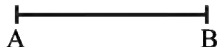




آموزشی

۱- از نقطه‌ی B موجی با بسامد ν و دامنه‌ی A به سمت نقطه‌ی A انتشار می‌یابد. برای از بین بردن اثر این موج به صورتی که هیچ موجی به نقطه‌ی A نرسد، باید از نقطه‌ی A به سمت B موجی با منتشر کرد.



(۱) بسامد ν (۲) دامنه A

(۳) بسامد ν و دامنه‌ی A (۴) چنین کاری غیر ممکن است.

۲- دو حرکت نوسانی هم‌امتداد و هم‌دوره، اولی با دامنه‌ی ۴cm و دومی با دامنه‌ی ۶cm با اختلاف فاز π به یک نقطه از یک محیط ارتعاش می‌رسند. دامنه‌ی حرکت ارتعاشی ترکیب این دو حرکت در این نقطه چند سانتی‌متر است؟

(سراسری ریاضی-۷۱)

(۱) ۲ (۲) ۴/۲۶ (۳) ۷/۲۰ (۴) ۱۰

۳- دو حرکت هم‌راستا و هم‌دوره با دامنه‌های r_1 و r_2 در فاز متقابل به یک نقطه می‌رسند. دامنه‌ی نوسان حاصل از برآیند آن‌ها در نقطه‌ی مذکور کدام است؟

(سراسری ریاضی-۷۵)

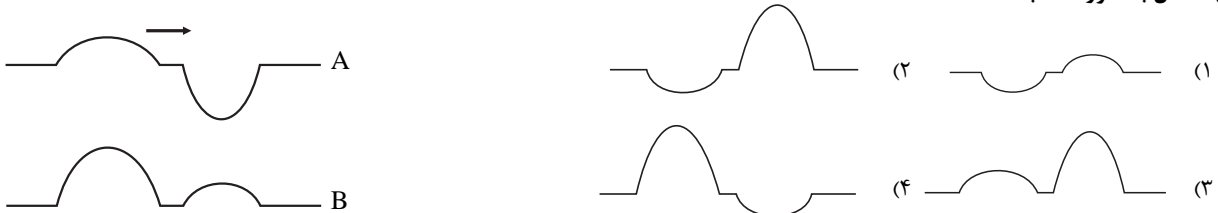
(۱) $\frac{1}{2}(r_1 + r_2)$ (۲) $\frac{1}{3}|r_2 - r_1|$ (۳) $|r_2 - r_1|$ (۴) $|r_2 + r_1|$

تمرینی

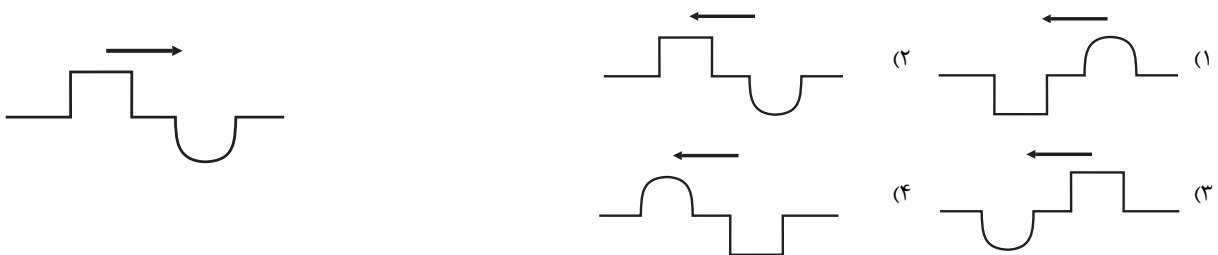
۴- بر هم کنش دو موج با طول موج و دامنه‌های یکسان را در نظر می‌گیریم. اگر بسامد هر موج ν باشد، بسامد موج برآیند عبارت است از:

(۱) $\frac{\nu}{2}$ (۲) ν (۳) 2ν (۴) 4ν

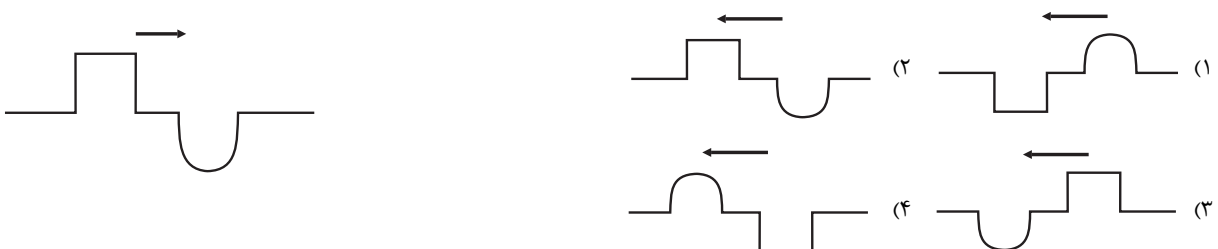
۵- موج A در طول طناب از چپ به راست منتشر می‌شود کدام موج را از راست به چپ در طناب منتشر کنیم تا در لحظه‌ی بر هم نهی کامل، موج حاصل به صورت B باشد؟



