راهنمای حل فصل ۴ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

منطبق بر کتاب درسی

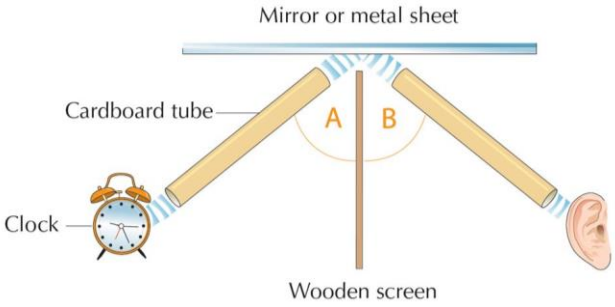
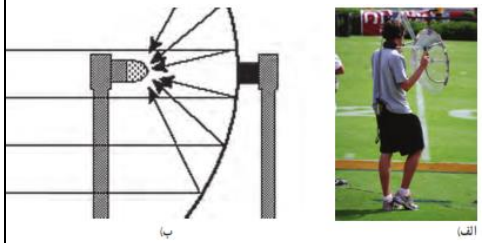
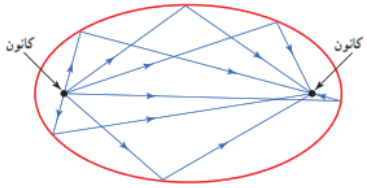
گروه فیزیک استان گیلان

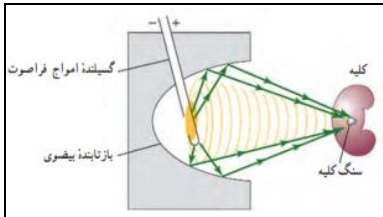
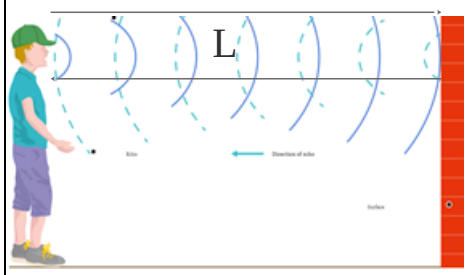
@Schoolphysics

برهم کنش موج			
	فعالیت / پرسش/تمرین / مسائل	صفحه کتاب درسی	صفحه pdf
	۴–۱ – بازتاب موج	۹۰	۱
۱	فعالیت ۴–۱	۹۱	۱
۲	فعالیت ۴–۲	۹۲	۱–۲
۳	تمرین ۴–۱	۹۳	۲
۴	فعالیت ۴–۳	۹۳	۲
۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱	۱۱۱	۳
۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲	۱۱۱	۳
۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۳	۱۱۱	۳
۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۴	۱۱۱	۳
	۴–۲ شکست موج	۹۴	۵
۹	پرسش ۴–۱	۹۵	۵
۱۰	تمرین ۴–۲	۹۶	۵
۱۱	تمرین ۴–۳	۹۷	۵
۱۲	پرسش ۴–۲	۹۷	۶
۱۳	پرسش ۴–۳	۹۹	۶
۱۴	فعالیت ۴–۴	۹۹	۷
۱۵	تمرین ۴–۴	۱۰۰	۸
۱۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۵	۱۱۱	۸
۱۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۶	۱۱۱	۸
۱۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۷	۱۱۱	۹
۱۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۸	۱۱۱	۹
۲۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۹	۱۱۲	۹–۱۰
۲۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۰	۱۱۲	۱۰

۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۱	۱۱۲	۱۱
۲۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۲	۱۱۲	۱۱
۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۳	۱۱۲	۱۲
۲۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۴	۱۱۲	۱۲
	۴–۳ پراش موج	۱۰۱	۱۳
۲۶	پرسش ۴–۴	۱۰۲	۱۳
۲۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۵	۱۱۲	۱۳
۲۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۶	۱۱۲	۱۳
	۴–۴ تداخل امواج	۱۰۳	۱۴
۲۹	فعالیت ۴–۵	۱۱۳	۱۴
۳۰	تمرین ۴–۵	۱۱۳	۱۴
۳۱	پرسش ۴–۵	۱۱۳	۱۵–۱۴
۳۲	پرسش ۴–۶	۱۱۳	۱۵
۳۳	فعالیت ۴–۶	۱۱۳	۱۵
۳۴	پرسش ۴–۷	۱۱۳	۱۶
۳۵	فعالیت ۴–۷	۱۱۳	۱۷–۱۶
۳۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۷	۱۱۳	۱۷
۳۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۸	۱۱۳	۱۸
۳۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۱۹	۱۱۳	۱۸
۳۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۰	۱۱۳	۱۸
۴۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۱	۱۱۳	۱۹
۴۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲۲	۱۱۳	۱۹
۴۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲۳	۱۱۳	۱۹
۴۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۴	۱۱۳	۲۰
۴۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۵	۱۱۳	۲۰

۴۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲۶	۱۱۳	۲۱
۴۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۲۷	۱۱۳	۲۱
۴۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۸	۱۱۳	۲۱
۴۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل–۲۹	۱۱۳	۲۲
۴۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۳۰	۱۱۳	۲۲
۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل– ۳۱	۱۱۳	۲۲

	۴ـ۱ بازتاب موج	
۱	**فعالیت ۴ـ۱** با اسباب نشان داده شده در شکل روبه‌رو، می‌توان زاویهٔ تابش و زاویهٔ بازتابش را در امواج صوتی اندازه‌گیری کرد. با استفاده از این اسباب، قانون بازتاب عمومی را برای امواج صوتی تحقیق کنید. نمایشی از اسباب آزمایش بازتاب صوت	این اسباب شامل دو لوله متصل به دو دهانه است که یکی نقش دهانه ورودی صدا و دیگری نقش گوشی را بازی می‌کند. 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 گوشی می‌شود و ما آن را می‌شنویم، برای جلوگیری از انتشار مستقیم صوت از منبع به سمت شنونده، مانعی بر روی گیره‌های شکل نصب می‌شود. شنونده با حرکت لوله دوم، در زاویه مشخصی در می‌یابد که صدا با بیشترین بلندی به گوش او می‌رسد. اکنون اگر مکان لوله دوم ثابت شود، با وارسی زاویهٔ لوله اول یا مانع (خط عمود بر دیواره بازتابنده) و زاویهٔ لوله دوم با مانع، در می‌یابیم که بیشترین بلندی دریافتی به ازای برابر بودن زاویهٔ تابش و زاویه باز تابش حاصل می‌شود. 
۲	**فعالیت ۴ـ۲** دربارهٔ میکروفون سهموی که از آن برای ثبت صداهای ضعیف و دستگاه *لیتوتریپسی*[1] که از آن برای شکستن سنگ‌های کلیه، با کمک بازتابنده‌های بیضوی استفاده می‌شود تحقیق کنید. تصویری از یک میکروفون سهموی	در میکروفون سهموی از یک سطح کار سهموی برای جمع و کانونی کردن امواج صوتی در یک گیرنده استفاده می‌شود. این میکروفون‌ها به همین دلیل، حساسیت بسیار زیادی به صداهایی دارند که موازی با محور سطح سهموی به این سطح می‌تابند. استفادهٔ مرسوم از این میکروفون ها در ثبت صداهای پرندگان دور دست، و صداهای میادین ورزشی (شکل الف)، و نیز استراق سمع است. شکل ب طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می‌دهد.  دستگاه لیتوتریپسی از این ویژگی سطح بیضوی که در کانون دارد استفاده می‌کند. بنابراین اگر موج صوتی در یک کانون ایجاد شود، این موج پس از بازتاب از نقاط مختلف سطح، در کانون دیگر جمع می‌شود. 

		در دستگاه لیتوتریپسی، چشمه‌ای فراصوت در یک کانون بازتابندهٔ بیضوی ایجاد می‌کنند و محل بیمار را طوری تنظیم می‌کنند که سنگ کلیه او در محل کانون دوم سطح این بازتابنده باشد. شکل پ، طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می‌دهد. 
۳	**تمرین ۴ـ۱** کمترین فاصلهٔ بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ تندی صوت در هوا را ۳۴۰ m/s در نظر بگیرید.	**تأخیر زمانی صورت بازتابیده و صوت اولیه کمتر از ۰/۱s باشد، گوش انسان قادر به تمیز پژواک از صوت اولیه نخواهد بود. از اینجا می‌توان فاصله کمینه لازم بین چشمه صوت و سطح باز تاباننده را برای تمیز یک پژواک از صوت اولیه محاسبه کنیم.**  $x = ۲L = vt \rightarrow L = \frac{۱}{۲}vt = \frac{۱}{۲}(۳۴۰ m/s)(۰/۱ s) = ۱۷ m$
۴	**فعالیت ۴ـ۳** **رادار دوپلری**: از امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توان برای مکان‌یابی پژواکی استفاده کرد. در این مورد و کاربرد آن به‌خصوص در تعیین تندی خودروها تحقیق کنید. 	امواج میکرو موج یا فروسرخ در محدوده مشخصی گسیل می‌کنند. فاصله خودرو از فرستنده گسیلند، موج با اندازه‌گیری زمان بین گسیل و دریافت موج به دست می‌آید. تندی خودرو نیز از تغییر بسامد موج دریافتی نسبت به موج گسیل شده با استفاده از رابطه دوپلری که برای امواج الکترومغناطیسی به کار می‌آید، تعیین می‌شود.

