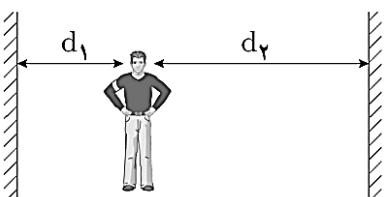


پاسخ مسائل و پرسش‌های فصل چهارم



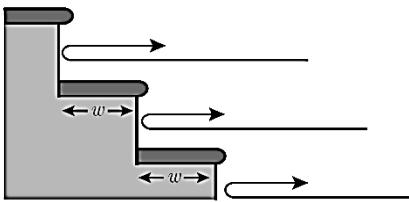
۱. الف) با توجه به شکل پژواک صدای اول مربوط به صخره نزدیک‌تر و زمان دریافت آن $t_1 = 1/5\text{s}$ پس از فریاد زدن و پژواک صدای دوم مربوط به صخره دورتر و زمان دریافت آن $t_2 = 1 + 1/5 = 2/5\text{s}$ پس از فریاد زدن است. چون مسافت پیموده شده در هر پژواک $2d$ است، بنابراین سرعت صوت برابر است با:

$$v = \frac{2d_1}{t_1} = \frac{2 \times 240}{1.5} = 320 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ب) کافی است d_2 را محاسبه و با d جمع کنیم:

$$2d_2 = vt_2 \Rightarrow d_2 = \frac{vt_2}{2} = \frac{320 \times 2.5}{2} = 400\text{m}$$

درنتیجه: $d = d_1 + d_2 = 240\text{m} + 400\text{m} = 640\text{m}$

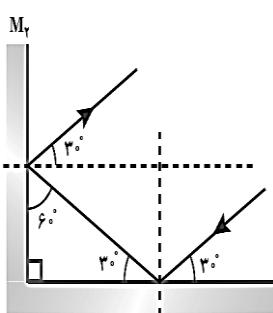


۲. اگر فاصله شما از پلکان به حد کافی زیاد باشد، به طوری که بتوان مانند شکل روبرو مسیر تپ‌های متواالی را تقریباً موازی در نظر گرفت، با برخورد صدا به پله سنگی شخص ۹۲ پژواک با فاصله زمانی به گوش شخص خواهد رسید. اگر فاصله افقی هر پله W باشد بسامد این پژواکها

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{2W}{v}} = \frac{v}{2W}$$

۳. زیرا وقتی که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد بازتاب پخشته صورت می‌گیرد که از تمام جهت‌ها قابل مشاهده است.

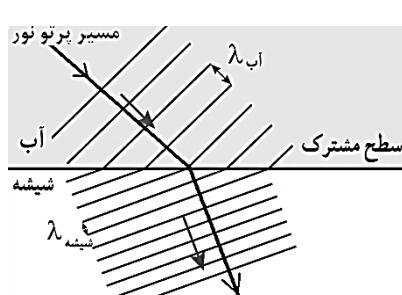
۴. برای پاسخ به دونکته توجه کنید ۱) زاویه تابش با بازتابش برابر است. و ۲) مجموع زاویه‌های یک مثلث ۱۸۰ درجه است. پس داریم:



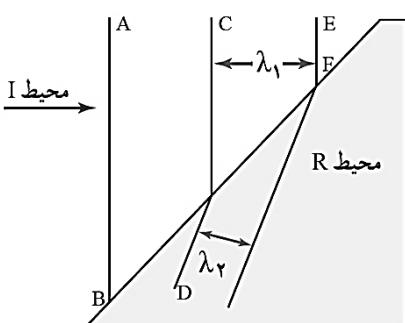
۵. با نزدیک شدن امواج به ساحل، و کاهش عمق آب، جهت انتشار موج تغییر می‌کند زیرا در ناحیه‌ی کم عمق تندي آنها کم می‌شود و در نتیجه جبهه‌های موج به هم نزدیک می‌شود.