۶- کدام یک از موج‌های زیر هنگامی که با موج روبرو بر هم نهی می‌کنند، در تمام مدت یک نقطه از محیط همواره ثابت می‌ماند؟



۷- کدام یک از موج‌های زیر هنگامی که با موج روبرو بر هم نهی می‌کنند، در یک لحظه تمام طناب به صورت یک خط راست دیده می‌شود؟





آموزشی

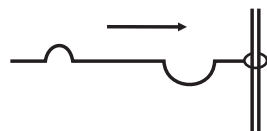
۸- اختلاف فاز نوسانی بین موج فرودی و بازتابیده در انتهای بسته و باز (به ترتیب از راست به چپ) برابر کدام‌اند؟

(سراسری ریاضی - ۸۲) π و صفر (۴)

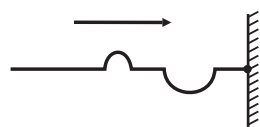
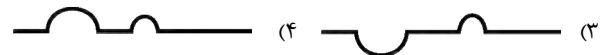
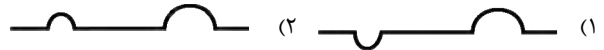
(۳) صفر و صفر

(۲) صفر و π

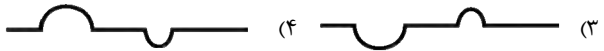
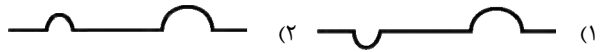
(۱) π, π



۹- موجی به شکل مقابل در طنابی با انتهای باز منتشر می‌شود موج بازتاب شده به کدام صورت است؟

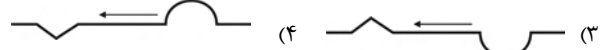
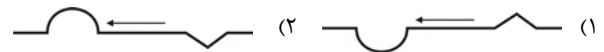
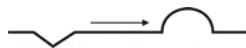


۱۰- موجی به شکل مقابل در طنابی با انتهای بسته منتشر می‌شود و بازتاب می‌شود. موج بازتاب به کدام صورت است؟



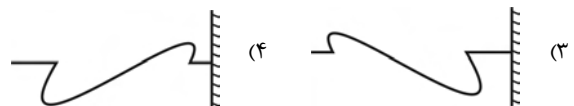
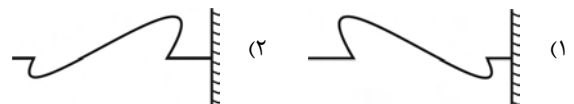
(سراسری تجربی - ۶۹)

۱۱- موجی مطابق شکل به مانع سختی برخورد کرده و منعکس می‌شود. موج بازتابیده کدام است؟



۱۲- موجی مطابق شکل در یک طناب که انتهایش به دیوار بسته شده تولید شده است. کدام گزینه موج برگشتی از دیوار را نشان می‌دهد؟

(سراسری تجربی - ۶۹)



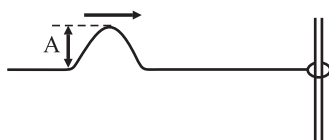
۱۳- یک انبساط از سر بسته‌ی فنری باز می‌تابد که عبارت است از:

(۴) انقباض

(۳) انبساط

(۲) شکم

(۱) گره



۱۴- هنگامی که موجی مطابق شکل با دامنه‌ی A به انتهای باز طنابی می‌رسد و بر می‌گردد، مسافت طی شده‌ی انتهای آزاد طناب کدام است؟

(۲) A

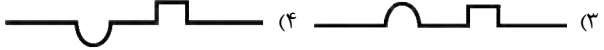
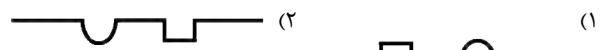
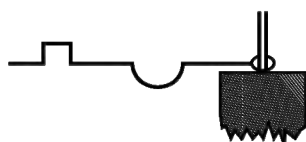
(۱) صفر