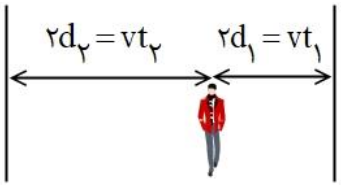
۴ـ۱ بازتاب موج

۵

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

الف) تندی صوت در هوا چقدر است؟

ب) فاصلهٔ بین دو صخره را بیابید.



الف) $2d_1 = vt_1 \rightarrow v = \frac{2d_1}{t_1} = \frac{480m}{1/5s} = 320m/s$

ب) $d_2 = \frac{vt_2}{2} = \frac{(320m/s)\times(2/5s)}{2} = 400m$

$d = d_1 + d_2 = 400m + 240m = 640m$

۶

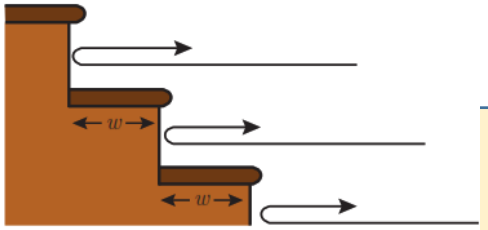
II. اگر در فاصلهٔ مناسبی از یک رشته پلکان بلند بایستید و یک بار کف بزنید، پژواکی بیشتر از یک صدای برهم زدن دست می‌شنوید. نمونهٔ جالبی از این پدیده در برابر رشته پله‌های معبد قدیمی *کوکولکان*[1] در مکزیک رخ می‌دهد. این معبد از ۹۲ پلهٔ سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.

تصویری از معبد کوکولکان

اگر فاصله از پلکان به حد کافی زیاد باشد، به طوری که بتوان مانند شکل زیر مسیر تپ‌های متوالی را تقریبا موازی در نظر گرفت، تقریبا بسامد ثابتی برای رشته تپ‌های متوالی درک می‌کنید.

$f = \frac{1}{\Delta t} = \frac{v}{2w}$

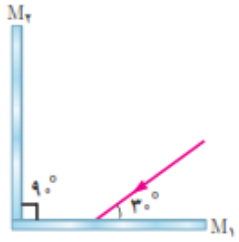
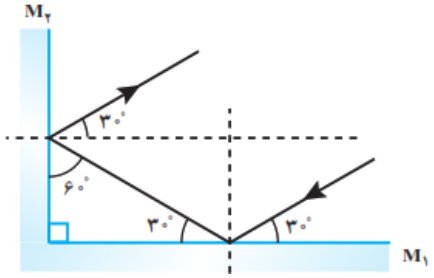
این صدا به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها باز می‌گردد و مانند یک نت نواخته شده درک می‌شود. بدیهی است اگر پهنای پله‌ها کوچک‌تر باشد، با توجه به اینکه $f\alpha\frac{1}{w}$ است، بسامد ادراک شده بیشتر می‌شود.

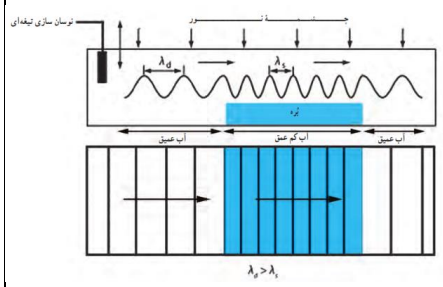
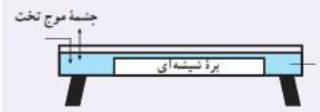


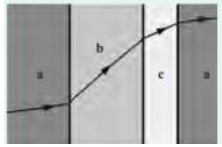
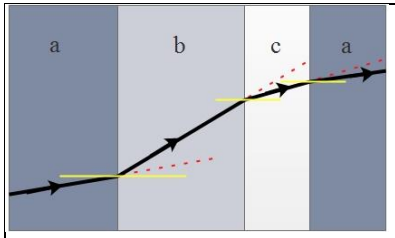
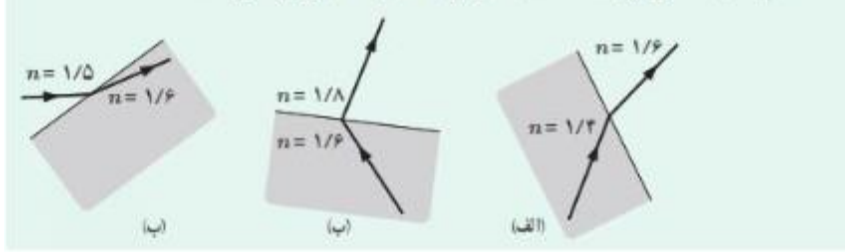
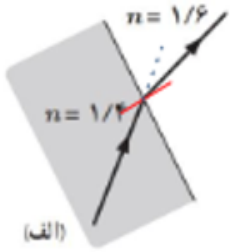
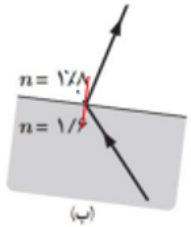
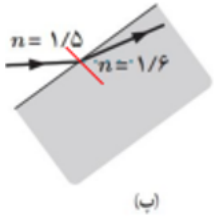
مسیر تپ‌های متوالی که هر کدام از یک پله نشأت گرفته‌اند، موازی نیست و بسامد ثابتی را برای رشته تپ‌های متوالی درک نمی‌کنید؛ بلکه گستره‌ای از بسامدها را درک می‌کنید که به تدریج کم می‌شوند. به طوری که بسامد دریافتی از پله‌های پایینی (که تپ‌های بازتابیده از آنها را زودتر می‌شنویم) بیشتر از بسامد دریافتی از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

اگر در فاصله معینی از اولین پلکان این معبد قرار بگیریم با یک بار کف زدن، در اثر برخورد صدا با رشته پلکان این معبد پژواک ایجاد می‌شود. چون تعداد پله‌ها ۹۲ عدد ذکر شده است پس ۹۲ پژواک شنیده می‌شود.

به علت این که فاصله پله‌ها تا محل قرار گرفتن یکسان نیست مجموعه پژواک با تاخیر زمانی بسیار کم می‌رسند و یک صدای خاصی همراه با فرکانس رو به کاهش ایجاد می‌شود.

۷	۳. وقتی یک باریکهٔ لیزر را به دیوار کلاس می‌تابانیم، همهٔ دانش‌آموزان نقطهٔ رنگی ایجاد شده روی دیوار را می‌بینند. دلیل آن چیست؟	هنگامی‌که باریکه لیزری به دیوار کلاس برخورد می‌کند دیوار به عنوان یک سطح ناهموار باعث می‌شود بازتابش لیزر به صورت نامنظم و در همه جهات صورت گیرد و به همه دانش آموزان کلاس می‌رسد و همه آنها یک نقطه روشن روی دیوار را می‌بینند.
۸	۴. در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید. 	

	۴ـ۲ شکست موج	
۹	**پرسش ۴ـ۱** اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول‌موجِ موجِ عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می‌کند؟	وقتی موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد موج عبوری تغییری نمی‌کند، زیرا بسامد توسط چشمه موج تعیین می‌شود، اما تندی در قسمت نازک طناب بیشتر است و بنابر رابطهٔ $\lambda = v/f$ در می‌یابیم طول موج عبوری بیشتر از طول موج موج فرودی می‌شود.
۱۰	**تمرین ۴ـ۲** در یک تشت موج به کمک یک نوسان‌ساز تیغه‌ای که با بسامد ۵/۰ Hz کار می‌کند، امواجی تخت ایجاد می‌کنیم، به‌طوری که فاصلهٔ بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با ۱۰ cm می‌شود. اگر اکنون بُرهٔ‌ای شیشه‌ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیهٔ کم‌عمقِ بالای بُرِه، شکست پیدا می‌کنند. اگر تندی امواج در ناحیهٔ کم‌عمق، ۰/۴۰ برابر تندی در ناحیهٔ عمیق باشد، طول‌موج امواج در ناحیهٔ کم‌عمق چقدر می‌شود؟	وقتی جبهه‌های موج به مرز می‌رسند، بسامد موج تغییری نمی‌کند. طول موج فرودی مربوط به ناحیه عمیق $\lambda_1 = \lambda_d =$ طول موج فرودی مربوط به ناحیه کم عمق $\lambda_2 = \lambda_s =$  $v_s = 0/4v_d \quad , \quad \lambda_d = 10cm$, $f = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow v_d = 10cm \times 5Hz = 50cm/s$ $f = \frac{v_s}{\lambda_s} = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow \lambda_s = \frac{v_s}{f} = \frac{0/4v_d}{f} = \frac{0/4 \times 50cm/s}{5Hz} = 4cm$
۱۱	**تمرین ۴ـ۳** در تمرین ۴ـ۲ با فرض اینکه زاویهٔ تابش امواج برابر ۳۰° باشد، زاویهٔ شکست چقدر می‌شود؟ **تمرین ۴ـ۲**  در یک تشت موج به کمک یک نوسان‌ساز تیغه‌ای که با بسامد ۵/۰ Hz کار می‌کند، امواجی تخت ایجاد می‌کنیم، به‌طوری که فاصلهٔ بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با ۱۰ cm می‌شود. اگر اکنون بُرهٔ‌ای شیشه‌ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیهٔ کم‌عمقِ بالای بُرِه، شکست پیدا می‌کنند. اگر تندی امواج در ناحیهٔ کم‌عمق، ۰/۴۰ برابر تندی در ناحیهٔ عمیق باشد، طول‌موج امواج در ناحیهٔ کم‌عمق چقدر می‌شود؟	فرض می‌کنیم $v_i = 0/4v_d$ $v_d \sin\theta_r = v_i \sin\theta_i \rightarrow v_d \sin\theta_r = 0/4v_d \times \sin(30^o)$ $\sin\theta_r = 0/2 \rightarrow \theta_r = 11/53^o$

۱۲	**پرسش ۴ـ۲** شکل روبه‌رو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که با عبور از محیط اولیهٔ a، از طریق محیط‌های b و c به محیط a بازمی‌گردد. این محیط‌ها را بر حسب تندی موج در آنها از بیشترین تا کمترین مرتب کنید. 	پس از رسم امتداد پرتو تابش (خطوط قرمز) و خطوط عمود بر سطح (خطوط زرد) بر خط جدایی محیط‌ها، را رسم می‌کنیم.  در محیط b پرتو نور از خط عمود دور می‌شود، 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 می‌شود. 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.　$v_b > v_c > v_a$
۱۳	**پرسش ۴ـ۳** کدام‌یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟ 	در شکل (الف) پرتوی نور از محیطی با ضریب شکست کمتر وارد محیطی با ضریب شکست بیشتر شده است. و به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود 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 آن سو 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 وارد شده باشد، پرتو نور به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود. 

