



بخش آموزش رسانه تفریحی سنتر

کلیک کنید  www.tafrihicenter.ir/edu

 نمونه سوال  گام به گام

 امتحان نهایی  جزوه

 دانلود آزمون های آزمایشی

متوسطه اول : هفتم ... هشتم ... نهم

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

www.tafrihicenter.ir



راهنمای حل فصل ۴ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

منطبق بر کتاب درسی



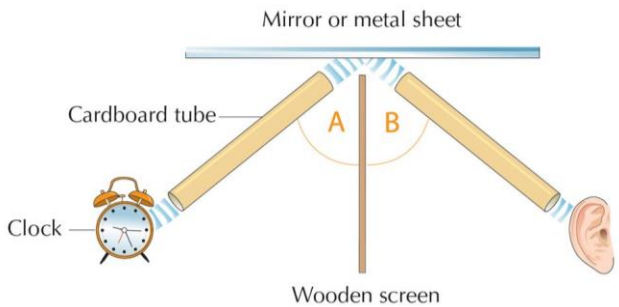
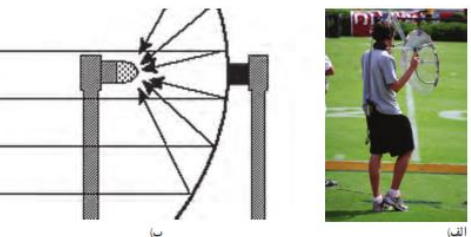
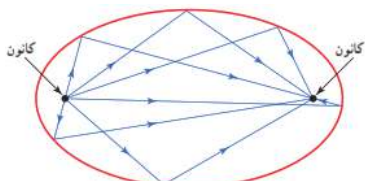
@Schoolphysics

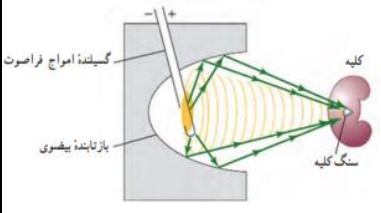
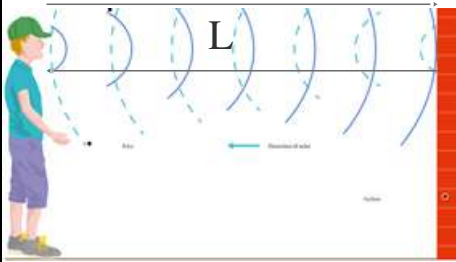
گروه فیزیک استان گیلان

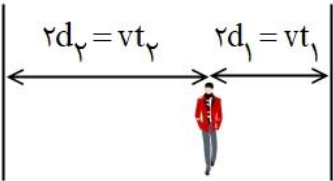
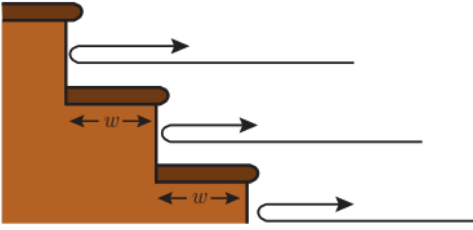
برهم کنش موج			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
۱	۹۰	۱-۴ - بازتاب موج	
۱	۹۱	فعالیت ۱-۴	۱
۲-۱	۹۲	فعالیت ۲-۴	۲
۲	۹۳	تمرین ۱-۴	۳
۲	۹۳	فعالیت ۳-۴	۴
۳	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۵
۳	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۶
۳	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۷
۳	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر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

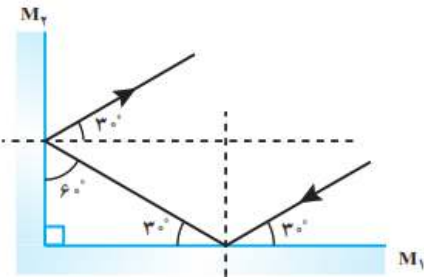
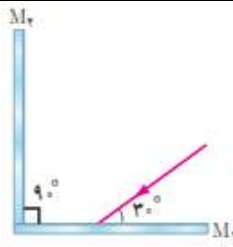
۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۱۱۲	۱۱
۲۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۱۱۲	۱۱
۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۱۱۲	۱۲
۲۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۱۱۲	۱۲
	۳-۴ پراش موج	۱۰۱	۱۳
۲۶	پرسش ۴-۴	۱۰۲	۱۳
۲۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۱۱۲	۱۳
۲۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۱۱۲	۱۳
	۴-۴ تداخل امواج	۱۰۳	۱۴
۲۹	فعالیت ۵-۴	۱۱۳	۱۴
۳۰	تمرین ۵-۴	۱۱۳	۱۴
۳۱	پرسش ۵-۴	۱۱۳	۱۵-۱۴
۳۲	پرسش ۶-۴	۱۱۳	۱۵
۳۳	فعالیت ۶-۴	۱۱۳	۱۵
۳۴	پرسش ۷-۴	۱۱۳	۱۶
۳۵	فعالیت ۷-۴	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

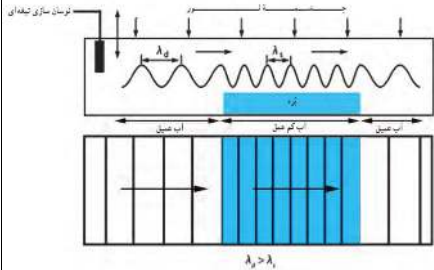
۴۵	پیش و مسئله ها آخر فصل – ۲۶	۱۱۳	۲۱
۴۶	پیش و مسئله ها آخر فصل – ۲۷	۱۱۳	۲۱
۴۷	پیش و مسئله ها آخر فصل – ۲۸	۱۱۳	۲۱
۴۸	پیش و مسئله ها آخر فصل – ۲۹	۱۱۳	۲۲
۴۹	پیش و مسئله ها آخر فصل – ۳۰	۱۱۳	۲۲
۵۰	پیش و مسئله ها آخر فصل – ۳۱	۱۱۳	۲۲