(۴) ۴A

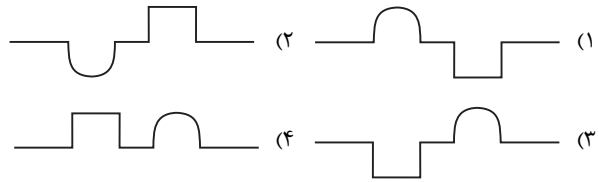
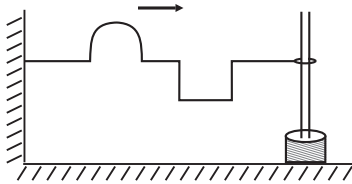
(۳) ۲A

تجزیه و تحلیل

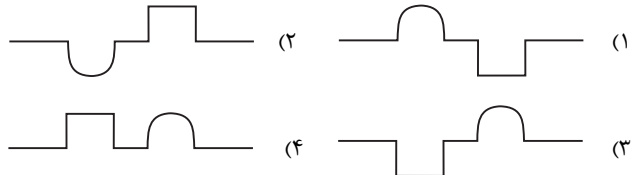
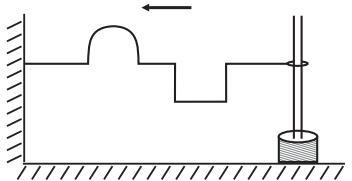
۱۵- مطابق شکل انتهای یک طناب به حلقه‌ی سبکی متصل است که در یک میله آزادانه نوسان می‌کند ولی قسمت پایین‌تر از راستای طناب جسمی سخت قرار دارد و حلقه نمی‌تواند پائین‌تر از راستای طناب برود. در این صورت شکل بازتاب موج به صورت کدام گزینه خواهد بود؟



۱۶- مطابق شکل موجی در طنابی که یک انتهای آن بسته و یک انتهای آن باز است منتشر می‌شود. شکل موج هنگامی که ابتدا از انتهای باز و سپس از انتهای بسته بازتاب شود کدام است؟



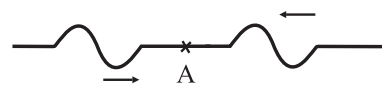
۱۷- مطابق شکل موجی ابتدا از مانع سخت و سپس از مانع نرم بازتاب می‌شود. شکل موج به صورت کدام گزینه خواهد بود؟



موج ایستاده

آموزشی

۱۸- دو موج با شرایط کاملاً یکسان با دامنه‌ی A مطابق شکل به سمت هم حرکت می‌کنند تا در نقطه‌ی A به یکدیگر برسند. در این صورت نقطه‌ی A



- (۱) با دامنه‌ی ۲A نوسان می‌کند. (۲) با دامنه‌ی A نوسان می‌کند.
 (۳) با دامنه‌ی $\frac{A}{2}$ نوسان می‌کند. (۴) نوسان نمی‌کند.

۱۹- موج ایستاده تشکیل می‌شود.

- (۱) فقط در جامدها (۲) فقط در مایع‌ها (۳) فقط در گازها (۴) در هر سه محیط

۲۰- دو موج کاملاً یکسان با دامنه‌ی ۸ cm و طول موج ۲ cm که در خلاف جهت یکدیگر منتشر می‌شوند با هم برهم‌نهی کرده و تشکیل یک موج ایستاده می‌دهند. فاصله‌ی یک گره تا شکم مجاور برابر است با:

- (۱) ۴ cm (۲) ۲ cm (۳) ۱ cm (۴) ۵ cm

۲۱- در موج‌های ساکن لازم برای انتشار موج از یک گره تا نزدیک‌ترین چند برابر دوره است؟

- (۱) $\frac{1}{8}$ (۲) $\frac{1}{4}$ (۳) $\frac{1}{2}$ (۴) ۱

۲۲- روی یک طناب امواج ساکن تشکیل شده است. کدام گزینه درباره‌ی نوسان نقطه‌ی معینی از طناب درست است؟

- (۱) بسامدش متغیر است. (۲) فازش ثابت است. (۳) دامنه‌اش متغیر است. (۴) دامنه‌اش ثابت است.

۲۳- در طنابی که در آن موج ساکن ایجاد شده است، نقطه‌های واقع در بین دو گره متوالی:

- (۱) هم‌دامنه نبوده ولی هم‌فازند. (۲) هم‌فاز نبوده ولی هم‌دامنه اند. (۳) هم‌دامنه و هم‌فازند. (۴) نه هم‌دامنه و نه هم‌فازند.