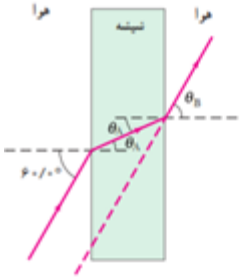
۱۴

فعالیت ۴ـ۴

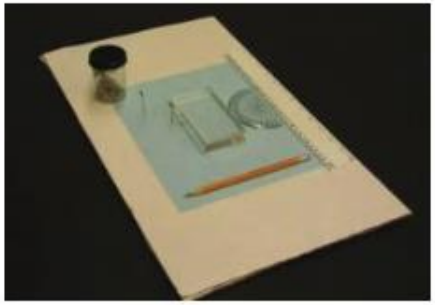
اندازه‌گیری ضریب شکست : با توجه به مثال ۴ـ۲، آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغهٔ متوازی‌السطوح شفاف را اندازه گرفت.

مثال ۴ـ۲

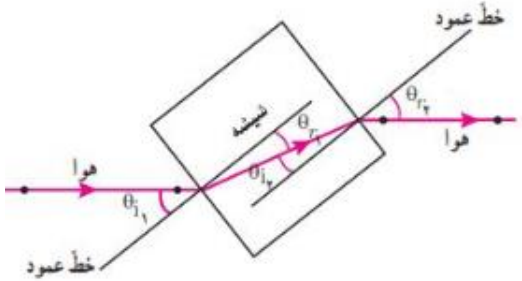
پرتوی نوری مطابق شکل، از هوا بر تیغهٔ شیشه‌ای متوازی‌السطوحی، با زاویهٔ تابش ۶۰/۰° فرود می‌آید. الف) زاویهٔ شکست (θ_1) پرتو در شیشه چقدر است؟ ب) زاویه خروجی (θ_2) پرتو از شیشه چقدر است؟



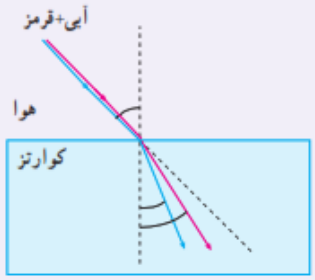
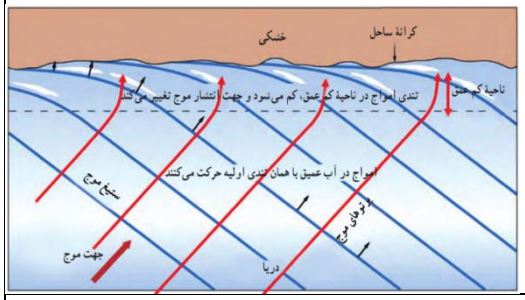
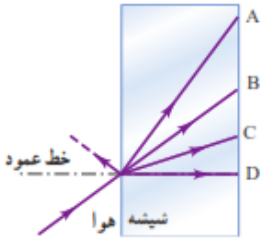
یک تیغه متوازی السطوح را در نظر بگیرید و آن را روی کاغذ سفیدی قرار دهید، باریکه نوری را به وجهی از تیغه بتابانید به طوری که از وجه مقابل آن خارج شود. محل تیغه بر کاغذ را با رسم اضلاع آن بر روی کاغذ مشخص کنید. همچنین مسیر باریکه فرودی و باریکه خروجی از تیغه را روی کاغذ رسم کنید. برای رسم دقیق‌تر مسیر باریکه‌های فرودی و خروجی می‌توانید مطابق شکل الف کاغذ سفید را روی قطعه یونولیتی قرار دهید و مسیر باریکه‌ها را با فرو بردن سوزن‌هایی در آن مشخص کنید. اکنون تیغه را بردارید و با استفاده از یک خط‌کش، مسیر باریکه نور در درون تیغه را رسم کنید. بر روی مسیر باریکه‌های نور، پیکان‌هایی رسم کنید تا جهت پرتوها مشخص شود. با استفاده از یک نقاله، خطوط عمود بر وجه‌های تیغه در محل ورود و خروج باریکه‌های نور را رسم کنید و زاویه‌های بین باریکه‌ها و خطوط عمود را اندازه بگیرید. شکل ب، طرحی از چنین ترسیمی را نشان می‌دهد. اکنون می‌توانیم با استفاده از قانون اسنل برای ورود باریکه از هوا به تیغه، ضریب شکست تیغه را به دست آوریم و یا اینکه ضریب شکست را با استفاده از قانون اسنل برای خروج باریکه از تیغه به هوا بیابیم.

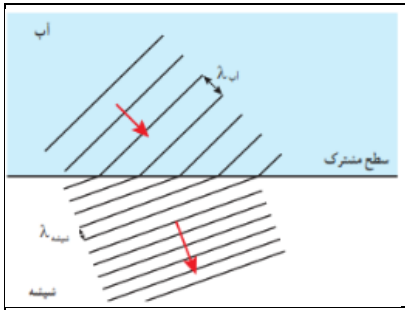
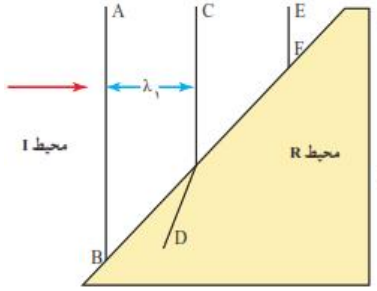
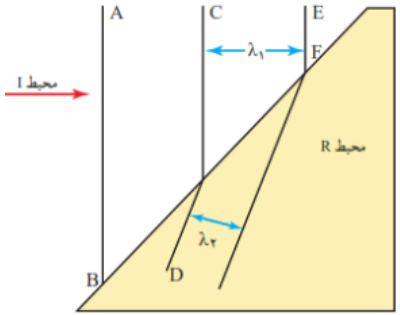
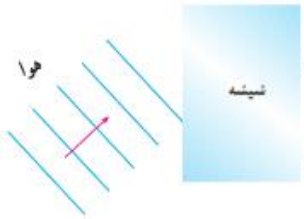
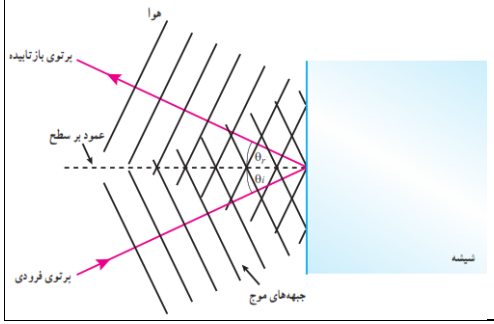


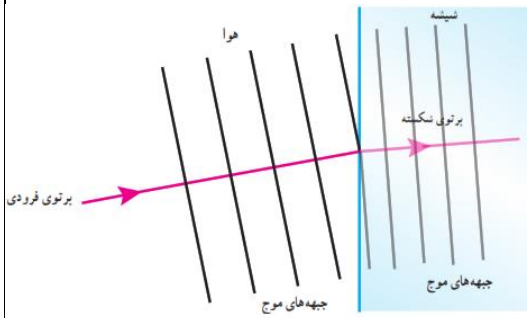
الف) تصویری از اسباب آزمایش اندازه‌گیری ضریب شکست

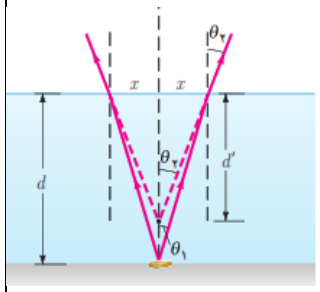
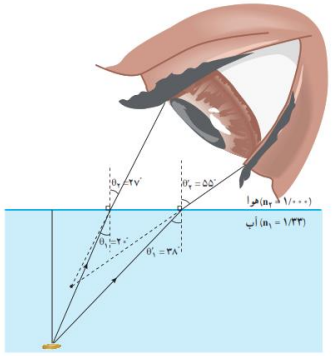
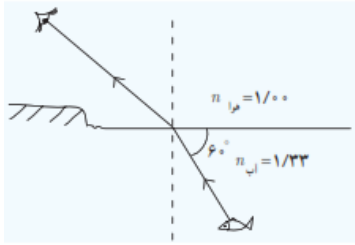