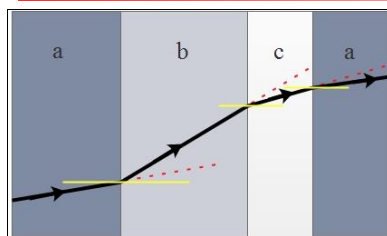
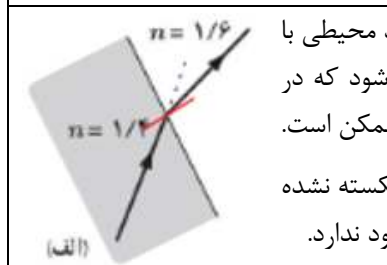
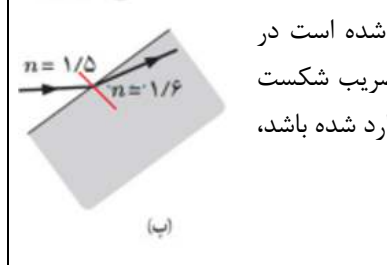
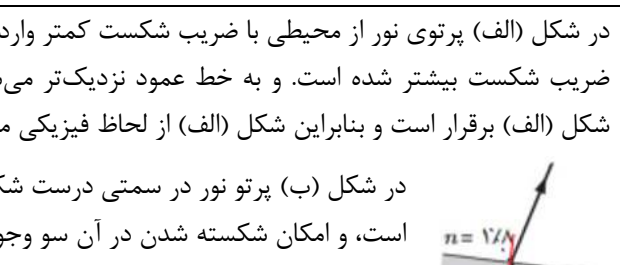
این اسباب شامل دو لوله متصل به دو دهانه است که یکی نقش دهانه ورودی صدا و دیگری نقش گوش را بازی می‌کند. با ایجاد صدا در دهانه ورودی، صوت پس از عبور از لوله اول، و بازتاب از یک دیواره سخت، با عبور از لوله دوم وارد دهانه گوش می‌شود و ما آن را می‌شنویم، برای جلوگیری از انتشار مستقیم صوت از منبع به سمت شنونده، 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 واری زاویه لوله اول یا مانع (خط عمود بر دیواره بازتابنده) و زاویه لوله دوم با مانع، در می‌یابیم که بیشترین بلندی دریافتی به ازای برابر بودن زاویه تابش و زاویه بازتاب حاصل می‌شود. 	۱-۴ بازتاب موج فعالیت ۱-۴ با اسباب نشان داده شده در شکل رویه‌رو، می‌توان زاویه تابش و زاویه بازتابش را در امواج صوتی اندازه‌گیری کرد. با استفاده از این اسباب، قانون بازتاب عمومی را برای امواج صوتی تحقیق کنید.  نمایش از اسباب آزمایش بازتاب صوت
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. استفاده مرسوم از این میکروفون‌ها 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.  الف) ب) 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. 	۲-۴ فعالیت درباره میکروفون سهموی که از آن برای ثبت صداهای ضعیف و دستگاه لیتوتریپسی که از آن برای شکستن سنگ‌های کلیه، با کمک بازتابنده‌های بیضوی استفاده می‌شود تحقیق کنید.  تصویری از یک میکروفون سهموی

	در دستگاه لیتوتریپسی، چشمه‌ای فراصوت در یک کانون بازتابنده 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.	
	تأخیر زمانی صورت بازتابنده 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 بازتاباننده را برای تمیز یک پژواک از صوت اولیه محاسبه کنیم. $x = 2L = vt \rightarrow L = \frac{1}{2}vt = \frac{1}{2}(340 \text{ m/s})(0.1 \text{ s}) = 17 \text{ m}$	تمرین ۱-۴ کمترین فاصله بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ تندی صوت در هوا را 340 m/s در نظر بگیرید.
امواج میکرو موج یا فروسرخ در محدوده مشخصی گسیل می‌کنند. فاصله خودرو از فرستنده گسیلنده، 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.		فعالیت ۳-۴ رادار دوپلری: از امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توان برای مکان‌یابی پژواکی استفاده کرد. در این مورد و کاربرد آن به خصوص در تعیین تندی خودروها تحقیق کنید. 

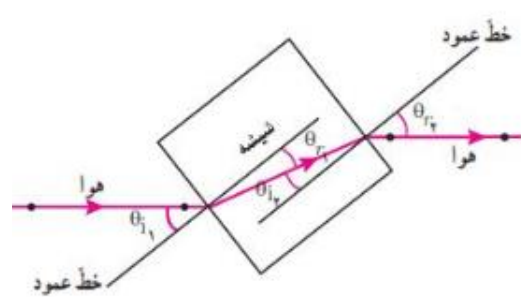
الف) $2d_1 = vt_1 \rightarrow v = \frac{2d_1}{t_1} = \frac{480 \cdot m}{1/5s} = 320 \cdot m/s$ ب) $d_r = \frac{vt_r}{2} = \frac{(320 \cdot m/s) \times (2/5s)}{2} = 40 \cdot m$ $d = d_1 + d_r = 40 \cdot m + 240 \cdot m = 280 \cdot m$ 	۴-۱ بازتاب موج ۱. دانش آموزی بین دو صخره قائم ایستاده است و فاصله او از صخره نزدیک تر ۲۴۰m است. دانش آموز فریاد می زند و اولین پژواک صدای خود را پس از ۱/۵s و صدای پژواک دوم را ۱/۰۰s بعد از پژواک اول می شنود. الف) تندی صوت در هوا چقدر است؟ ب) فاصله بین دو صخره را بیابید.	اگر فاصله از پلکان به حد کافی زیاد باشد، به طوری که بتوان مانند شکل زیر مسیر تپ‌های متوالی را تقریباً موازی در نظر گرفت، تقریباً بسامد ثابتی برای رشته تپ‌های متوالی درک می کنید. این صدا به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها باز می گردد و مانند یک نت نواخته شده درک می شود. بدیهی است اگر پهنای پله‌ها کوچک تر باشد، با توجه به اینکه $f \propto \frac{1}{w}$ است، بسامد ادراک شده بیشتر می شود.  مسیر تپ‌های متوالی که هر کدام از یک پله نشأت گرفته اند، موازی نیست و بسامد ثابتی را برای رشته تپ‌های متوالی درک نمی کنید؛ بلکه گستره‌ای از بسامدها را درک می کنید که به تدریج کم می شوند. به طوری که بسامد دریافتی از پله‌های پایینی (که تپ‌های بازتابیده از آنها را زودتر می شنویم) بیشتر از بسامد دریافتی از پله‌های بالایی است که تپ‌های بازتابیده از آنها را دیرتر می شنویم) و بدین ترتیب صدا را به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها می شنوید. 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 می شود. چون تعداد پله‌ها ۹۲ عدد ذکر شده است پس ۹۲ پژواک شنیده می شود. به علت این که فاصله پله‌ها تا محل قرار گرفتن یکسان نیست مجموعه پژواک با تاخیر زمانی بسیار کم می رسند و یک صدای خاصی همراه با فرکانس رو به کاهش ایجاد می شود.	۲. اگر در فاصله مناسبی از یک رشته پلکان بلند بایستید و یک بار کف بزنید، پژواکی بیشتر از یک صدای برهم زدن دست می شنوید. نمونه جالبی از این پدیده در برابر رشته پله‌های معبد قدیمی کوکولکان در مکزیک رخ می دهد. این معبد از ۹۲ پله سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.  تصویری از معبد کوکولکان	۳ گروه فیزیک استان گیلان
---	---	---	--	-----------------------------------

هنگامی که 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.	۷. وقتی یک باریکه لیزر را به دیوار کلاس می‌تابانیم، همه دانش آموزان نقطه رنگی ایجاد شده روی دیوار را می‌بینند. دلیل آن چیست؟	۷
	۸. در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید. 	۸