۲۴- در موج ایستاده نوسان همه‌ی نقاط با هم برابر است.

- (۱) بسامد (۲) دامنه (۳) فاز (۴) بسامد، دامنه، فاز

۲۵- در موج‌های ساکن، فاصله‌ی سومین شکم تا مانع سخت برابر است با:

- (۱) $\frac{3}{4}\lambda$ (۲) $\frac{5}{4}\lambda$ (۳) $\frac{3}{2}\lambda$ (۴) $\frac{5}{2}\lambda$

۲۶- موجی با طول موج ۲۰ cm در طنابی به طول ۱ m که دو انتهای آن محکم شده‌اند انتشار می‌یابد. در این صورت در طول طناب شاهد گره هستیم.

- (۱) ۵ گره (۲) ۹ گره (۳) ۱۰ گره (۴) ۱۱ گره

۲۷- موجی با طول موج ۳۰cm در طنابی به طول ۱m که دو انتهای آن محکم شده‌اند انتشار می‌یابد. در این صورت در طول طناب

-
- (۱) شاهد ۶ شکم هستیم. (۲) شاهد ۷ شکم هستیم.
 (۳) شاهد ۷ گره هستیم. (۴) موج ایستاده تشکیل نمی‌شود.
 ۲۸- در طنابی به طول ۱m که یک سر آن آزاد است، موجی به طول موج ۸۰cm انتشار می‌یابد. در این صورت در طول طناب
 (۱) شاهد ۲ گره هستیم. (۲) شاهد ۳ شکم هستیم.
 (۳) شاهد ۴ گره هستیم. (۴) موج ایستاده تشکیل نمی‌شود.

۲۹- سرعت انتشار موج در یک طناب کشیده $200 \frac{m}{s}$ است. موجی با بسامد $\nu = 200 \text{ Hz}$ در آن منتشر شده و در انتهای آن بازتاب می‌کند، فاصله‌ی یک گره از شکم پهلویی چند سانتی‌متر است؟
 (سراسری ریاضی - ۷۷)

- (۱) ۱۲/۵ (۲) ۲۵ (۳) ۵۰ (۴) ۱۰۰

۳۰- اگر بسامد صوت حاصل از تار مرتعش به طول ۱ متر برابر ۴۰۰ هرتز و سرعت انتشار ارتعاش‌های عرضی در طول تار ۲۰۰ متر بر ثانیه باشد، در طول تار چند گره وجود دارد؟
 (آزاد پزشکی - ۶۷)

- (۱) ۵ (۲) ۴ (۳) ۳ (۴) ۲

۳۱- در طنابی به طول ۴۵cm که دو انتهای آن باز است، موجی به طول موج $\lambda = 3 \text{ cm}$ منتشر می‌کنیم. پس از تشکیل موج ایستاده در طول طناب به ترتیب چند شکم و چند گره خواهیم داشت؟

- (۱) ۳ و ۴ (۲) ۳ و ۳ (۳) ۴ و ۴ (۴) ۳ و ۳

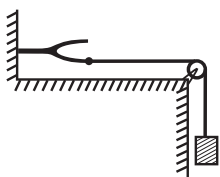
۳۲- تار مرتعشی به طول یک متر ۲ گرم جرم دارد، این تار با نیروی ۲۰ نیوتن کشیده می‌شود. اگر در طول تار فقط یک شکم تولید شود، بسامد تار چند هرتز است؟
 (سراسری تئوری - ۷۳ / آزاد ریاضی - ۸۳)

- (۱) ۱۰۰ (۲) ۵۰ (۳) ۱۰ (۴) ۵

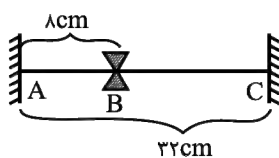
۳۳- سیمی است به طول یک متر و جرم ۰/۲۵ گرم که با نیروی کشش 0.625 N به ارتعاش درآمده اگر بسامد صوت حاصل 50 Hz باشد. در طول آن چند شکم تشکیل می‌شود؟
 (آزاد ریاضی - ۸۳ / آزاد تئوری - ۸۳)

- (۱) ۲ (۲) ۱ (۳) ۳ (۴) ۴

۳۴- مطابق شکل وزنه‌ای را به گونه‌ای به طناب می‌بندیم که نوسان دیاپازون باعث ایجاد موج ایستاده در طول طناب شود. با افزایش تدریجی جرم وزنه به حالتی می‌رسیم که دوباره در طول طناب موج ایستاده تشکیل شود. در این صورت تعداد گره‌های تشکیل شده در طول طناب نسبت به حالت قبل
 (۱) بیشتر می‌شود. (۲) کمتر می‌شود.
 (۳) تغییر نمی‌کند. (۴) هر سه حالت ممکن است.



