'_{فلز} > V_{هوا}$ $t'_{فلز} < t_{هوا}$ $\Delta t = t - t' \rightarrow \Delta t = \frac{L}{V} - \frac{L}{V'} \rightarrow \Delta t = \frac{L(V'-V)}{V\times V'}$ ب) $\Delta t = \frac{L(V'-V)}{V\times V'} \rightarrow 1/00\ s = \frac{L(5941-340)}{340\times5941} \rightarrow 1/00\ s = \frac{5601L}{2019940}$ $\rightarrow L = 360/6\ m$
۴۶	**۴۶.** موجی صوتی با توان $1/2\times10^{-4}W$ عمود بر جهت انتشار از دو صفحهٔ فرضی (شکل ۳ـ۲۶) می‌گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه‌ها به‌ترتیب $A_1=4/0\ m^2$ و $A_2=12\ m^2$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحهٔ دوم، صدا را آهسته‌تر می‌شنود. 	$I_1 = \frac{\bar{P}}{A_1} = \frac{1/2\times10^{-4}W}{4m^2} = 3\times10^{-5}W/m^2$ $I_2 = \frac{\bar{P}}{A_2} = \frac{1/2\times10^{-4}W}{12m^2} = 1\times10^{-5}W/m^2$ شنونده دوم توان بر واحد سطح کمتری از شنونده اول دریافت می کند.

۴۷	**۴۷.** شدت صدای حاصل از یک متهٔ سنگ‌شکن در فاصلهٔ ۱۰/۰m از آن $۱/۰\times۱۰^{-۲}W/m^۲$ است. تراز شدت صوتی آن برحسب dB چقدر می‌شود؟	$\beta_۱=(۱۰dB)\log(\frac{I}{I_۰})=(۱۰dB)\log(\frac{۱۰^{-۲}W/m^۲}{۱۰^{-۱۲}W/m^۲})=۱۰^۲\,dB$
۴۸	**۴۸.** 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.)	$\beta_۱=(۱۰dB)\log(\frac{I_۱}{I_۰})\to ۲۸dB=(۱۰dB)\log(\frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲}W/m^۲})$ $\to ۲/۸=\log(\frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲}W/m^۲})\to \frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲}W/m^۲}=۱۰^{۲/۸}$ $\to I_۱=۱۰^{۲/۸}\times۱۰^{-۱۲}W/m^۲=۱۰^{-۹/۲}W/m^۲=۱۰^{-۱۰}\times۱۰^{۰/۸}W/m^۲$ $I_۱=۶/۳۱\times۱۰^{-۱۰}W/m^۲$ یا $\beta=(۱۰dB)\log(\frac{I}{I_۰})\to I=I_۰۱۰^{(\frac{\beta}{۱۰dB})}$ $\beta_۱=(۱۰dB)\log(\frac{I_۱}{I_۰})\to I_۱=۱۰^{-۱۲}W/m^۲\times۱۰^{(\frac{۲۸dB}{۱۰dB})}=۶/۳۱\times۱۰^{-۱۰}W/m^۲$ $\beta_۲=(۱۰dB)\log(\frac{I_۲}{I_۰})\to I_۲=۱۰^{-۱۲}W/m^۲\times۱۰^{(\frac{۹۲dB}{۱۰dB})}=۱/۵۸\times۱۰^{-۳}W/m^۲$
۴۹	**۴۹.** یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_۱$=۹۰/۰dB و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_۲$=۹۵/۰dB ایجاد می‌کند. شدت‌های مربوط به این دو تراز (برحسب $W/m^۲$) به ترتیب $I_۱$ و $I_۲$ هستند. نسبت $I_۲/I_۱$ را تعیین کنید.	$\beta_۲-\beta_۱=(۱۰dB)\log(\frac{I_۲}{I_۱})\quad\to\frac{I_۲}{I_۱}=۱۰^{(\frac{\Delta\beta}{۱۰dB})}=۱۰^{(\frac{۵dB}{۱۰dB})}=۱۰^{۰/۵}=۳/۱۶$

۵۰	**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 $I=0/10\ W/m^2$ به شنونده‌ای برسد که به فاصلهٔ $r_1=640\ m$ از محل انفجار قرار دارد، این صوت به شنونده‌ای که در فاصلهٔ $r_2=160\ m$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می‌رسد؟	$I=\frac{\bar{P}}{A}=\frac{\bar{P}}{4\pi r^2}\rightarrow \frac{I_1}{I_2}=\frac{\frac{\bar{P}}{4\pi r_1^2}}{\frac{\bar{P}}{4\pi r_2^2}}=\frac{r_2^2}{r_1^2}=\left(\frac{160m}{640m}\right)^2=(\frac{1}{4})^2$ $\frac{I_1}{I_2}=(\frac{1}{4})^2\rightarrow I_2=16I_1=16\times 0/1 W/m^2=1/6 W/m^2$
۵۱	**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. 	بر طبق شکل $A_A=2A_B$ ، $\lambda_B=2\lambda_A$ $V_A=V_B\rightarrow \frac{f_B}{f_A}=\frac{\frac{V_B}{\lambda_B}}{\frac{V_A}{\lambda_A}}=\frac{\lambda_A}{\lambda_B}=\frac{1}{2}$ $\left.\begin{array}{l}E=2\pi^2 mA^2f^2\\ I=\frac{\bar{P}}{4\pi r^2}=\frac{E}{4\pi r^2 t}\end{array}\right\}\rightarrow I=\frac{2\pi mA^2f^2}{4tr^2}$ $\frac{I_B}{I_A}=\frac{A_B^2f_B^2}{A_A^2f_A^2}=\frac{A_B^2f_B^2}{(2A_B)^2(2f_B)^2}=\frac{1}{16}\rightarrow I_A=16I_B$

۵۲	**۳۴.** 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.	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 کوتاه‌تری نسبت به وضعیتی که چشمه، ساکن بود اندازه می گیرد که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است. چشمه به ناظر نزدیک می‌شود. $f_{\text{ب}} > f_{\text{الف}}$ با دور شدن چشمه، از بسامدی که ناظر اندازه می‌گیرد کم می شود و بنابراین در حالت (پ) کاهش بسامد داریم چشمه از ناظر دور می‌شود. $f_{\text{پ}} > f_{\text{الف}}$ در حالت (ت) از چشمه دور شود به معنی کاهش بسامد خواهد بود. ناظر از چشمه دور می‌شود. $f_{\text{ت}} > f_{\text{الف}}$ در حالت (ث) ناظر به هدف چشمه حرکت کند با جبهه‌های موج پیشتری مواجه می‌شود که به معنی افزایش بسامد است. ناظر به چشمه نزدیک می‌شود. $f_{\text{ث}} > f_{\text{الف}}$