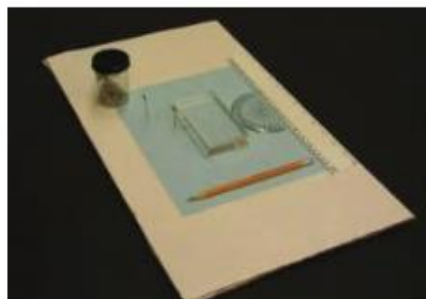
وقتی موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد موج عبوری تغییری نمی‌کند، زیرا بسامد توسط چشمه موج تعیین می‌شود، اما تندی در قسمت نازک طناب بیشتر است و بنابر رابطه $\lambda = v/f$ در می‌یابیم طول موج عبوری بیشتر از طول موج فرودی می‌شود.	۲-۴ شکست موج پرسش ۱-۴ اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول موج عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می‌کند؟	۹
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 $\lambda_r = \lambda_s$ $\lambda_d = 10\text{ cm}$, $v_s = 0.4 v_d$ $f = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow v_d = 10\text{ cm} \times 5\text{ Hz} = 50\text{ cm/s}$ $f = \frac{v_s}{\lambda_s} = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow \lambda_s = \frac{v_s}{f} = \frac{0.4 v_d}{f} = \frac{0.4 \times 50\text{ cm/s}}{5\text{ Hz}} = 4\text{ cm}$ 	تمرین ۲-۴ در یک تشت موج به کمک یک نوسان‌ساز تیغه‌ای که با بسامد $5/0\text{ Hz}$ کار می‌کند، امواجی تخت ایجاد می‌کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10 cm می‌شود. اگر اکنون پُرهای شیشه‌ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالای پُر، شکست پیدا می‌کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، 0.4 برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می‌شود؟ 	۱۰
فرض می‌کنیم $v_i = 0.4 v_d$ $v_d \sin \theta_r = v_i \sin \theta_i \rightarrow v_d \sin \theta_r = 0.4 v_d \times \sin(30^\circ)$ $\sin \theta_r = 0.2 \rightarrow \theta_r = 11.53^\circ$	تمرین ۳-۴ در تمرین ۲-۴ با فرض اینکه زاویه تابش امواج برابر 30° باشد، زاویه شکست چقدر می‌شود؟ تمرین ۲-۴ در یک تشت موج به کمک یک نوسان‌ساز تیغه‌ای که با بسامد $5/0\text{ Hz}$ کار می‌کند، امواجی تخت ایجاد می‌کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10 cm می‌شود. اگر اکنون پُرهای شیشه‌ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالای پُر، شکست پیدا می‌کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، 0.4 برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می‌شود؟ 	۱۱

 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. $v_b > v_c > v_a$		پرسش ۲-۴ شکل رویه‌رو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که با عبور از محیط اولیه 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. ۱۲
 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 هنگامی که پرتو نور از محیطی با ضریب شکست کمتر به محیطی با ضریب شکست بیشتر وارد شده باشد، پرتو نور به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود. 	 ۱۳	پرسش ۳-۴ کدام یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟  (الف) (ب) (پ)

یک تیغه متوازی السطوح را در نظر بگیرید و آن را روی کاغذ سفیدی قرار دهید، باریکه نوری را به وجهی از تیغه بتابانید به طوری که از وجه مقابل آن خارج شود. محل تیغه بر کاغذ را با رسم اضلاع آن بر روی کاغذ مشخص کنید. همچنین مسیر باریکه فرودی و باریکه خروجی از تیغه را روی کاغذ رسم کنید. برای رسم دقیق تر مسیر باریکه های فرودی و خروجی می توانید مطابق شکل الف کاغذ سفید را روی قطعه یونولیتی قرار دهید و مسیر باریکه ها را با فرو بردن سوزن هایی در آن مشخص کنید. اکنون تیغه را بردارید و با استفاده از یک خط کش، مسیر باریکه نور در درون تیغه را رسم کنید. بر روی مسیر باریکه های نور، پیکان هایی رسم کنید تا جهت پرتوها مشخص شود. با استفاده از یک نقاله، خطوط عمود بر وجه های تیغه در محل ورود و خروج باریکه های نور را رسم کنید و زاویه های بین باریکه ها و خطوط عمود را اندازه بگیرید. شکل ب، طرحی از چنین ترسیمی را نشان می دهد. اکنون می توانیم با استفاده از قانون اسنل برای ورود 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.



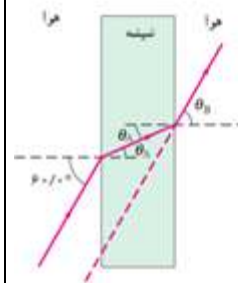
الف) تصویری از اسباب آزمایش اندازه گیری ضریب شکست
ب) نمودار پرتویی آزمایش توجه کنید θ_i زاویه تابش و θ_r زاویه شکست و $\theta_{i1} = \theta_{r2}$ و $\theta_{i2} = \theta_{r1}$ است. بنابراین پرتوهای فرودی و خروجی باهم موازی اند



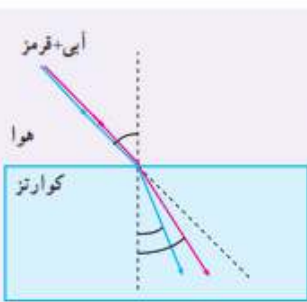
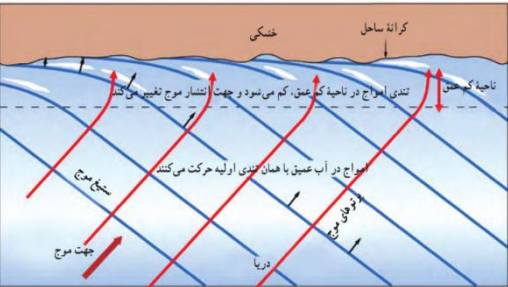
فعالیت ۴-۴

اندازه گیری ضریب شکست : با توجه به مثال ۴-۲، آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغه متوازی السطوح شفاف را اندازه گرفت.