۳۵- میله‌ی نازکی با دو انتهای بسته مانند شکل در نقطه‌ی B در یک گیره محکم شده است. اگر سرعت انتشار موج در میله $4000 \frac{m}{s}$ باشد، کمترین بسامدی که در میله، موج ایستاده ایجاد می‌کند عبارت است از:



- (۱) $2/5 \times 10^2$ (۲) $2/5 \times 10^4$
 (۳) $2/5 \times 10^5$ (۴) $2/5 \times 10^6$

۳۶- هنگامی که در یک تار مرتعش دو شکم به وجود می‌آید. آنگاه

- (۱) صوت اصلی نواخته می‌شود. (۲) هماهنگ اول نواخته می‌شود.
 (۳) هماهنگ دوم نواخته می‌شود. (۴) هماهنگ سوم نواخته می‌شود.

۳۷- در تازی که دو انتهای آن بسته است، بسامد اصلی $\nu = 2 \text{ Hz}$ است. در این صورت هماهنگ هفتم این سیم کدام است؟

- (۱) ۳۵Hz (۲) ۷۰Hz (۳) ۱۰۵Hz (۴) ۱۴۰Hz

۳۸- در تازی به طول ۹۰cm، که دو انتهای آن بسته است طول موج هماهنگ سوم کدام است؟

- (۱) ۱۵cm (۲) ۳۰cm (۳) ۶۰cm (۴) ۱۲۰cm

۳۹- در طنابی به طول ۱m، که یک انتهای آن باز است، طول موج هماهنگ پنجم کدام است؟

- (۱) ۲۰cm (۲) ۲۵cm (۳) ۸۰cm (۴) ۴۰cm

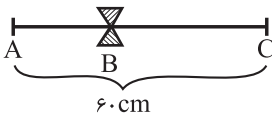
۴۰- در طنابی به طول ۱m که یک انتهای آن باز است، طول موج هماهنگ چهارم کدام است؟

- (۱) ۵۰cm (۲) ۲۵cm (۳) ۲m (۴) هیچ کدام

۴۱- در طنابی که یک انتهای آن باز است، طول موج اصلی $\lambda = 2 \text{ m}$ می‌باشد. در این صورت طول طناب چند متر است؟

- (۱) ۵ m (۲) ۱۰ m (۳) ۲۰ m (۴) ۴۰ m

۴۲- گیره‌ی B را در چند سانتی‌متری نقطه A قرار دهیم تا بسامد سوم میله نواخته شود؟ (دو انتهای A و C بسته هستند)



- (۱) ۱۵cm
(۲) ۴۰cm
(۳) ۲۵cm
(۴) ۴۵cm

۴۳- طول موج هماهنگ پنجم طنابی برابر $\lambda_5 = 40\text{cm}$ است. طول طناب در حالت‌های (دو سر بسته - یک سر بسته - دو سر باز) به ترتیب چند متر است؟

- (۱) ۱، ۱ و ۱ (۲) ۱/۵، ۱ و ۱/۵ (۳) ۱، ۱/۵ و ۱/۵ (۴) ۱، ۱/۵ و ۱

۴۴- هماهنگ پنجم در طنابی تشکیل شده است. تعداد گره‌ها در حالت‌های (دو سر بسته - یک سر بسته - دو سر باز) به ترتیب چند است؟

- (۱) ۵ و ۳ (۲) ۵، ۳ و ۵ (۳) ۴، ۵ و ۶ (۴) ۴، ۶ و ۶

۴۵- در تار ی به طول ۶۰cm بسامد صوت اصلی ۴۰۰Hz می‌باشد. طول موج صوت اصلی کدام است؟

- (۱) ۳۰cm (۲) ۶۰cm (۳) ۹۰cm (۴) ۱۲۰cm

۴۶- طول یکی از سیم‌های یک ساز موسیقی ۴۵cm است و روی بسامد ۵۰۰ هرتز کوک شده است. طول موج هماهنگ سوم این نت در سیم چند سانتی‌متر است؟ (سراسری ریاضی - ۷۳)

- (۱) ۲۰ (۲) ۳۰ (۳) ۶۰ (۴) ۲۲

۴۷- در طنابی به طول ۵m که یک انتهای آن باز است، سرعت انتشار موج 160m/s می‌باشد. در این صورت بسامد اصلی طناب چند Hz است؟