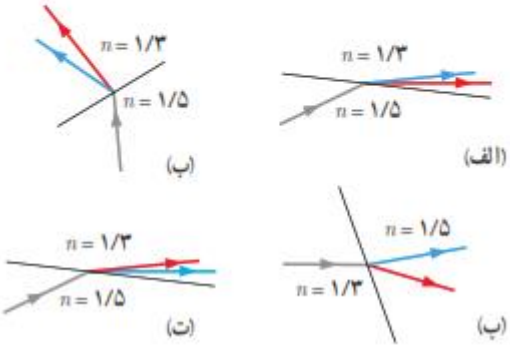
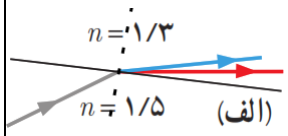
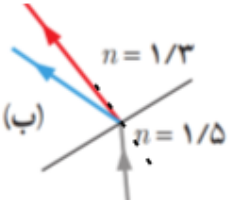
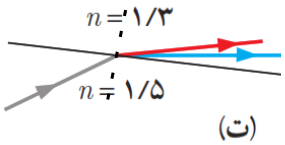
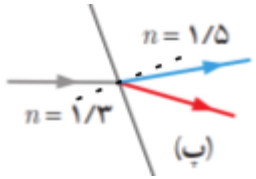
ب) نمودار پرتویی آزمایش توجه کنید θ_{i_1} زاویه تابش و θ_{r_2} زاویهٔ شکست و $\theta_{r_2} = \theta_{i_2}$ و $\theta_{i_2} = \theta_{r_1}$ است. بنابراین پرتوهای فرودی و خروجی باهم موازی‌اند

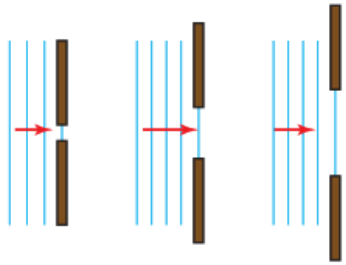
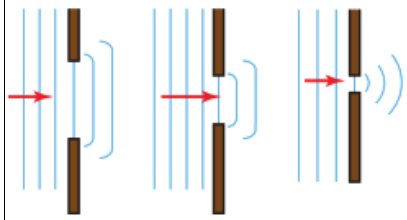
۱۵	**تمرین ۴ـ۴** شکل روبه‌رو باریکهٔ نوری متشکل از دو پرتوی قرمز و آبی را نشان می‌دهد که از هوا و با زاویهٔ تابش 45° بر سطح تیغهٔ تختی از کوارتز می‌تابد. زاویه‌های شکست برای این دو پرتو را محاسبه کنید. ضریب شکست نورهای قرمز و آبی در کوارتز به‌ترتیب برابرند با $n_{قرمز} = 1/459$ و $n_{آبی} = 1/467$. 	قانون اسنل را به طور مجزا برای دو پرتوی قرمز و آبی می‌نویسیم. برای پرتوی قرمز داریم $n_1 \sin\theta_1 = n_{2,Red} \sin\theta_{2,Red} \rightarrow \sin\theta_{2,Red} = \frac{n_1}{n_2}\sin\theta_1$ $\rightarrow \sin\theta_{2,Red} = \frac{1}{1/459}\sin 45^\circ \rightarrow \theta_{2,Red} = 28/8^\circ = 0/479$ برای پرتوی آبی داریم $\sin\theta_{2,Blue} = \frac{1}{1/467}\sin 45^\circ \rightarrow \theta_{2,Blue} = 29^\circ = 0/477$
	۴ـ۲ شکست موج	
۱۶	▫ با رسم شکلی از جبهه‌های موج توضیح دهید چگونه جهت انتشار جبهه‌های موج با رسیدن به یک ساحل شیب‌دار، تغییر می‌کند.	با نزدیک شدن امواج به یک ساحل شیبدار و رسیدن جبهه های موج به ساحل که در آنجا عمق آب کم می‌شود، جهت انتشار موج تغییر می‌کند. به عبارتی، با ورود امواج از ناحیه عمیق به ناحیهٔ کم‌عمق، تندی آنها کم می‌شود. 
۱۷	▫ شکل زیر پرتویی را نشان می‌دهد که از هوا وارد شیشه شده است. کدام گزینه‌های A تا D، می‌تواند پرتوی داخل شیشه را نشان دهد؟ 	شیشه ضریب شکست بزرگ تری نسبت به هوا دارد. پرتو شکسته شده در شیشه به خط عمود نزدیک می‌شود. بنابراین پرتوی A، نمی تواند درست باشد، زیرا پرتو از خط عمود دور شده است. اگر نور از شیشه وارد هوا می‌شد. این پرتو صحیح بود. پرتوی B در امتداد پرتوی فرودی است. پرتوی C پاسخ درستی است زیرا به سمت خط عمود کج شده است. پرتوی D نادرست است. توجه کنید که برای این پرتو، زاویه شکست $\theta_r = 0$ است.

۱۸	**۷.** ضریب شکست آب ۱/۳ و ضریب شکست شیشه ۱/۵ است. اگر نوری به‌طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه‌های موج را در دو محیط نشان دهید.	مطابق شکل مقابل خواهیم داشت (البته در این شکل فاصلهٔ بین جبهه های موج در دو محیط به یک مقیاس نیست، ولی در هر حال $\lambda_{شیشه} > \lambda_{آب}$ است). 
۱۹	**۸.** شکل زیر جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده‌اند. الف) ادامهٔ جبههٔ موج EF را در محیط R رسم کنید. ب) توضیح دهید در کدام محیط تندی موج بیشتر است. پ) آیا با استفاده از این نمودار می‌توان نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟ 	الف) ادامه موج EF، پرتوی شکسته شده در محیط R است که باید موازی با D باشد. به عبارتی، پرتوهای شکسته باید موازی هم باشند. ب و پ) با عبور موج از محیطی به محیط دیگر، بسامد موج تغییر نمی‌کند. بنابراین نسبت v/λ ثابت می‌ماند و داریم $\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ از روی شکل مقابل درمی‌یابیم که $\lambda_2 < \lambda_1$ و بنابراین $v_2 < v_1$ است. به عبارتی با دانستن فاصله بین جبهه‌های موج در دو محیط می‌توان درباره نسبت تندی موج در دو محیط اظهارنظر کرد. مثلا برای شکل مقابل در این مسئله، نسبت λ_1 به λ_2 تقریبا ۱/۶ می‌شود که همان نسبت v_1 به v_2 نیز هست. 
۲۰	**۹.** در شکل زیر موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود. الف) مشخصه‌های موج بازتابیده و موج شکست‌یافته را با موج فرودی مقایسه کنید. ب) جبهه‌های موج بازتابیده و شکست‌یافته را رسم کنید. 	الف) برای موج شکسته، به جز بسامد سایر مشخصه ها با موج فرودی متفاوت است. چرا که تندی و طول موج تغییر می‌کنند و این دو به ضریب شکست بستگی دارند. در حالی که برای موج بازتابیده، بسامد، طول موج و تندی با موج فرودی برابر است. 

		ب) امتداد پرتوها بر اثر شکست تفاوت پیدا می‌کند. پرتوی شکسته شده باید به خط عمود نزدیک شود. ابتدا پرتوی موج را رسم کرده و سپس جبهه‌های موج را به گونه‌ای رسم می‌کنیم که این پرتو عمود بر آنها باشد، در مورد جبهه‌های موج بازتابیده، چون در خود محیط بازتابیده می‌شوند، فاصله خطوط تغییر نمی‌کند و بنابراین برای موج بازتابیده شکلی مانند روبرو خواهیم داشت.  برای جبهه های موج شکست یافته نیز نخست یک پرتوی شکست یافته را رسم می‌کنیم و سپس جبهه های موج مربوط به آن را نشان می‌دهیم. که فاصله جبهه های موج در شیشه، کوتاه‌تر است.
۲۱	۱۰. طول‌موج نور قرمز لیزر هلیم ــ نئون در هوا حدود ۶۳۳nm است، ولی در زجاجیهٔ چشم ۴۷۴nm است. الف) بسامد این نور چقدر است؟ ب) ضریب شکست زجاجیه برای این نور چقدر است؟ پ) تندی این نور در زجاجیه را محاسبه کنید.	الف) $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{c}{\lambda_o}=\frac{۳\times۱۰^{۸}\,m/s}{۶۳۳\times۱۰^{-۹}\,m}=۴/۷۴\times۱۰^{۱۴}\,Hz$ ب) $n=\frac{\lambda_o}{\lambda}=\frac{۶۳۳\times۱۰^{-۹}\,m}{۴۷۴\times۱۰^{-۹}\,m}=۱/۳۴$ پ) $V=\frac{c}{n}=\frac{۳\times۱۰^{۸}\,m/s}{۱/۳۴}=۲/۲۵\times۱۰^{۸}\,m/s$

۲۲	**۱۱.** سکه‌ای را در گوشهٔ فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی‌آنکه سرتان را حرکت دهید به‌آرامی در فنجان آب بریزید، به‌طوری که آب ریختن شما موجب جابه‌جایی سکه نشود. با پرشدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید. 	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 می شود. 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. 
۲۳	**۱۲.** مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می‌رسد تحت زاویهٔ ۶۰° به مرز آب ــ هوا برخورد کرده است. زاویهٔ شکست این پرتو در هوا چقدر است؟ 	$n_۱ \sin\theta_۱ = n_۲ \sin\theta_۲ \rightarrow \sin\theta_۲ = \frac{n_۱ \sin\theta_۱}{n_۲} = \frac{(۱/۳۳)\sin ۳۰^o}{۱} = ۰/۶۶۵$ $\rightarrow \theta_۲ = ۴۱/۷^o$