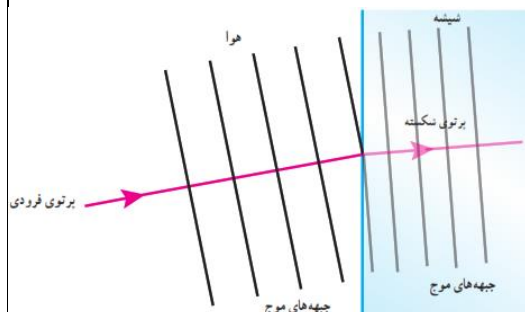
مثال ۴-۲



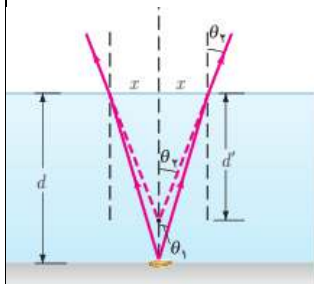
پرتوی نوری مطابق شکل، از هوا بر تیغه شیشه ای متوازی السطوحی، با زاویه تابش 60° فرود می آید. الف) زاویه شکست (θ_r) پرتو در شیشه چقدر است؟ ب) زاویه خروجی (θ_{r2}) پرتو از شیشه چقدر است؟

تمرین ۴-۴ شکل روبه‌رو باریکه نوری منشکل از دو پرتوی قرمز و آبی را نشان می‌دهد که از هوا با زاویه تابش 45° بر سطح تیغه تختی از کوارتز می‌تابد. زاویه‌های شکست برای این دو پرتو را محاسبه کنید. ضریب شکست نورهای قرمز و آبی در کوارتز به ترتیب برابرند با $n_{\text{قرمز}} = 1/459$ و $n_{\text{آبی}} = 1/467$. 	قانون اسنل را به طور مجزا برای دو پرتوی قرمز و آبی می‌نویسیم. برای پرتوی قرمز داریم $n_1 \sin \theta_1 = n_{2,\text{Red}} \sin \theta_{2,\text{Red}} \rightarrow \sin \theta_{2,\text{Red}} = \frac{n_1}{n_{2,\text{Red}}} \sin \theta_1$ $\rightarrow \sin \theta_{2,\text{Red}} = \frac{1}{1/459} \sin 45^\circ \rightarrow \theta_{2,\text{Red}} = 28/8^\circ = 0/479$ برای پرتوی آبی داریم $\sin \theta_{2,\text{Blue}} = \frac{1}{1/467} \sin 45^\circ \rightarrow \theta_{2,\text{Blue}} = 29^\circ = 0/477$
۲-۴ شکست موج ۵. 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 جبهه‌های موج به ساحل که در آنجا عمق آب کم می‌شود، جهت انتشار موج تغییر می‌کند. به عبارتی، با ورود امواج از ناحیه عمیق به ناحیه کم‌عمق، تندی آنها کم می‌شود. 
۶. 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، نمی‌تواند درست باشد، زیرا پرتو از خط عمود دور شده است. اگر نور از شیشه وارد هوا می‌شد، این پرتو صحیح بود. پرتوی B در امتداد پرتوی فرودی است. پرتوی C پاسخ درستی است زیرا به سمت خط عمود کج شده است. پرتوی D نادرست است. توجه کنید که برای این پرتو، زاویه شکست $\theta_r = 0$ است.

	مطابق شکل مقابل خواهیم داشت (البته در این شکل فاصله بین جبهه های موج در دو محیط به یک مقیاس نیست، ولی در هر حال $\lambda_{\text{شیشه}} > \lambda_{\text{آب}}$ است).	۱۸. ضریب شکست آب $۱/۳$ و ضریب شکست شیشه $۱/۵$ است. اگر نوری به طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه های موج را در دو محیط نشان دهید.
	الف) ادامه موج EF، پرتوی شکسته شده در محیط R است که باید موازی با D باشد. به عبارتی، پرتوهای شکسته باید موازی هم باشند. ب و پ) با عبور موج از محیطی به محیط دیگر، بسامد موج تغییر نمی کند. بنابراین نسبت v/λ ثابت می ماند و داریم $\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ از روی شکل مقابل درمی یابیم که $\lambda_2 < \lambda_1$ و بنابراین $v_2 < v_1$ است. به عبارتی با دانستن فاصله بین جبهه های موج در دو محیط می توان درباره نسبت تندی موج در دو محیط اظهار نظر کرد. مثلاً برای شکل مقابل در این مسئله، نسبت λ_2 به λ_1 تقریباً $۱/۶$ می شود که همان نسبت v_2 به v_1 نیز هست.	۱۹. شکل زیر جبهه های موجی را نشان می دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده اند. الف) ادامه جبهه موج EF را در محیط R رسم کنید. ب) توضیح دهید در کدام محیط تندی موج بیشتر است. پ) آیا با استفاده از این نمودار می توان نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟
	الف) برای موج شکسته، به جز بسامد سایر مشخصه ها با موج فرودی متفاوت است. چرا که تندی و طول موج تغییر می کنند و این دو به ضریب شکست بستگی دارند. در حالی که برای موج بازتابیده، بسامد، طول موج و تندی با موج فرودی برابر است.	۲۰. در شکل زیر موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط باز می تابد و بخشی دیگر شکست می یابد و وارد شیشه می شود. الف) مشخصه های موج بازتابیده و موج شکست یافته را با موج فرودی مقایسه کنید. ب) جبهه های موج بازتابیده و شکست یافته را رسم کنید.

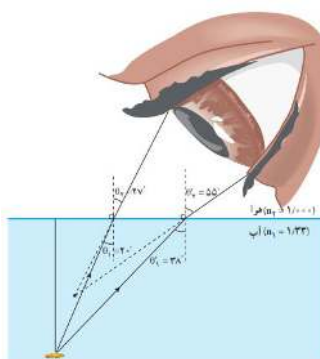
(ب) امتداد پرتوها بر اثر شکست تفاوت پیدا می‌کند. پرتوی شکسته شده باید به خط عمود نزدیک شود. ابتدا پرتوی موج را رسم کرده و سپس جبهه‌های موج را به گونه‌ای رسم می‌کنیم که این پرتو عمود بر آنها باشد، در مورد جبهه‌های موج بازتابیده، چون در خود محیط بازتابیده می‌شوند، فاصله خطوط تغییر نمی‌کند و بنابراین برای موج بازتابیده شکلی مانند روبرو خواهیم داشت.  برای جبهه‌های موج شکست یافته نیز نخست یک پرتوی شکست یافته را رسم می‌کنیم و سپس جبهه‌های موج مربوط به آن را نشان می‌دهیم. که فاصله جبهه‌های موج در شیشه، کوتاه‌تر است.	
(الف) $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{633 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4.74 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (ب) $n = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{633 \times 10^{-9} \text{ m}}{474 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1.34$ (پ) $V = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.34} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$	۱. طول موج نور قرمز لیزر هلیوم - نئون در هوا حدود ۶۳۳nm است، ولی در زجاجیه چشم ۴۷۴nm است. الف) بسامد این نور چقدر است؟ ب) ضریب شکست زجاجیه برای این نور چقدر است؟ پ) تندی این نور در زجاجیه را محاسبه کنید. ۲۱

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



اگر کسی به طور مایل نگاه

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



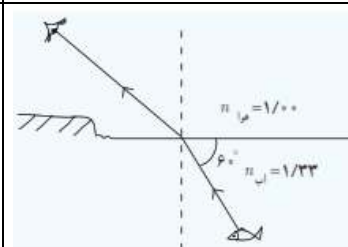
II. سکه‌ای را در گوشه فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی‌آنکه سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری که آب ریختن شما موجب جابه‌جایی سکه نشود. با پرشدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید.