- (۱) ۴ (۲) ۸ (۳) ۱۶ (۴) ۳۲

۴۸- در تار ی به طول ۸۰cm، سرعت انتشار موج برابر 320m/s می‌باشد. در این صورت بسامد اصلی نوسان عبارت است از:

- (۱) ۲۰۰Hz (۲) ۱۵۰Hz (۳) ۱۰۰Hz (۴) ۵۰Hz

۴۹- در تار ی به طول ۶۰cm بسامد صوت اصلی برابر ۴۰۰Hz می‌باشد. سرعت انتشار موج در طول تار چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۱۲۰ (۲) ۲۴۰ (۳) ۳۶۰ (۴) ۴۸۰

۵۰- در تار ی به طول ۵۰cm که دو انتهای آن بسته است، سرعت انتشار موج برابر 300m/s است، بسامد هماهنگ سوم آن چند Hz است؟

- (۱) ۳۰۰ (۲) ۴۵۰ (۳) ۶۰۰ (۴) ۹۰۰

۵۱- در طول تار مرتعشی ۵ گره موجود است. اگر بسامد صوتش در این حالت ۸۰۰ هرتز باشد، بسامد صوت اصلی آن چند هرتز است؟ (سراسری تهرپی - ۷۹)

- (۱) ۱۰۰ (۲) ۲۰۰ (۳) ۸۰ (۴) ۲۵۰

۵۲- تار مرتعشی صوتی با بسامد ۷۵۰ هرتز تولید می‌کند. اگر در طول تار ۵ گره موجود و سرعت انتشار موج در تار 30m/s باشد، طول تار چند سانتی‌متر است؟ (آزاد ریاضی - ۸۱)

- (۱) ۴ (۲) ۵ (۳) ۸ (۴) ۱۰

۵۳- دو هماهنگ متوالی یک تار مرتعش دارای بسامد ۲۰۰ و ۲۵۰ هرتز است، بسامد صوت اصلی این تار چقدر است؟ (سراسری ریاضی - ۸۲)

- (۱) ۵۰ هرتز (۲) ۲۰۰ هرتز (۳) ۲۰ هرتز (۴) ۱۰۰ هرتز

۵۴- بسامد صوت اصلی تار مرتعشی به طول یک متر ۵۰ هرتز است. اگر نیروی کشش این تار ۲۰ نیوتن باشد، جرم آن چند گرم است؟ (سراسری ریاضی - ۷۶)

- (۱) ۰/۲ (۲) ۰/۴ (۳) ۲ (۴) ۴

۵۵- تار مرتعشی به طول یک متر، صوتی به بسامد ۳۰۰Hz تولید می‌کند. اگر نیروی کشش تار ۱۰۰N و در طول آن ۴ گره وجود داشته باشد، جرم تار چند گرم است؟ (سراسری ریاضی - ۶۸)

- (۱) ۱/۵ (۲) ۲/۵ (۳) ۳ (۴) ۵

۵۶- طول تار مرتعشی را سه برابر می‌کنیم. با نیروی کشش ثابت، بسامد صوت اصلی چند برابر می‌شود؟ (سراسری تهرپی - ۷۳)

- (۱) ۹ (۲) ۳ (۳) ۱/۹ (۴) ۱/۳

۵۷- بسامد صوت اصلی یک تار مرتعش با نیروی F، برابر ۷ است. سیم را می‌کشیم تا طولش ۴ برابر شود، بسامد اصلی آن با همان نیرو چند برابر ۷ است؟ (سراسری تهرپی - ۶۹)

- (۱) ۱/۴ (۲) ۱/۲ (۳) ۲ (۴) ۴

۵۸- اگر نیروی کشش یک تار مرتعش را چهار برابر و طول تار را نصف کنیم، بسامد اصلی آن چند برابر می‌شود؟ (سراسری تهرپی - ۱۶۷ ریاضی - ۷۱)

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴) ۸

۵۹- بسامد هماهنگ دوم تار مرتعشی با نیروی کشش F برابر 200 هرتز است. بسامد هماهنگ سوم آن با نیروی کشش $4F$ چند هرتز است؟

(آزاد ریاضی - ۱۷۵ سراسری تهرپی - ۷۰)

- (۱) ۳۰۰ (۲) ۶۰۰ (۳) ۹۰۰ (۴) ۱۲۰۰

۶۰- بسامد صوت دوم تار مرتعشی 100 هرتز و نیروی کشش آن 3 نیوتن است. اگر نیروی کشش تار را به 12 نیوتن برسانیم، بسامد صوت