۲۴	**۱۳.** 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؟ 	شکل (الف) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی می‌بایست بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا می‌کرد.  شکل (ب) پرتوی قرمز تقریبا در امتداد خط عمود و پرتوی آبی در سمت نادرست (چپ خط عمود) شکسته شده است.  شکل (ت) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا کرده است. که گزینه‌ی درستی است.  شکل(پ) پرتوها در سمتی درست شکسته شده اند، ولی پرتوی آبی به خط عمود نزدیک‌تر شده‌اند. بنابراین کلیت این شکل نیز نادرست است. 
۲۵	**۱۴.** دو دانش‌آموز به نور زرد نگاه می‌کنند. یکی از آنها نور زرد را ترکیب دو نور قرمز و سبز و دیگری آن را از یک نوع رنگ می‌داند. به نظر شما با چه تجربه‌ای می‌توان بین این دو نظر، یکی را انتخاب کرد؟	با استفاده از یک منشور به سادگی می‌توانیم بین این دو نظر، یکی را انتخاب کنیم. اگر نور زرد، ترکیبی باشد در منشور تجزیه می‌شود و می‌توانیم نورهای قرمز و سبز را مشاهده کنیم.

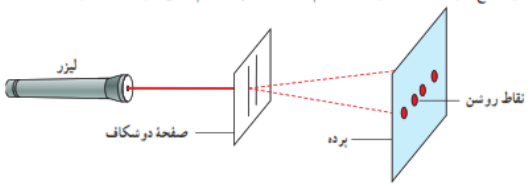
	۴ـ۳ پراش موج	
۲۶	**پرسش ۴ـ۴** در تلویزیون‌های متداول، سیگنال‌ها از آنتن‌های روی دکل‌ها به گیرنده‌های تلویزیون فرستاده می‌شود. حتی وقتی گیرنده به دلیل وجود یک تپه یا ساختمان در معرض ارسال مستقیم امواج یک آنتن نباشد، همچنان سیگنال را به دلیل پراش امواج از لبه‌های مانع دریافت خواهد کرد (اگر سیگنال در اطراف آن مانع به حد کافی به داخل «ناحیهٔ سایه» مانع پراشیده شود). سابق بر این، طول‌موج سیگنال‌های تلویزیونی در حدود ۵۰ cm بود، ولی طول‌موج سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتالی که امروزه از آنتن‌ها فرستاده می‌شود بسیار کمتر است. آیا این تغییر طول‌موج، پراش سیگنال‌ها به داخل ناحیهٔ سایه را افزایش می‌دهد یا کاهش؟	هرگاه اندازه ابعاد مانع در مقایسه با طول موج، بزرگ باشد ناحیهٔ سایهٔ واضحی تشکیل می‌شود و هرچه مانع در مقایسه با طول موج کوچک‌تر باشد اندازه ناحیه سیاه کوچک‌تر می‌شود تا اینکه عملا سایه ناپدید گردد، بنابراین برای مانعی با ابعاد مشخص، هر چه طول موج تابیده کوچک‌تر باشد عملا به این معنی است که اندازه مانع در مقایسه با طول موج بزرگ‌تر می‌شود. پس برای سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتال که طول موج آنها بسیار کمتر از طول موج سیگنال‌های تلویزیونی قدیمی است، ناحیه سایه بزرگ‌تر است و به عبارتی دور زدن موج در اطراف مانع دشوارتر خواهد بود.
	۴ـ۳ پراش موج	
۲۷	**III.** در یک تشت موج، مطابق شکل زیر، موج تختی ایجاد شده است. توضیح دهید با باریک‌کردن شکاف‌ها چه شکلی برای جبهه‌های موج خروجی از آنها حاصل می‌شود. 	با باریک کردن پهنای شکاف، پدیده پراش به طور بارزتری خود را نشان می‌دهد و موجی که از شکاف خارج می‌شود از حالت موج تخت بیشتر خارج می‌شود و در حالتی که پهنای شکاف در حدود طول موج باشد موج‌های تخت به صورت امواج نیم دایره‌ای گسترده می‌شوند. 
۲۸	**IV.** گوشی‌های همراه با امواج رادیویی با بسامد حدود ۲GHz کار می‌کنند. توضیح دهید این امواج تحت چه شرایطی از موانع پراشیده می‌شوند و به منطقهٔ سایهٔ مانع می‌رسند.	$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{f} = \frac{۳\times۱۰^{۸}\,(m/s)}{۲\times۱۰^{۹}\,s^{-۱}} = ۰/۱۵\ m$ این امواج از اجسامی به قطری حدود ۱۵cm یا کوچکتر، به خوبی پراشیده می‌شوند.

۴ـ۴ تداخل امواج

۲۹

فعالیت ۴ـ۵

مشاهدهٔ نقش تداخلی به کمک نور لیزر : اگر از نور لیزر استفاده کنیم، دیگر نیازی به استفاده از یک تک‌شکاف در آزمایش یانگ نیست. با استفاده از یک لیزر مدادی، صفحهٔ دو شکاف آزمایش یانگ را مطابق شکل روشن کنید (شاید لازم باشد از یک عدسی واگرا در برابر نور لیزر استفاده کنید تا هر دو شکاف روشن شود) و نقش تداخلی ایجادشده را روی پرده مشاهده کنید. برای تهیهٔ صفحهٔ دو شکاف می‌توانید یک وجه تیغه‌ای شیشه‌ای (مانند لام میکروسکوپ) را با قرار دادن تیغه روی شعلهٔ شمع به‌خوبی دوده‌دود کنید، سپس با تیغ تیزی دو خط نزدیک به هم (با فاصلهٔ چند دهم میلی‌متر از یکدیگر) روی تیغهٔ شیشه‌ای بکشید.



فعالیت ۴-۵ در مورد این فعالیت موارد زیر را به دانش آموزان مورد توجه قرار گیرد

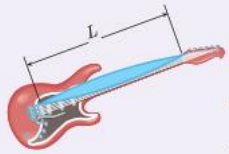
۱- از لحاظ ایمنی حتما مواظب باشید باریکه نور لیزر با بازتاب آن وارد چشم‌تان نشود.

۲- پرده در حدود چند متر از صفحه شکاف باشد.

کلیپ های کوتاهی در این زمینه در کانال @Schoolphysics قرار داده شده است.

۳۰

تمرین ۴ـ۵



سنگین‌ترین تار یک گیتار الکتریکی دارای چگالی خطی جرمی $۵/۲۸\times۱۰^{-۳}\,kg/m$ است و تحت کشش $۲۲۶\,N$ قرار دارد. این تار در هنگام ارتعاش، نُتی با بسامد $۱۶۴/۸Hz$ را ایجاد می‌کند که بسامد اصلی تار است. الف) طول تار را به‌دست آورید. ب) پس از مدتی که یک نوازنده، این گیتار را می‌نوازد، در نتیجهٔ گرم شدن و شُل شدنِ تارها، نیروی کشش تار مورد نظر کاهش می‌یابد و به $۲۰۹\,N$ می‌رسد. در این حالت بسامد اصلی این تار چقدر شده است؟

الف)

$$\left.\begin{aligned} f_n &= \frac{nv}{۲L} \\ v &= \sqrt{\frac{F}{\mu}} \end{aligned}\right\} \xrightarrow{n=۱} f_۱ = \frac{۱}{۲L}\sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow ۱۶۴/۸Hz = \frac{۱}{۲L}\sqrt{\frac{۲۶۶N}{۵/۲۸\times۱۰^{-۳}kg/m}}$$

ب)

$$L = \frac{۱}{۲\times۱۶۴/۸\left(s^{-۱}\right)}\sqrt{\frac{۲۶۶N}{۵/۲۸\times۱۰^{-۳}kg/m}} = ۰/۶۸\,m$$

$$f_۱' = \frac{۱}{۲L}\sqrt{\frac{F'}{\mu}} \rightarrow f_۱' = \frac{۱}{۲\times۰/۶۲۸m}\sqrt{\frac{۲۰۹N}{۵/۲۸\times۱۰^{-۳}kg/m}} = ۱۵۸/۴۰\,Hz$$

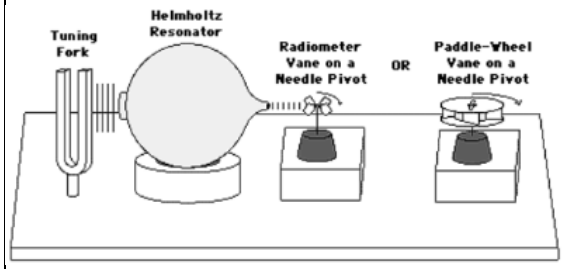
۳۱

پرسش ۴ـ۵

الف) چرا با سفت کردن سیم گیتار، بسامدی که هنگام نواختن می‌شنوید زیاد می‌شود؟

ب) چرا نوازندگان گیتار پیش از نواختن روی صحنهٔ نمایش، گیتار را به حد کافی می‌نوازند و سپس آن را مجدداً کوک می‌کنند؟

الف) طبق رابطه $f = \frac{۱}{۲}\sqrt{\frac{F}{mL}}$ با سفت کردن سیم گیتار، جرم و طول آن تغییر چندانی نمی‌کنند ولی کشش F آن زیاد می‌شود، در نتیجه امواج سریع‌تر بر روی سیم روانه می‌شود و بسامد صدای بالاتری به گوش می‌رسد، ولی اگر سیمی را در بین شست و انگشت خود بکشید، بسامدی که می‌شنویم تغییر محسوسی نمی‌کند.