۶. گزینه C، شیشه ضریب شکست بزرگ‌تری نسبت به هوا دارد بنابراین پرتوی شکسته شده در شیشه به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود. پرتوی D درست نیست زیرا فقط هنگامی که زاویه تابش صفر درجه (پرتو عمود بر شیشه بتابد) است، زاویه‌ی شکست هم صفر درجه خواهد بود.



۷. ضریب شکست شیشه بیشتر است، پس سرعت نور در آن به نسبت آب کمتر و در نتیجه پرتو شکست می‌یابد. چون بسامد ثابت است طول موج کاهش می‌یابد و فاصله‌ی بین دو جبهه‌ی موج که همان طول موج است کمتر می‌شود. ($\lambda = \frac{v}{f}$)



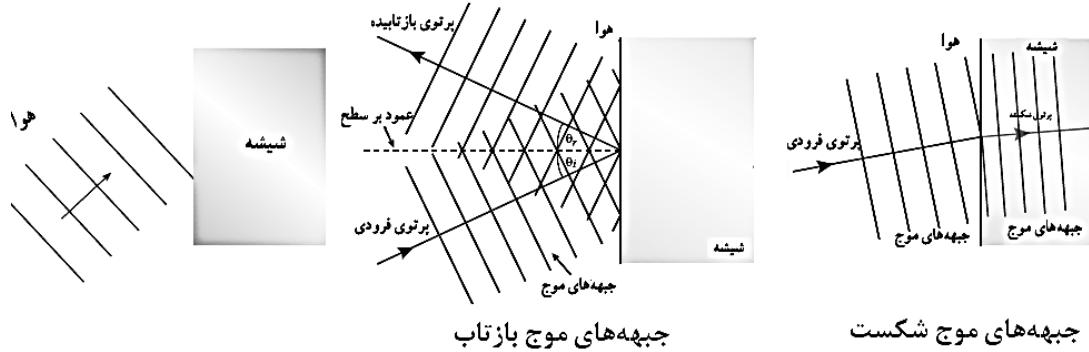
$$f_1 = f_2 \Rightarrow \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

با توجه به شکل: $\lambda_1 > \lambda_2 \Rightarrow v_1 > v_2$

۹. الف) برای موج بازتابیده، بسامد، طول موج و تندي با موج فرودی برابر است و مشخصه‌های موج تغییر نمی‌کند ولی برای موج شکست یافته، بسامد در دو محیط ثابت است ولی طول موج و تندي در محیط با ضریب شکست بیشتر (شیشه) کمتر است.

تندي	طول موج	بسامد	کمیت
ثابت	ثابت	ثابت	موج بازتاب (انعکاس یافته)
کاهش	ثابت		موج شکست

ب) برای رسم شکل‌ها، نخست پرتوی موج را رسم کنید و سپس جبهه‌های موج را به گونه‌ای رسم کنید که این پرتو عمود بر آنها باشد. در مورد جبهه‌های موج بازتابیده، چون در خود محیط بازتابیده می‌شوند، فاصله خطوط تغییر نمی‌کند. برای جبهه‌های موج شکست یافته نیز نخست یک پرتوی شکست یافته را رسم می‌کنیم و سپس جبهه‌های موج مربوط به آن را عمود بر آن رسم می‌کنیم. البته فاصله جبهه‌های موج در شیشه، کمتر است.



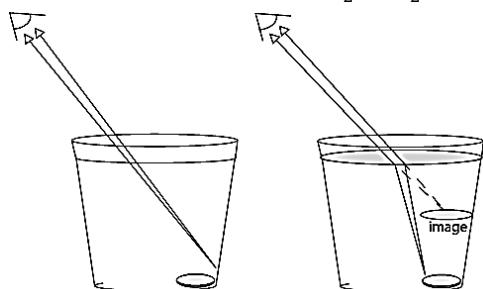
جبهه‌های موج شکست

۱۰. الف) بسامد برابر $f = \frac{v}{\lambda}$ است که در آن $v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ تندي نور است. در نتیجه:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{633 \times 10^{-9}} \approx 4.9 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ب) از رابطی $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{633 \times 10^{-9}}{474 \times 10^{-9}} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow n_2 = 1.335$ استفاده می‌کنیم: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$