۲۲

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} = \frac{(1.33) \sin 30^\circ}{1} = 0.665$$

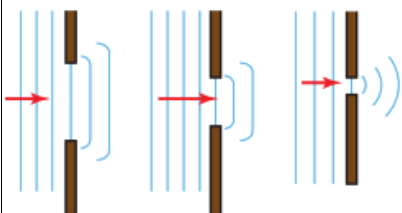
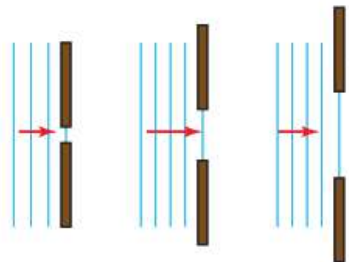
$$\rightarrow \theta_2 = 41.7^\circ$$

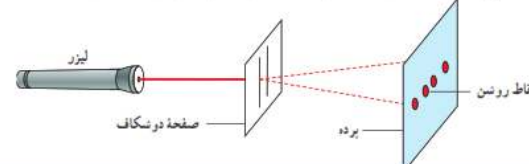
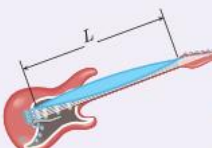


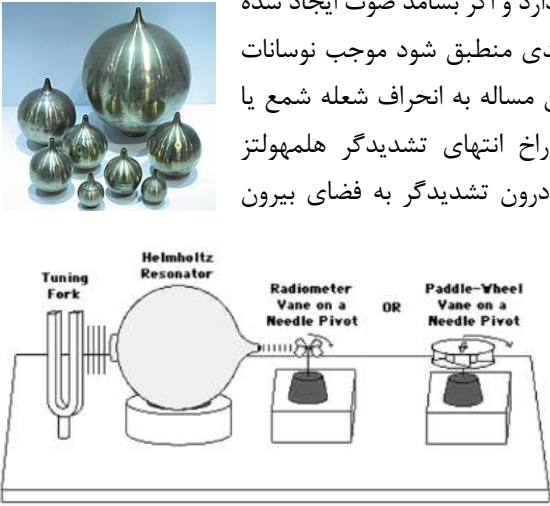
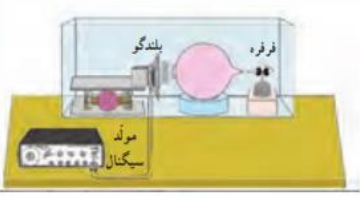
III. مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می‌رسد تحت زاویه 6° به مرز آب - هوا برخورد کرده است. زاویه شکست این پرتو در هوا چقدر است؟

۲۳

شکل (الف) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی می بایست بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا می کرد. شکل (ب) پرتوی قرمز تقریباً در امتداد خط عمود و پرتوی آبی در سمت نادرست (چپ خط عمود) شکسته شده است. شکل (ت) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا کرده است. که گزینه ی درستی است. شکل (پ) پرتوها در سمتی درست شکسته شده اند، ولی پرتوی آبی به خط عمود نزدیک تر شده اند. بنابراین کلیت این شکل نیز نادرست است.	۱۳۳. در شکل های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است در سطح مشترک دو ماده شکست پیدا کرده اند. کدام شکل، شکستی را نشان می دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟
با استفاده از یک منشور به سادگی می توانیم بین این دو نظر، یکی را انتخاب کنیم. اگر نور زرد، ترکیبی باشد در منشور تجزیه می شود و می توانیم نورهای قرمز و سبز را مشاهده کنیم.	۱۳۴. دو دانش آموز به نور زرد نگاه می کنند. یکی از آنها نور زرد را ترکیب دو نور قرمز و سبز و دیگری آن را از یک نوع رنگ می داند. به نظر شما با چه تجربه ای می توان بین این دو نظر، یکی را انتخاب کرد؟

هرگاه اندازه ابعاد مانع در مقایسه با طول موج، بزرگ باشد ناحیه سایه واضحی تشکیل می‌شود و هرچه مانع در مقایسه با طول موج کوچک‌تر باشد اندازه ناحیه سیاه کوچک‌تر می‌شود تا اینکه عملاً سایه ناپدید گردد، بنابراین برای مانعی با ابعاد مشخص، هر چه طول موج تابیده کوچک‌تر باشد عملاً 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.	۳-۴ پراش موج پرسش ۴-۴ 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 «ناحیه سایه» مانع پراشیده شود). سابق بر این، طول موج سیگنال‌های تلویزیونی در حدود ۵۰ cm بود، ولی طول موج سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتالی که امروزه از آنتن‌ها فرستاده می‌شود بسیار کمتر است. آیا این تغییر طول موج، پراش سیگنال‌ها به داخل ناحیه سایه را افزایش می‌دهد یا کاهش؟
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. 	۳-۴ پراش موج ۱۵. در یک تست موج، مطابق شکل زیر، موج تختی ایجاد شده است. توضیح دهید با باریک کردن شکاف‌ها چه شکلی برای جبهه‌های موج خروجی از آنها حاصل می‌شود. 
$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ (m/s)}}{2 \times 10^9 \text{ s}^{-1}} = 0.15 \text{ m}$ این امواج از اجسامی به قطری حدود ۱۵cm یا کوچک‌تر، به خوبی پراشیده می‌شوند.	۱۷. گوشی‌های همراه با امواج رادیویی با بسامد حدود ۲GHz کار می‌کنند. توضیح دهید این امواج تحت چه شرایطی از موانع پراشیده می‌شوند و به منطقه سایه مانع می‌رسند.

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.	۴-۴ تداخل امواج فعالیت ۵-۴ مشاهده نقش تداخلی به کمک نور لیزر: اگر از نور لیزر استفاده کنیم، دیگر نیازی به استفاده از یک شکاف در آزمایش یانگ نیست. با استفاده از یک لیزر مدادی، صفحه 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 تهیه صفحه دو شکاف می‌توانید یک وجه تیغه‌ای شیشه‌ای (مانند لام میکروسکوپ) را با قرار دادن تیغه روی شعله شمع به خوبی دوداندود کنید، سپس با تیغ تیزی دو خط نزدیک به هم (با فاصله چند دهم میلی‌متر از یکدیگر) روی تیغه شیشه‌ای بکشید. 	۲۹
(الف) $f_n = \frac{nv}{2L} \left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{n=1} f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow 164/8 \text{ Hz} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{266 \text{ N}}{5/28 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} \\ v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \end{array} \right.$ (ب) $L = \frac{1}{2 \times 164/8 \text{ (s}^{-1})} \sqrt{\frac{266 \text{ N}}{5/28 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} = 0/68 \text{ m}$ $f'_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F'}{\mu}} \rightarrow f'_1 = \frac{1}{2 \times 0/68 \text{ m}} \sqrt{\frac{209 \text{ N}}{5/28 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} = 158/40 \text{ Hz}$	تمرین ۵-۴ سنگین‌ترین تار یک گیتار الکتریکی دارای چگالی خطی جرمی $5/28 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$ است و تحت کشش 226 N قرار دارد. این تار در هنگام ارتعاش، ثنی با بسامد $164/8 \text{ Hz}$ را ایجاد می‌کند که بسامد اصلی تار است. (الف) طول تار را به دست آورید. (ب) پس از مدتی که یک نوازنده، این گیتار را می‌نوازد، در نتیجه گرم شدن و شل شدن تارها، نیروی کشش تار مورد نظر کاهش می‌یابد و به 209 N می‌رسد. در این حالت بسامد اصلی این تار چقدر شده است؟ 	۳۰
(الف) طبق رابطه $f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F}{mL}}$ 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.	پرسش ۵-۴ (الف) چرا با سفت کردن سیم گیتار، بسامدی که هنگام نواختن می‌شنوید زیاد می‌شود؟ (ب) چرا نوازندگان گیتار پیش از نواختن روی صفحه نمایش، گیتار را به حد کافی می‌نوازند و سپس آن را مجدداً کوک می‌کنند؟	۳۱