		ب) وقتی به سیم گیتار زخمه می‌زنید، این حرکت موجب افزایش دمای آن و انبساط سیم می‌گردد و کشش سیم هم کاهش می‌یابد. بنابراین بسامدهایی که سیم می‌تواند تولید کند کم می‌شود. در نتیجه گیتار را در پایین سن آنقدر می‌نوازند تا سیم‌ها گرم شوند و سپس کشش سیم ها را تنظیم می‌کنند تا روی سن کوک بمانند.
۳۲	**پرسش ۴ـ۶** چرا وقتی آب را به درون ظرفی با دیواره‌های قائم مثل لیوان یا پارچ می‌ریزید، بسامد صدایی که می‌شنوید افزایش می‌یابد، یعنی صدای زیرتر و زیرتری را می‌شنوید؟ (*راهنمایی: صدای حاصل از پرشدن ظرف گسترهٔ وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه، یکی از آنها با پایین‌ترین بسامد تشدیدی هوای درون ظرف ــ بسامد مد اول ــ منطبق است.*)	با ریختن آب، فضای هوای داخل ظرف کمتر می‌شود. هرچه فضای هوای داخل کمتر شود، طول موج‌های تشدیدی کوتاه‌تر می‌گردند و بنابراین بسامدهای تشدید بیشتر می‌شوند. به عبارتی، بسامدهای تشدیدی با طول ستون هوا رابطه معکوس دارند. صدای حاصل از پر شدن ظرف، گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه با یکی از بسامدهای تشدید هوای درون ظرف منطبق می‌شود و بنابراین مدام صدای زیرتر و زیرتری را می‌شنویم.
۳۳	**فعالیت ۴ـ۶** یک بلندگو را در برابر دهانهٔ یک تشدیدگر هلمهولتز با بسامدهای تشدیدی معیّن قرار دهید و جلوی زائدهٔ خروجی آن یک شمع روشن یا یک فرفرهٔ کوچک و کم‌اصطکاک بگذارید. بسامد صوت ایجاد شده توسط بلندگو را در نزدیکی بسامد تشدید تشدیدگر آن‌قدر کم و زیاد کنید تا شعلهٔ شمع، منحرف شود و یا فرفره شروع به چرخیدن کند. درصورتی‌که منبع صوتی با بسامد قابل تنظیم ندارید می‌توانید از چند دیاپازون با بسامدهای معلوم و متفاوت، که بسامد یکی از آنها با یکی از بسامدهای تشدیدی تشدیدگر برابر باشد، استفاده کنید[1]. دلیل آنچه را که مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. 	 یک تشدیدگر هلمهولتز بسامدهایی تشدیدی دارد و اگر بسامد صوت ایجاد شده توسط بلندگو با یکی از این بسامدهای تشدیدی منطبق شود موجب نوسانات هوای درون بطری (تشدیدگر) می‌شود که این مساله به انحراف شعله شمع یا چرخاندن فرفره می‌انجامد. توجه کنید سوراخ انتهای تشدیدگر هلمهولتز گذرگاهی برای انتقال تلاطم ایجاد شده در درون تشدیدگر به فضای بیرون است.  در قسمت مقابل یک دیاپازون، تشدیگر هلمهولتز قرار دارد. تشدیدگر یک کره توخالی فلزی یا شیشه‌ای است با یک روزنه عریض در یک طرف و یک روزنه‌ی باریک در طرف دیگر، موج فشار از سوی دیاپازون مرتعش بر روی پره‌ای که بر روی یک میله‌ی نازک (پایه) قرار دارد متمرکز می‌شوند و باعث چرخش پره‌ها می‌گردد. بیشترین اثر (چرخش) زمانی حاصل می‌گردد که بسامد تشدید کننده با فرکانس تشدید برابر شود.

۳۴

پرسش ۴ـ۷

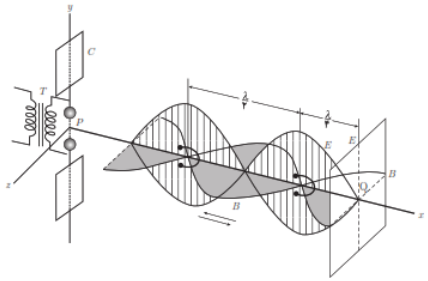
با دمیدن در بطری‌های یکسان با سطوح مایع مختلف می‌توان آهنگی با بسامدهای متفاوت ایجاد کرد. دلیل آن چیست؟

هر یک از این بطری‌ها با سطوح مایع متفاوت، تشدیدگر هلمهولتز هستند و مانند لوله‌های صوتی، بسامدهای تشدیدی معینی دارند. چون سطح مایع در بطری‌ها متفاوت است، بسامد تشدیدی متفاوتی نیز دارند. (هرچه سطح مایع درون ظرف‌ها بالاتر و حجم فضای بالای آنها کمتر باشد بسامد تشدیدی بیشتر است و بالعکس) بنابراین وقتی در دهانه این بطری‌های یک شکل می‌دمیم، با ایجاد گستره وسیعی از بسامدها، یکی از این بسامدها با یکی از بسامدهای تشدیدی بطری‌ها منطبق می‌شود و هر بطری با بسامد متفاوتی به صدا در می‌آید. بنابراین می‌توان آهنگی با بسامدهای متفاوت ایجاد کرد.

فعالیت۴ـ۷

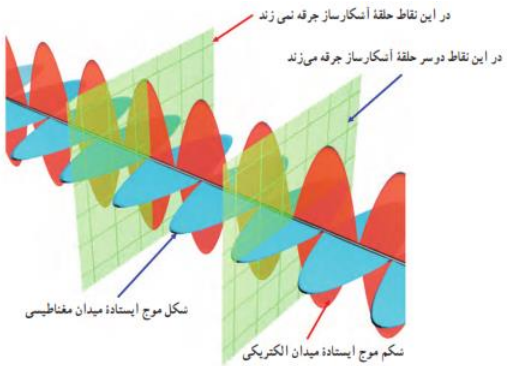
تداخل در امواج الکترومغناطیسی (آزمایش هرتز) : اگرچه ماکسول پیش از پایان قرن نوزدهم وجود امواج الکترومغناطیسی را پیش‌بینی کرده بود، این هرتز بود که با آزمایش‌های تداخلی خود که به تولید موج‌های الکترومغناطیسی ایستاده انجامید، وجود موج‌های الکترومغناطیسی را در گسترهٔ بسامد رادیویی اثبات کرد. هاینریش هرتز در سال ۱۸۸۸ میلادی با وسایل ابتدایی آن زمان این آزمایش را به انجام رسانید. در مورد چگونگی آزمایش هرتز تحقیق کنید.

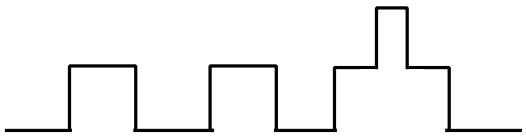
نوسانگر هرتز در شکل الف نشان داده شده است. مبدل T، صفحه های فلزی C و C' را باردار می‌کند. این صفحه‌ها از طریق شکاف P تخلیه می‌شوند و بدین ترتیب یک موج الکترومغناطیسی ایجاد می‌شود. در امتداد خط Px راستای میدان الکتریکی موازی محور و راستای میدان مغناطیسی موازی با محور z است. هرتز برای مشاهده این موج ها از سیمی که آن را به شکل حلقه در آورده بود و دو سر آن فاصله کمی از هم داشت، استفاده کرد. اگر صفحه این حلقه عمود بر میدان مغناطیسی موج می‌بود، میدان مغناطیسی متغیر بنا بر قانون القای فاراده نیروی محرکه الکتریکی القایی در حلقه ایجاد می‌کرد و این موجب جرقه زدن دو سر باز حلقه می‌شد. ولی اگر صفحه حلقه با میدان مغناطیسی موازی می‌بود، هیچ نیروی محرکه الکتریکی‌ای القا نمی‌شد و در نتیجه جرقه‌ای نیز مشاهده نمی‌شد.