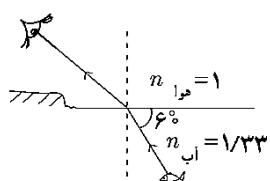
پ) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{c}{v} = \frac{633 \times 10^{-9}}{474 \times 10^{-9}}$ یا میتوانیم از رابطه $v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.335} = 2.247 \times 10^8 \text{ m/s}$ استفاده کنیم



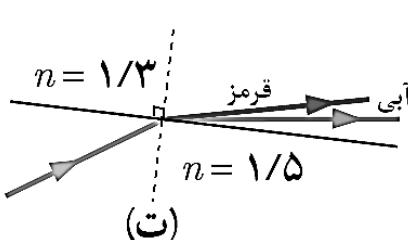
تمرینات

۱۱. وقتی در فنجان آب بریزیم، به دلیل شکسته شدن پرتوها و ورود آنها از محیطی با ضریب شکست بیشتر (آب) به محیطی با ضریب شکست کمتر (هوای)، آنها در محل خروج از سطح آب، از خط عمود دور می‌شوند و این طور به نظرمی‌رسد که امتداد آنها در نقطه‌ای بالاتر از کف فنجان همدیگر را قطع می‌کنند. در این حالت سکه دیده می‌شود.

۱۲. پرتو از داخل آب به چشم می‌رسد پس محیط اول آب و محیط دوم هوای تابش برابر ۳۰ درجه است. با استفاده از قانون اسنل داریم:



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1.33 \times \sin 30 = 1 \times \sin \theta_2 \\ \Rightarrow \sin \theta_2 = 0.665 \Rightarrow \theta_2 \approx 42^\circ$$

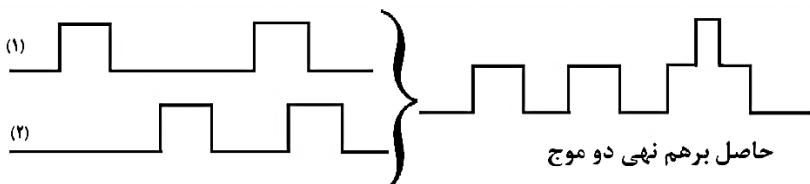


۱۳. با رسم خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در نقطه‌ای که پرتو به سطح جدایی دو محیط برخورد می‌کند: ۱) باید پرتو در سمت صحیح شکست یابد. ۲) اگر نور از محیط با ضریب شکست بیشتر به محیط با ضریب شکست کمتر برود، پرتو نور از خط عمود دور می‌شود. (و بر عکس) ۳) علاوه بر این ضریب شکست وابسته به طول موج است. هرچه طول موج نور بیشتر باشد ضریب شکست آن کمتر است بنابراین نور آبی با طول موج کوچکتر از قرمز، انحراف بیشتری از نور قرمز دارد. با در نظر گرفتن این نکته‌ها گزینه‌ی (ت) در است.

۱۴. با استفاده از منشور 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. ولی اگر نور زرد خالص باشد، در منشور تجزیه نخواهد شد.
۱۵. با باریک کردن پهنهای 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 پهنهای شکاف در حدود طول موج باشد موج‌های تخت به صورت امواج نیم دایره‌ای گسترده می‌شوند.

۱۶. نخست طول موج این امواج را محاسبه می‌کنیم: $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^9} = 0.15m$ این امواج از اجسامی به قطری حدود $15m/10$ یا کوچکتر، به خوبی پراشیده می‌شوند.

۱۷. با برهم نهی این دو موج، شکلی مانند زیر حاصل می‌شود:



۱۸. جایه‌جایی کل، جمع برداری هر جایه‌جایی مجزا است. چون جایه‌جایی‌های نقطه M در جهت‌های مخالف هم هستند، جمع برداری آنها برابر $y_1 - y_2$ می‌شود که چون $y_2 > y_1$ است، مقداری مثبت است.