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 سیم‌ها را تنظیم می‌کنند تا روی سن کوک بمانند.	
با ریختن آب، فضای هوای داخل ظرف کمتر می‌شود. هرچه فضای هوای داخل کمتر شود، طول موج‌های تشدید کوتاهی‌تر می‌گردند و بنابراین بسامدهای تشدید بیشتر می‌شوند. به عبارتی، بسامدهای تشدید 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.	پرسش ۶-۴ 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 پر شدن ظرف گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه، یکی از آنها با پایین‌ترین بسامد تشدید هوای درون ظرف - بسامد مد اول - منطبق است.)
یک تشدیدگر هلمهولتز بسامدهایی تشدید دارد و اگر بسامد صوت ایجاد شده توسط بلندگو با یکی از این بسامدهای تشدید 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، تشدیدگر هلمهولتز قرار دارد. تشدیدگر یک کره توخالی فلزی یا شیشه‌ای است با یک روزنه عریض در یک طرف و یک روزنه باریک در طرف دیگر، موج فشار از سوی دیاپازون مرتعش بر روی پره‌ای که بر روی یک میله 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. 	فعالیت ۶-۴ یک بلندگو را در برابر دهانه یک تشدیدگر هلمهولتز با بسامدهای تشدید معین قرار دهید و جلوی زائده خروجی آن یک شمع روشن یا یک فرفره کوچک و کم‌اصطکاک بگذارید. بسامد صوت ایجاد شده توسط بلندگو را در نزدیکی بسامد تشدید تشدیدگر آن قدر کم و زیاد کنید تا شعله شمع، منحرف شود و با فرفره شروع به چرخیدن کند. در صورتی که منبع صوتی با بسامد قابل تنظیم ندارد می‌توانید از چند دیاپازون با بسامدهای معلوم و متفاوت، که بسامد یکی از آنها با یکی از بسامدهای تشدید تشدیدگر برابر باشد، استفاده کنید. دلیل آنچه را که مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. 

پرسش ۴-۷

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

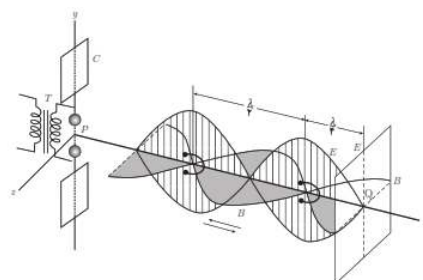


هر یک از این بطری‌ها با سطوح مایع متفاوت، تشدیدگر هلمهولتز هستند و مانند لوله‌های صوتی، بسامدهای تشدید می‌دارند. چون سطح مایع در بطری‌ها متفاوت است، بسامد تشدید متفاوتی نیز دارند. (هرچه سطح مایع درون ظرف‌ها بالاتر و حجم فضای بالای آنها کمتر باشد بسامد تشدید بیشتر است و بالعکس) بنابراین وقتی در دهانه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

فعالیت ۴-۷

تداخل در امواج الکترومغناطیسی (آزمایش هرتز): اگرچه ماکسول بیش 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 گستره 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.

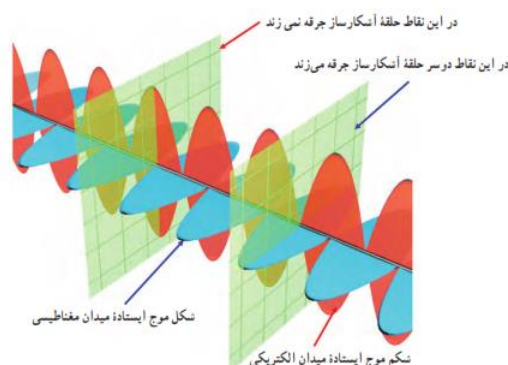
نوسانگر هرتز در شکل الف نشان داده شده است. T ، صفحه‌های فلزی C و C' را باردار می‌کند. این صفحه‌ها از طریق شکاف P تخلیه می‌شوند و بدین ترتیب یک موج الکترومغناطیسی ایجاد می‌شود.



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

در امتداد خط Px راستای میدان الکتریکی موازی محور و راستای میدان مغناطیسی موازی با محور Z است. هرتز برای مشاهده این موج‌ها 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

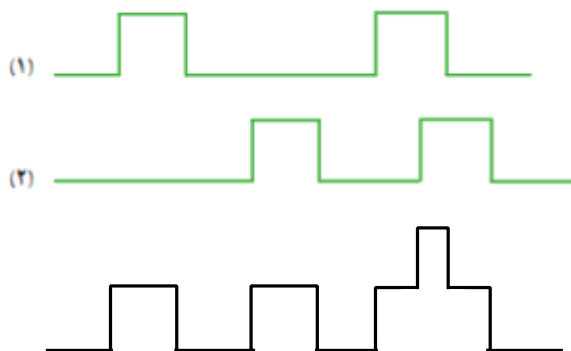
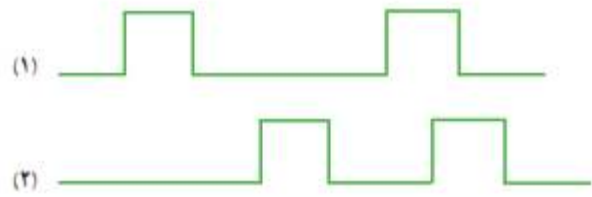
حلقه ایجاد می‌کرد و این موجب جرقه زدن دو سر باز حلقه می‌شد. ولی اگر صفحه حلقه با میدان مغناطیسی موازی می‌بود، هیچ نیروی محرکه الکتریکی‌ای القا نمی‌شد و در نتیجه جرقه‌ای نیز مشاهده نمی‌شد.