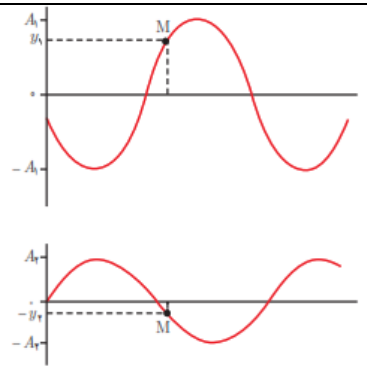
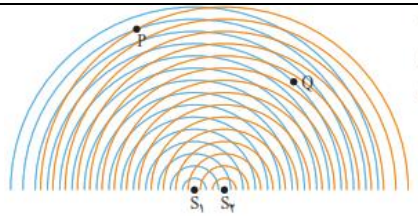


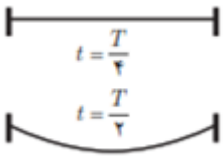
الف) طرحی از آزمایش هرتز و تشکیل امواج ایستادهٔ الکترومغناطیسی در آن

هرتز برای ایجاد امواج الکترومغناطیسی ایستاده از سطحی فلزی به عنوان بازتاباننده استفاده کرد که این در شکل الف در نقطه O نشان داده شده است. بنابراین موج الکترومغناطیسی پس از بازتاب از سطح بازتاباننده یا برهم‌نهی با موج تابیده، موج‌های ایستاده مغناطیسی و الکتریکی ایجاد می‌کند،

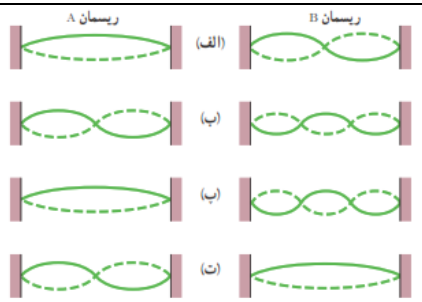


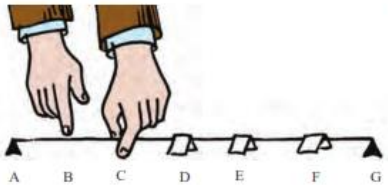
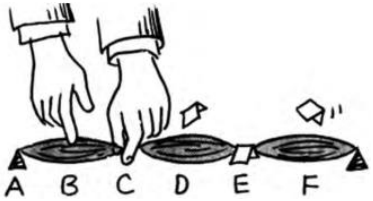
		نشان داده می‌شود در حالی که موج‌های میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی در مسیر رفت هم فازند، در مسیر برگشت کاملا ناهم فازند و بنابراین همان طور که در شکل ب با وضوح بیشتری نشان داده شده است شکم‌های موج ایستاده، میدان مغناطیسی بر گره‌های موج ایستاده میدان الکتریکی منطبق می‌شود و بالعکس، حال اگر حلقه آشکارساز در گره موج ایستادهٔ میدان مغناطیسی قرار گیرد، هیچ نیروی محرکهٔ القایی در آن ایجاد نمی‌شود و در نتیجه جرقه‌ای مشاهده نمی‌گردد . ولی اگر حلقه‌ی آشکار ساز را در محل شکم های موج ایستاده مغناطیسی قرار دهیم، شدید ترین جرقه ها را خواهیم داشت. هرتز با حرکت دادن حلقه آشکارساز در امتداد خط PQ محل‌های گره‌ها و شکم‌های موج ایستاده میدان مغناطیسی را پیدا کرد. او با اندازه‌گیری فاصله بین دو گره متوالی توانست طول موج را حساب کند و چون بسامد و نوسان را می‌دانست، با استفاده از رابطهٔ $v = \lambda f$ ، تندی موج الکترومغناطیسی را که برابر با تندی نور می‌شود، به دست آورد. این نخستین مقدار تجربی برای تندی انتشار موج‌های الکترومغناطیسی بود.
	۴ـ۴ تداخل امواج	
۳۶	**۱۷.** در شکل‌های زیر، وقتی موج ۱ بر موج ۲ برهم نهاده شود شکل موج برهم‌نهاده را رسم کنید. (۱) (۲)	(۱) (۲) 

۳۷	۱۸. شکل‌های زیر نمودار جابه‌جایی ــ مکان دو موج را در لحظهٔ معیّنی نشان می‌دهد. جابه‌جایی برایند نقطهٔ M در این لحظه چقدر است؟ 	جابه‌جایی کل، جمع برداری هر جابه‌جایی مجزا است. چون جابه‌جایی‌های نقطهٔ M در جهت‌های مخالف هم هستند، جمع برداری آنها برابر $y_1 - y_2$ می شود که چون $y_1 > y_2$ است، مقداری مثبت است.
۳۸	۱۹. دو چشمهٔ نقطه‌ای S_1 و S_2 به‌طور هم‌زمان، با بسامد یکسان، و همگام با یکدیگر در یک تشت موج نوسان می‌کنند و جبهه‌های موجی را مطابق شکل زیر به‌وجود می‌آورند. توضیح دهید دامنهٔ موج برایند در نقطه‌های P و Q چگونه است؟ 	در نقطهP قله (ستیغ) موج ها همدیگر را قطع کرده‌اند و بر هم نهاده شده‌اند و بنابراین تداخل کاملا سازنده و دامنه موج برآیند بیشینه است، اما در نقطه Q قله (ستیغ) یک موج با دره (پاستیغ) موج دیگر تلافی کرده است. (توجه کنید که Q بر یک منحنی آبی و در میان دو منحنی قرمز است) و بنابراین همدیگر را تضعیف می‌کنند و دامنه کمینه است.
۳۹	۲۰. در آزمایش تداخل صوتی (شکل ۴ــ۳۱ کتاب)، فاصلهٔ بین هر نقطهٔ با صدای بالا (L) تا نقطهٔ با صدای ضعیف (S) مجاورش، متناسب با طول‌موج موج صوتی به‌کار رفته در این آزمایش است. برای آنکه این آزمایش به‌سادگی انجام‌پذیر باشد باید فاصلهٔ نقطه‌های S و L مجاور نه خیلی زیاد، و نه خیلی کم باشد. الف) بسامد صوت گسیل‌شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه‌های S و L مجاور به‌هم نزدیک شوند؟ ب) بسامد صوت گسیل‌شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه‌های S و L مجاور از هم دور شوند؟	الف) چون فاصله نقطه‌های S و L متناسب با طول موج به کار رفته است، بنابراین برای آنکه نقطه‌های S و L به هم نزدیک باشند باید طول موج به کار رفته کوچک باشد. با توجه به اینکه $f = v/\lambda$ است نتیجه می گیریم که این معادل با افزایش بسامد صوت است. ب) برای آنکه نقطه های S و L از هم دور شوند باید طول موج به کار رفته بزرگ باشد. با توجه به اینکه $f = v/\lambda$ است نتیجه می‌گیریم که این معادل با کاهش بسامد صوت است.

۴۰	**۴۰.** در آزمایش یانگ، الف) اگر آزمایش را به‌جای نور تکفام سبز با نور تکفام قرمز انجام دهیم پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می کند؟ ب) اگر آزمایش را به‌جای آنکه در هوا انجام دهیم، در آب انجام دهیم، پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می کند؟	الف) با افزایش طول موج، پهنای نوارها زیاد می‌شود. پس پهنای نوارها با استفاده از نور تکفام قرمز به جای نور تکفام سبز، افزایش می‌یابد. ب) طول موج به کار رفته کاهش می‌یابد که این به معنای کاهش پهنای نوارها است.
۴۱	**۴۱.** تاری که بین دو تکیه‌گاه محکم شده است در هماهنگ اول خود با بسامد f به نوسان درمی‌آید. شکل زیر جابه‌جایی تار در $t=0$ را نشان می‌دهد. الف) جابه‌جایی تار را در $t=\frac{1}{4f}$ و $t=\frac{1}{2f}$ رسم کنید. ب) فاصلهٔ بین تکیه‌گاه‌ها ۱/۰m است. اگر تندی موج عرضی در تار ۲۴۰m/s باشد، بسامد نوسان تار چقدر می‌شود?	الف) چون دوره تناوب برابر با عکس بسامد است، $(T=\frac{1}{f})$ بنابراین $t=\frac{1}{4f}$ معادل با $\frac{1}{4}T$ و $t=\frac{1}{2f}$ معادل با $\frac{1}{2}T$ است. به عبارتی در زمان $t=\frac{1}{4f}$، $\frac{1}{4}$ دوره گذشته است و در زمان $t=\frac{1}{2f}$ ، نصف دوره، پس شکل ها چنین می شوند:  ب) $\frac{\lambda}{2}=1m\rightarrow\lambda=2\,m$ $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{240\,m/s}{2m}=1/2\times10^{2}(s)^{-1}=120Hz$
۴۲	**۴۲.** تار ویولنی که طول آن ۱۵/۰cm است و در دو انتها بسته شده است، در مُد $n=1$ خود نوسان می‌کند. تندی موج عرضی در این تار ۲۵۰m/s و تندی صوت در هوا ۳۴۸m/s است. الف) بسامد و ب) طول‌موجِ امواج صوتی گسیل‌شده از تار چقدر است؟	الف) $f_n=\frac{nv}{2L}\xrightarrow{n=1}f_1=\frac{(1)(250\,m/s)}{2(0/15m)}\simeq833\,Hz$ بسامد موج روی تار، همان بسامد موج صوتی است که تولید می شود. ب) f_1 بسامد موج صوتی است و بنابراین برای طول موجِ موج صوتی گسیل شده داریم: $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{348\,m/s}{833\,Hz}\simeq0/418m$