۱۹. در نقطه P (قله (ستیغ) موج‌ها همدیگر را قطع کرده‌اند و برهم نهاده شده‌اند و بنابراین تداخل کاملاً سازنده و دامنه موج برایند بیشینه است. اما در نقطه Q (قله (ستیغ) یک موج با درجه (پادستیغ) موج دیگر تلاقی کرده است (توجه کنید که Q بر یک منحنی آبی و در میان دو منحنی قرمز است) و بنابراین همدیگر را تضعیف می‌کنند یا تداخل ویرانگر است و دامنه کمینه است.

۲۰. (الف) فاصله نقطه‌های L و S متناسب با طول موج به کار رفته است، بنابراین برای آنکه نقطه‌های L و S 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 L و S 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.

۲۱. (الف) پهنهای نوارهای تداخلی در آزمایش یانگ متناسب با طول موج به کار رفته است. بنابراین با افزایش طول موج، پهنهای نوارها زیاد می‌شود. پس پهنهای نوارها با استفاده از نور تکفam قرمز به جای نور تکفam سبز، افزایش می‌یابد.

- (ب) چون پهنهای نوارهای تداخلی با طول موج به کار رفته متناسب است، با توجه به اینکه در حضور آب طول موج به λ/n تغییر پیدا می‌کند و کم می‌شود، بنابراین طول موج به کار رفته کاهش می‌یابد که این به معنای کاهش پهنهای نوارها است.

۲۲. (الف) چون دوره تناوب برابر با عکس بسامد است ($T = 1/f$) بنابراین:
- $$t = \frac{T}{4}$$
- $$t = \frac{T}{2}$$
- $$L = \frac{\lambda}{2}$$

$$t = \frac{1}{2f} = \frac{1}{2}T \quad t = \frac{1}{4f} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{f} = \frac{1}{4}T$$

(ب) با توجه به شکل: $L = \lambda/2 = 1m$ پس $\lambda = 2m$ درنتیجه:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{240}{2} = 120Hz$$

$$f_1 = \frac{v}{2L} = \frac{250}{2 \times 0.15} = 833.3Hz$$

(الف) با استفاده از رابطه $f_n = nv/2L$ برای مرد $n=1$ داریم: $f_n = \frac{nv}{2L}$

توجه کنید که بسامد موج روی تار همان بسامد موج صوتی است که تولید می‌شود.

$$\lambda = \frac{v}{f_1} = \frac{348}{833.3} \approx 0.418m$$

$$f_n = \frac{nv}{2L} \Rightarrow 920 = \frac{1 \times v}{2 \times 0.22} \Rightarrow v = 404.8 \frac{m}{s}$$

(ب) با استفاده از رابطه تندی موج در طول تار داریم: (دقت کنید جرم باید تبدیل به کیلوگرم شود.)

$$v = \sqrt{\frac{FL}{m}} \Rightarrow v^2 = \frac{FL}{m} \Rightarrow F = \frac{v^2 m}{L} = \frac{404.8^2 \times 800 \times 10^{-6}}{22 \times 10^{-2}} \approx 596N$$

$$L = \frac{n\lambda}{2} \Rightarrow 0.22 = \frac{1 \times \lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 0.44m$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{920} \approx 0.37m$$

(پ) طول موج موج عرضی در تار برابر است با:

و طول موج امواج صوتی گسیل شده توسط تار برابر است با:

۲۵. الف) تشدید باعث به نوسان در آمدن تار می‌شود. اگر بسامد مولّد نوسان با بسامدهای ارتعاش تار منطبق شود، تار به تشدید درمی‌آید و در غیر این صورت، موج ایستاده بارزی ایجاد نمی‌شود.