اصلی آن چند هرتز است؟

- (۱) ۱۰۰ (۲) ۲۰۰ (۳) ۳۰۰ (۴) ۴۰۰

۶۱- نیروی کشش تار چهار برابر و طول آن نصف می‌شود. در این حالت بسامد تار و سرعت صوت آن در هوا چند برابر می‌گردد؟

(سراسری تهرپی - ۷۲)

- (۱) ۲ و ۲ (۲) ۱ و ۴ (۳) ۲ و ۴ (۴) ۱ و ۸

۶۲- در یک تار مرتعش چند درصد نیروی کشش تار را اضافه کنیم تا بسامد صوت اصلی تار با همان طول اولی 20 درصد اضافه شود؟

(سراسری ریاضی - ۷۹)

- (۱) ۲۵ (۲) ۴۴ (۳) ۲۲ (۴) ۲۰

۶۳- در طول تار مرتعشی به هنگام تولید صوت سه گره موجود است. اگر نیروی کشش تار را چهار برابر کنیم بسامد صوت حاصل سه برابر

می‌شود. در این صورت در طول تار چند گره خواهد بود؟

- (۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۲ (۴) ۵

۶۴- در طول تار مرتعشی 3 گره موجود و بسامد صوتی که تولید می‌کند 60 هرتز است. اگر نیروی کشش تار را 4 برابر کنیم و آن را طوری به

ارتعاش درآوریم که در طول آن 2 گره ایجاد شود، بسامد صوت حاصل از آن چند هرتز خواهد بود؟

- (۱) ۱۲۰ (۲) ۱۸۰ (۳) ۶۰ (۴) ۲۴۰

۶۵- طول تار مرتعشی یک متر و نیروی کشش آن 30 نیوتن و بسامد صوت اصلی آن 7 است. طول تار را چند سانتی‌متر انتخاب کنیم تا با

نیروی کشش $7/5$ نیوتن، بسامد صوت اصلی آن همان 7 باشد؟

- (۱) ۲۵ (۲) ۵۰ (۳) ۱۰۰ (۴) ۲۰۰

۶۶- صوت‌های اصلی دو تار مرتعش هم‌جنس و هم‌قطر به طول‌های 100 سانتی‌متر و 25 سانتی‌متر هم‌بسامد می‌باشند، نیروی کشش تار اول

چند برابر نیروی کشش تار دوم است؟

- (۱) ۴ (۲) ۱۶ (۳) ۲ (۴) $\frac{1}{4}$

۶۷- بسامد صوت اصلی و جرم دو تار مرتعش با هم برابرند، اگر طول و نیروی کشش دو تار را به ترتیب با $(F$ و $L)$ و $(F'$ و $L')$ نشان دهیم،

کدام گزینه‌ی زیر درست است؟

$$(1) \left(\frac{F'}{F}\right)^2 = \frac{L}{L'} \quad (2) \frac{F'}{F} = \frac{L'}{L} \quad (3) \frac{F'}{F} = \left(\frac{L'}{L}\right)^2 \quad (4) \frac{F'}{F} = \frac{L}{L'}$$

۶۸- تار ی هماهنگ اول خود را تولید می‌کند. اگر نیروی کشش تار 2 برابر شود، فاصله‌ی دو گره متوالی هماهنگ اول در این حالت نسبت به

حالت اول چند برابر خواهد شد؟

- (۱) $\frac{1}{3}$ (۲) ۱ (۳) $\sqrt{2}$ (۴) $\frac{1}{\sqrt{2}}$

۶۹- کدام گزینه درباره‌ی بسامد نوسان یک تار موسیقی صحیح است؟

(۱) هر تار موسیقی فقط تحت یک بسامد خاص می‌لرزد که به بسامد طبیعی معروف است.

(۲) هر تار موسیقی فقط تحت تعداد محدودی بسامد خاص می‌لرزد که به بسامدهای طبیعی معروفند.

(۳) هر تار موسیقی تحت تعداد نامحدودی بسامد خاص می‌لرزد.

(۴) هر تار موسیقی تحت هر بسامدی می‌لرزد.