۴۳	**۴۳.** اگر بسامد اصلی یک تار ویولن به جرم ۸۰۰mg و طول ۲۲/۰cm برابر ۹۲۰Hz باشد، الف) تندی موج عرضی در این تار را به دست آورید. ب) کشش تار چقدر است؟ پ) برای بسامد اصلی، طول‌موجِ موج عرضی در تار و طول‌موجِ امواج صوتی گسیل شده توسط تار چقدر است؟ تندی صوت در هوا را ۳۴۰m/s بگیرید.	الف) دو سر تار بسته است و وقتی در پایین ترین بسامد خود نوسان می‌کند، طول آن دقیقا نصف طول موج است. $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{v}{2L}\rightarrow 920Hz=\frac{v}{2(0/22m)}\rightarrow v=404/8m/s$ ب) $v=\sqrt{\frac{F.L}{m}}\rightarrow 404/8m/s=\sqrt{\frac{F(22\times10^{-2}m)}{800\times10^{-6}kg}}\rightarrow F\simeq 0/596N$ پ) $\lambda=2L=2(0/22m)=0/44m$ بسامد صوت در هوا همان بسامد نوسان سیم است، ولی به خاطر تندی متفاوت صوت، طول موج متفاوت می‌شود. اگر هوا را با شاخص پایین a نشان دهیم، خواهیم داشت: $\lambda_a=\frac{v_a}{f}=\frac{340m/s}{920\,s^{-1}}\simeq 0/37m=37cm$
۴۴	**۴۴.** تار ویولنی به طول ۳۰/۰cm و جگالی خطی جرمی ۰/۶۵۰g/m در نزدیکی بلندگویی قرار داده شده است که توسط یک نوسان‌ساز صوتی با بسامد متغیر به‌کار می‌افتد. معلوم شده است وقتی بسامد نوسان‌ساز در گسترهٔ ۱۵۰۰–۵۰۰Hz تغییر می‌کند تار فقط هنگامی به نوسان در می‌آید که بسامد آن ۸۸۰Hz و ۱۳۲۰Hz باشد. الف) چه پدیده‌ای سبب به نوسان درآمدن تار شده است؟ ب) بسامد اصلی تار چقدر است؟ پ) کشش تار چقدر است؟	الف) تشدید، باعث به نوسان در آمدن تار می‌شود. اگر بسامد مولد نوسان با بسامدهای ارتعاش تار منطبق شود، تار به تشدید در می‌آید. در غیر این صورت، موج ایستاده بارزی ایجاد نمی‌شود. به عبارتی وقتی $f=v/\lambda$ برابر با یکی از بسامدهای نوسان ساز باشد، این پدیده رخ می دهد. ب) چون تار فقط در دو بسامد ۸۸۰ Hz و ۱۳۲۰ Hz به نوسان در می‌آید، تفاضل آنها برابر بسامد اصلی نوسان تار است. $f_{n+1}-f_n=\frac{(n+1)v}{2L}-\frac{nv}{2L}=\frac{v}{2L}$ که همان بسامد اصلی نوسان است. $f_{n+1}-f_n=1320Hz-880Hz=440Hz$ پ) $f_{n+1}-f_n=\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}\rightarrow 440Hz=\frac{1}{2(0/3m)}\sqrt{\frac{F}{0/65\times10^{-3}kg/m}}$ $\rightarrow F=45/3N$

۴۵	**۴۵.** ریسمان‌های A و B، طول و چگالی خطی جرمی یکسانی دارند، ولی ریسمان B تحت کشش بیشتری نسبت به ریسمان A قرار دارد. شکل زیر چهار وضعیت (الف) تا (ت) را نشان می‌دهد که در آنها نقش‌های موج ایستاده در دو ریسمان وجود دارند. در کدام وضعیت‌ها، احتمال دارد که ریسمان‌های A و B در بسامد تشدیدی یکسانی نوسان کنند؟ 	چون ریسمان B تحت کشش بیشتری نسبت به ریسمان A قرار دارد، تندی موج در این ریسمان بیشتر است، زیرا هر دو ریسمان چگالی خطی جرمی یکسانی دارند. پس طبق رابطهٔ $f_n = nv/2L$ با توجه به اینکه طول دو ریسمان یکسان است، در می‌یابیم تنها در شکل (ت) که ریسمان B در هماهنگ اول و ریسمان A در هماهنگ دوم در نوسان است این امکان وجود دارد که ریسمان‌ها در بسامدهای تشدیدی یکسانی باشند.
۴۶	**۴۶.** در یک تار دو سر بسته، یکی از بسامدهای تشدیدی ۳۲۵Hz، و بسامد تشدیدی بعدی ۳۹۰Hz است. بسامد تشدیدی پس از ۱۹۵Hz این تار چیست؟	تفاضل دو بسامد نوسان متوالی تار برابر با بسامد اصلی نوسان تار است. بنابراین: $f = (390\,Hz - 325\,Hz) = 65\,Hz$ همان بسامد اصلی (پایه) است. پس بسامد هماهنگ بعدی پس از ۱۹۵ Hz برابر با $195\,Hz + 65\,Hz = 260\,Hz$ است.
۴۷	**۴۷.** رشته‌ای از بسامدهای تشدیدی یک تار با دو انتهای بسته عبارت‌اند از : ۱۵۰Hz، ۲۲۵Hz، ۳۰۰Hz، و ۳۷۵Hz. در این رشته یک بسامد (کمتر از ۴۰۰Hz) جا افتاده است. الف) این بسامد کدام است؟ ب) بسامد هماهنگ هفتم چقدر است؟	الف) $f_{n+1} - f_n = \frac{v}{2L} = f_1 = (225\,Hz - 150\,Hz) = 75\,Hz$ $f_{n+1} - f_n = \frac{v}{2L} = f_1 = (300\,Hz - 225\,Hz) = 75\,Hz$ $f_{n+1} - f_n = \frac{v}{2L} = f_1 = (375\,Hz - 300\,Hz) = 75\,Hz$ تفاوت بسامدهای تشدیدی برابر ۷۵ Hz است و چون بسامد کمتر از ۴۰۰ Hz خواسته شده است، پس بسامد مورد نظر همان $150\,Hz - 75\,Hz = 75\,Hz$ است. ب) بسامد پنج هماهنگ اول به ترتیب برابر با ۷۵ Hz ، ۱۵۰ Hz، ۲۲۵ Hz، ۳۰۰ Hz و ۳۷۵ Hz شده است که به ترتیب هماهنگ های اول تا پنجم هستند. بنابراین بسامد هماهنگ هفتم برابر است با: $f_v = 7(75\,Hz) = 525\,Hz$

۴۸	**۴۸.** در شکل نشان داده شده، نقاط A، B، C، D، E، F، و G در فاصله‌های یکسانی از هم قرار دارند. تار را در نقطهٔ C به آرامی می‌گیریم، طوری که نوسان‌های بخشی از تار که سمت چپ نقطهٔ C است، بتواند به سمت راست این نقطه منتقل شود. اکنون تار را در نقطهٔ B می‌نوازیم. بدین ترتیب موج ایستاده‌ای در طول تار تشکیل می‌شود، به‌طوری که در نقطه‌های A و C گره و در نقطهٔ B شکم آن قرار دارد. به گمان شما برای کاغذهای تاشده‌ای که در نقاط E، D، و F قرار دارند، چه رخ می‌دهد؟ 	اگر تار در نقطهٔ C محکم گرفته شود، نوسان‌های تار به سمت راست منتقل نمی‌شوند. بنابراین در انجام این تجربه، چگونگی گرفتن تار در نقطه C مهم است و تا آنجا که ممکن است باید به آرامی گرفته شود. در این صورت، موج ایستاده‌ای مانند شکل زیر بر تار ایجاد می‌شود به طوری که نقطه های A، C، E و G گره‌ها و نقطه‌های B، D و F شکم ها می شوند. بنابراین کاغذهای تاشده در نقطه‌های D و F به هوا برمی‌خیزند، در حالی که کاغذ واقع در E، در جای خود ثابت می ماند. 
۴۹	**۴۹.** وقتی گالن آبی را خالی می‌کنیم، با خالی شدن آب صدای گلوپ گلوپی را می‌شنویم. موقع خالی شدن گالن بسامد این صدا کمتر می‌شود (صدای بَم‌تر) یا بیشتر (صدای زیرتر)؟ چرا؟	در هنگام خالی شدن گالن، حجم فضای هوای داخل آن افزایش می‌یابد. هرچه فضای هوای خالی افزایش یابد، اندازه بسامدهای تشدیدی کمتر می‌شوند (صدای بم‌تر) (این بسامدها با طول ستون هوا نسبت معکوس دارند.) صدای حاصل از خالی شدن ظرف، گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه، یکی از آنها با بسامد تشدیدی هوای درون ظرف منطبق می‌شود، بنابراین موقع خالی شدن گالن، مدام صداهای بم‌تر و بم تری (با بسامد کمتری) را می شنویم.
۵۰	**۵۰.** در گذشته برای آگاه کردن کشتی‌ها از خطر صخره‌ها، در صدف‌های حلزونی می‌دمیدند. امروزه بیشتر برای جشن‌ها و شادی‌ها در آنها می‌دمند. چگونه این صدف‌ها می‌توانند چنین صدایی ایجاد کنند؟	به هنگام دمیدن در یک صدف حلزونی لب ها را روی دهانه باریک آن می‌فشارند. با دمیدن صدف حلزونی، لب‌ها به نوسان در می‌آیند و اگر این کار با دقت صورت بگیرد، لب‌ها در بسامدهای مختلفی به نوسان در می‌آیند. نوسان لب‌ها در درون صدف، امواجی صوتی را با همان بسامدهای نوسان لب به وجود می‌آورد. اگر برخی از این امواج با یکی از بسامدهای تشدید صدف منطبق شوند، در این صورت یک موج صوتی قوی را ایجاد می‌کنند. برای نمونه از لحاظ تجربی، اگر پایین‌ترین بسامد تشدید صدف ۳۳۲/۵ Hz باشد، بسامد نوسان لب نیز باید همین مقدار باشد تا موج صوتی قوی ایجاد شود.