ب) تار فقط در دو بسامد 880 Hz و 1320 Hz به نوسان در می‌آید، تفاضل تفاضل این دو بسامد برابر بسامد اصلی نوسان تار است. یعنی:

$$\Delta f = f_{n+1} - f_n = \frac{(n+1)v}{2L} - \frac{nv}{2L} = \frac{v}{2L} = f_1$$

$$f_n = \frac{nv}{2L} \Rightarrow f_1 = \frac{v}{2L} \Rightarrow 1320 - 880 = \frac{v}{2 \times 0.3} \Rightarrow v = 264 \frac{m}{s}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow v^2 = \frac{F}{\mu} \Rightarrow F = v^2 \mu = 264^2 \times 0.65 \times 10^{-3} = 45.3N$$

۲۶. طبق صورت مسئله داریم: $F_A < F_B$ ، $\mu_A = \mu_B$ و $L_A = L_B$. برای تشدید باید بسامد هر دو ریسمان یکسان باشد، پس:

$$f_A = f_B \Rightarrow \frac{n_A v_A}{2L_A} = \frac{n_B v_B}{2L_B} \Rightarrow \frac{n_A}{2L_A} \sqrt{\frac{F_A}{\mu_A}} = \frac{n_B}{2L_B} \sqrt{\frac{F_B}{\mu_B}}$$

با حذف مقادیر یکسان در دو طرف معادله به رابطه‌ی زیر می‌رسیم:

$$n_A \sqrt{F_A} = n_B \sqrt{F_B}$$

چون $F_A < F_B$ برای درست بودن رابطه‌ی بالا باید $n_A > n_B$ باشد، یعنی شماره هماهنگ ریسمان A بیشتر از B باشد که این شرط فقط در گزینه‌ی ت وجود دارد.

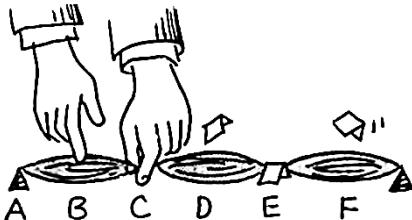
۲۷. با توجه به مسئله ۲۵ تفاضل دو بسامد نوسان متواالی تار برابر با بسامد اصلی نوسان تار است. بنابراین، $\Delta f = f_1 - f_2 = 65 \text{ Hz}$ پس $f_1 = 390 \text{ Hz}$ از طرفی می‌دانیم: $f_{n+1} = f_n + f_1 = 195 + 65 = 260 \text{ Hz}$ برابر است با: علاوه براین $f_1 = 65 \text{ Hz}$ برابر است با:

$$f_1 = nf_1 \Rightarrow 195 = n \times 65 \Rightarrow n = 3$$

۲۸. الف) تفاضل دو بسامد نوسان متواالی تار برابر با بسامد اصلی نوسان تار است. پس: $f_1 = 225 \text{ Hz}$ و $f_2 = 150 \text{ Hz}$ و چون بسامد کمتر از 400 Hz خواسته شده است و اختلاف بسامدهای متواالی 75 Hz است، پس بسامد مورد نظر همان 75 Hz است.

ب) بسامد هماهنگ هفتم برابر است با: $f_7 = 7 \times 75 = 525 \text{ Hz}$

۲۹. در انجام این تجربه، تا آنجا که ممکن است باید تار 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 روی تار ثابت باشند و نقطه‌های B، D و F شکم‌ها می‌شوند.



۳۰. بهم تر، زیرا در هنگام خالی شدن گالن، طول لوله‌ی صوتی متشکل از گالن افزایش یافته و بسامد لوله که با طول ستون هوا نسبت معکوس دارد کاهش یافته و بنابراین موقع خالی شدن گالن، مدام صداهای بهم تر و بهم تری (با بسامد کمتری) را می‌شنویم.

۳۱. با دمیدن صدف حلزونی، لب‌ها به نوسان درمی‌آیند و اگر این کار با دقت صورت بگیرد، لب‌ها در بسامدهای مختلفی به نوسان در می‌آیند. اگر برخی از این امواج با یکی از بسامدهای تشدید صدف منطبق شوند، در این صورت یک موج صوتی قوی را ایجاد می‌کنند. بنابراین نوسان‌های لب در آن بسامد باعث تشدید در درون صدف درهمان بسامد می‌شود.