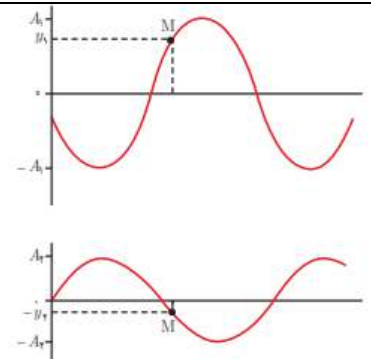
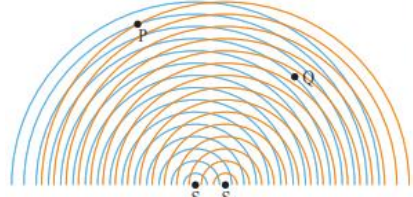


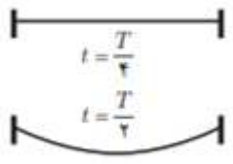
شکل موج ایستاده میدان مغناطیسی

شکل موج ایستاده میدان الکتریکی

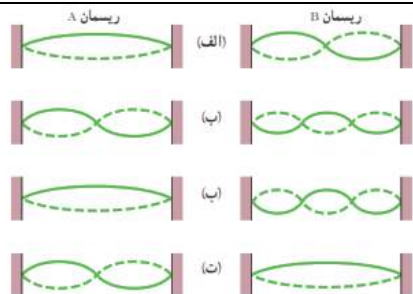
هرتز برای ایجاد امواج الکترومغناطیسی ایستاده از سطحی فلزی به عنوان بازتابنده استفاده کرد که این در شکل الف در نقطه O نشان داده شده است. بنابراین موج الکترومغناطیسی پس از بازتاب از سطح بازتابنده یا برهم‌نهی با موج تابیده، موج‌های ایستاده مغناطیسی و الکتریکی ایجاد می‌کند،

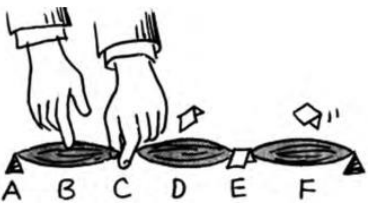
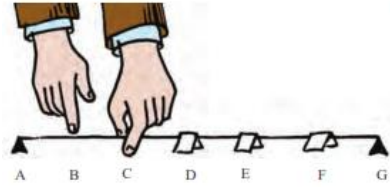
نشان داده می‌شود در حالی که موج‌های میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی در مسیر رفت هم فازند، در مسیر برگشت کاملاً ناهم فازند و بنابراین همان طور که در شکل ب با وضوح بیشتری نشان داده شده است شکم‌های موج ایستاده، میدان مغناطیسی بر گره‌های موج ایستاده میدان الکتریکی منطبق می‌شود و بالعکس، حال اگر حلقه آشکارساز در گره موج ایستاده میدان مغناطیسی قرار گیرد، هیچ نیروی محرکه القایی در آن ایجاد نمی‌شود و در نتیجه جرقه‌ای مشاهده نمی‌گردد. ولی اگر حلقه‌ی آشکار ساز را در محل شکم‌های موج ایستاده مغناطیسی قرار دهیم، شدید ترین جرقه‌ها 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 رابطه $v = \lambda f$، تندی موج الکترومغناطیسی را که برابر با تندی نور می‌شود، به دست آورد. این نخستین مقدار تجربی برای تندی انتشار موج‌های الکترومغناطیسی بود.	
	۴-۴ تداخل امواج ۱۷. در شکل‌های زیر، وقتی موج ۱ بر موج ۲ برهم نهاده شود شکل موج برهم نهاده را رسم کنید. 

جابه‌جایی کل، جمع برداری هر جابه‌جایی مجزا است. چون جابه‌جایی‌های نقطه M در جهت‌های مخالف هم هستند، جمع برداری آنها برابر $y_1 - y_2$ می‌شود که چون $y_1 > y_2$ است، مقداری مثبت است.	۳۷. شکل‌های زیر نمودار جابه‌جایی - مکان دو موج را در لحظه معینی نشان می‌دهد. جابه‌جایی برآیند نقطه M در این لحظه چقدر است؟ 
در نقطه P قله (ستیغ) موج‌ها همدیگر را قطع کرده‌اند و بر هم نهاده شده‌اند و بنابراین تداخل کاملاً 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.	۳۸. دو چشمه 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 دامنه موج برآیند در نقطه‌های P و Q چگونه است؟ 
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 می‌گیریم که این معادل با افزایش بسامد صوت است. ب) برای آنکه نقطه‌های 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.	۳۹. در آزمایش تداخل صوتی (شکل ۴-۳۱ کتاب)، فاصله بین هر نقطه با صدای بالا (L) تا نقطه با صدای ضعیف (S) مجاورش، متناسب با طول موج موج صوتی به کار رفته در این آزمایش است. برای آنکه این آزمایش به‌سادگی انجام پذیر باشد باید فاصله نقطه‌های S و L مجاور نه خیلی زیاد، و نه خیلی کم باشد. الف) بسامد صوت گسیل شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه‌های S و L مجاور به هم نزدیک شوند؟ ب) بسامد صوت گسیل شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه‌های S و L مجاور از هم دور شوند؟

الف) با افزایش طول موج، پهنای نوارها زیاد می شود. پس پهنای نوارها با استفاده از نور تکفام قرمز به جای نور تکفام سبز، افزایش می یابد. ب) طول موج به کار رفته کاهش می یابد که این به معنای کاهش پهنای نوارها است.	۴۰. در آزمایش ینگ، الف) اگر آزمایش را به جای نور تکفام سبز با نور تکفام قرمز انجام دهیم پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می کند؟ ب) اگر آزمایش را به جای آنکه در هوا انجام دهیم، در آب انجام دهیم، پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می کند؟
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 $t = \frac{1}{4f}$، دوره گذشته است و در زمان $t = \frac{1}{2f}$، نصف دوره، پس شکل ها چنین می شوند:  ب) $\frac{\lambda}{2} = 1 \text{ m} \rightarrow \lambda = 2 \text{ m}$ $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{240 \text{ m/s}}{2 \text{ m}} = 120 \text{ Hz}$	۴۱. تار ی که بین دو تکیه گاه محکم شده است در هماهنگ اول خود با بسامد f به نوسان در می آید. شکل زیر جابه جایی تار در $t=0$ را نشان می دهد. الف) جابه جایی تار را در $t = \frac{1}{4f}$ و $t = \frac{1}{2f}$ رسم کنید. ب) فاصله بین تکیه گاه ها $1/0 \text{ m}$ است. اگر تندی موج عرضی در تار 240 m/s باشد، بسامد نوسان تار چقدر می شود؟
الف) $f_n = \frac{nv}{2L} \xrightarrow{n=1} f_1 = \frac{(1)(250 \text{ m/s})}{2(0.15 \text{ m})} \approx 833 \text{ Hz}$ بسامد موج روی تار، همان بسامد موج صوتی است که تولید می شود. ب) f_1 بسامد موج صوتی است و بنابراین برای طول موج صوتی گسیل شده داریم: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{348 \text{ m/s}}{833 \text{ Hz}} \approx 0.418 \text{ m}$	۴۲. تار ویولنی که طول آن $15/0 \text{ cm}$ است و در دو انتها بسته شده است، در $n=1$ خود نوسان می کند. تندی موج عرضی در این تار 250 m/s و تندی صوت در هوا 348 m/s است. الف) بسامد و ب) طول موج امواج صوتی گسیل شده از تار چقدر است؟

الف) دو سر تار بسته است و وقتی در پایین ترین بسامد خود نوسان می‌کند، طول آن دقیقاً نصف طول موج است. $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L} \rightarrow 920 \text{ Hz} = \frac{v}{2(0.22 \text{ m})} \rightarrow v = 40.4 \text{ m/s}$ ب) $v = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow 40.4 \text{ m/s} = \sqrt{\frac{F(22 \times 10^{-2} \text{ m})}{8.0 \times 10^{-6} \text{ kg}}} \rightarrow F \approx 0.596 \text{ N}$ پ) $\lambda = 2L = 2(0.22 \text{ m}) = 0.44 \text{ m}$ 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: $\lambda_a = \frac{v_a}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{920 \text{ s}^{-1}} \approx 0.37 \text{ m} = 37 \text{ cm}$	۴۳. اگر بسامد اصلی یک تار ویولن به جرم $\Delta = mg$ و طول 22 cm برابر 920 Hz باشد، الف) تندی موج عرضی در این تار را به دست آورید. ب) کشش تار چقدر است؟ ب) برای بسامد اصلی، طول موج موج عرضی در تار و طول موج امواج صوتی گسیل شده توسط تار چقدر است؟ تندی صوت در هوا را 340 m/s بگیرید.
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 می‌دهد. ب) چون تار فقط در دو بسامد 880 Hz و 1320 Hz به نوسان در می‌آید، تفاضل آنها برابر بسامد اصلی نوسان تار است. $f_{n+1} - f_n = \frac{(n+1)v}{2L} - \frac{nv}{2L} = \frac{v}{2L}$ $f_{n+1} - f_n = 1320 \text{ Hz} - 880 \text{ Hz} = 440 \text{ Hz}$ پ) $f_{n+1} - f_n = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow 440 \text{ Hz} = \frac{1}{2(0.3 \text{ m})} \sqrt{\frac{F}{0.65 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} \rightarrow F = 45.3 \text{ N}$	۴۴. تار ویولنی به طول 30 cm و جگالی خطی جرمی 0.65 g/m در نزدیکی بلندگویی قرار داده شده است که توسط یک نوسان ساز صوتی با بسامد متغیر به کار می‌افتد. معلوم شده است وقتی بسامد نوسان ساز در گستره $150 \text{ Hz} - 500 \text{ Hz}$ تغییر می‌کند تار فقط هنگامی به نوسان در می‌آید که بسامد آن 880 Hz و 1320 Hz باشد. الف) چه پدیده‌ای سبب به نوسان در آمدن تار شده است؟ ب) بسامد اصلی تار چقدر است؟ ب) کشش تار چقدر است؟

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 رابطه $f_n = nv / 2L$ با توجه به اینکه طول دو ریسمان یکسان است، در می یابیم تنها در شکل (ت) که ریسمان B در هماهنگ اول و ریسمان A در هماهنگ دوم در نوسان است این امکان وجود دارد که ریسمان ها در بسامدهای تشدید یکسانی باشند.	۴۵. ریسمان های 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 د) را نشان می دهد که در آنها نقش های موج ایستاده در دو ریسمان وجود دارند. در کدام وضعیت ها، احتمال دارد که ریسمان های A و B در بسامد تشدید یکسانی نوسان کنند؟ 
تفاضل دو بسامد نوسان متوالی تار برابر با بسامد اصلی نوسان تار است. بنابراین: $f = (390 \text{ Hz} - 325 \text{ Hz}) = 65 \text{ Hz}$ همان بسامد اصلی (پایه) است. پس بسامد هماهنگ بعدی پس از ۱۹۵ Hz برابر با $195 \text{ Hz} + 65 \text{ Hz} = 260 \text{ Hz}$ است.	۴۶. در یک تار دو سر بسته، یکی از بسامدهای تشدیدي ۳۲۵Hz، و بسامد تشدیدي بعدی ۳۹۰Hz است. بسامد تشدیدي پس از ۱۹۵Hz این تار چیست؟
الف) $f_{n+1} - f_n = \frac{v}{2L} = f_1 = (225 \text{ Hz} - 150 \text{ Hz}) = 75 \text{ Hz}$ $f_{n+1} - f_n = \frac{v}{2L} = f_1 = (300 \text{ Hz} - 225 \text{ Hz}) = 75 \text{ Hz}$ $f_{n+1} - f_n = \frac{v}{2L} = f_1 = (375 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz}) = 75 \text{ Hz}$ تفاوت بسامدهای تشدیدي برابر ۷۵ Hz است و چون بسامد کمتر از ۴۰۰ Hz خواسته شده است، پس بسامد مورد نظر همان $150 \text{ Hz} - 75 \text{ Hz} = 75 \text{ Hz}$ 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: $f_v = 7(75 \text{ Hz}) = 525 \text{ Hz}$	۴۷. رشته ای از بسامدهای تشدیدي یک تار با دو انتهای بسته عبارت اند از: ۱۵۰ Hz، ۲۲۵ Hz، ۳۰۰ Hz و ۳۷۵ Hz. در این رشته یک بسامد (کمتر از ۴۰۰ Hz) جا افتاده است. الف) این بسامد کدام است؟ ب) بسامد هماهنگ هفتم چقدر است؟

اگر تار در نقطه 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 نقطه‌های A، C، E و G گره‌ها و نقطه‌های B، D و F شکم‌ها می‌شوند. بنابراین کاغذهای تاشده در نقطه‌های D و F به هوا برمی‌خیزند، در حالی که کاغذ واقع در E، در جای خود ثابت می‌ماند. 	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 نقطه C به آرامی می‌گیریم، طوری که نوسان‌های بخشی از تار که سمت چپ نقطه C است، بتواند به سمت راست این نقطه منتقل شود. اکنون تار را در نقطه B می‌نوازیم. بدین ترتیب موج ایستاده‌ای در طول تار تشکیل می‌شود، به طوری که در نقطه‌های A و C گره و در نقطه B شکم آن قرار دارد. به گمان شما برای کاغذهای تاشده‌ای که در نقاط D، E، F و قرار دارند، چه رخ می‌دهد؟ 
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 بم‌تری (با بسامد کمتری) را می‌شنویم.	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 بم‌تر) یا بیشتر (صدای زیرتر)؟ چرا؟ 
به هنگام دمیدن در یک صدف حلزونی لب‌ها 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 $332/5 \text{ Hz}$ باشد، بسامد نوسان لب نیز باید همین مقدار باشد تا موج صوتی قوی ایجاد شود. 	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؟ 