تمرینی

۷۰- امواج ایستاده از بر هم نهدی دو موج با این مشخصات پدید می‌آیند:

(۱) دو موج با دامنه، بسامد و جهت انتشار یکسان

(۳) دو موج با دامنه یکسان و جهت انتشار یکسان

(۲) دو موج با دامنه و بسامد یکسان اما جهت انتشار مخالف یکدیگر

(۴) دو موج با دامنه‌ی یکسان اما جهت انتشار مخالف

۷۱- دو موج با معادله‌های $u_1 = 0.4 \sin[2\pi(\Delta x - 5t)]$ و $u_2 = 0.4 \sin[2\pi(\Delta x + 5t)]$ ، روی ریسمانی حرکت می‌کنند. فاصله‌ی

بین دو گره‌ی متوالی چند سانتی‌متر است؟

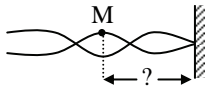
- (۱) ۱۰ (۲) ۳۰ (۳) $\frac{1}{\pi}$ (۴) ۵

۷۲- گره‌های یک موج ایستاده روی ریسمان در $x = 0$ ، $x = 4\text{cm}$ ، $x = 8\text{cm}$ ، $x = 12\text{cm}$ واقعند. طول موج امواج متحرکی که از ترکیب آنها این موج ایستاده به دست می‌آید چقدر است؟

- (۱) ۴cm (۲) ۱۲cm (۳) ۸cm (۴) ۱۶cm

۷۳- در شکل زیر که موج ایستاده را در طناب نشان می‌دهد، نقطه‌ی M در SI با معادله‌ی $y = 0.01 \sin(6\pi t + \frac{\pi}{6})$ نوسان می‌کند. اگر

سرعت انتشار موج در این طناب $12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد. فاصله‌ی نقطه‌ی M تا انتهای طناب چند متر است؟ (سراسری تهرپی - ۸۳)



- (۱) ۰/۱۵ (۲) ۰/۳ (۳) ۰/۶ (۴) ۱/۵

۷۴- سازی دارای دو تار است. طول هر دو یکسان است و هر دو یکنواخت هستند. کشش یکی دو برابر دیگری و جرم آن نیز دو برابر دیگری است. در این صورت کدام گزینه درباره‌ی صوت‌های اصلی آنها صحیح است؟

- (۱) طول موج تار پُر جرم، کمتر و بسامد ارتعاش آن بیشتر است.
 (۲) فرکانس ارتعاش دو تار یکسان است، اما طول موج در تار پُر جرم‌تر، بیشتر است.
 (۳) فرکانس ارتعاش، طول موج و سرعت موج در هر دو تار یکسان است.
 (۴) فرکانس و طول موج در هر دو تار یکسان است، اما سرعت موج در تار پُر جرم‌تر کمتر از تار دیگر است.

۷۵- ریسمانی به طول ۳۰ سانتی‌متر را که بین دو نقطه محکم شده است به ارتعاش درمی‌آوریم به طوری که در آن ۶ گره تولید شود. اگر

سرعت انتشار موج در سیم $150 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ باشد، صوت حاصل عبارت است از:

- (۱) ۱۲۵(Hz) (۲) ۱۲۵۰(Hz) (۳) ۲۷۵۰(Hz) (۴) ۲۷۵(Hz)

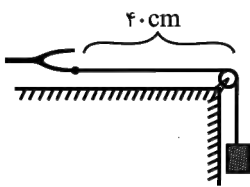
۷۶- طنابی به طول ۶۰ سانتی‌متر به شکل زیر به ارتعاش درآمده است. اگر سرعت انتشار امواج در طناب $210 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، بسامد نوسانات

طناب چند هرتز است؟ (آزاد ریاضی - ۸۳)



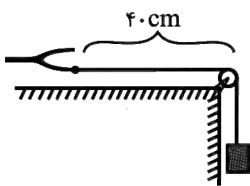
- (۱) ۱۷۵ (۲) ۷۰۰ (۳) ۳۵۰ (۴) ۵۲۵

۷۷- در شکل روبه‌رو طول مؤثر طناب ۴۰cm است. اگر بسامد دیاپازون ۵۰Hz باشد و μ طناب $0.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ باشد، جرم وزنه چقدر باشد تا در طول طناب یک شکم تشکیل شود؟ (انتهای متصل به دیاپازون را گره در نظر بگیرید)



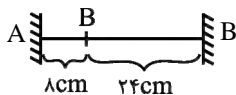
- (۱) ۸۰kg (۲) ۴۰kg (۳) ۲۰kg (۴) ۱۰kg

۷۸- در شکل روبه‌رو طول مؤثر طناب ۴۰cm است. اگر بسامد دیاپازون ۵۰Hz باشد و μ طناب $0.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ باشد، جرم وزنه چقدر باشد تا در طول طناب دو شکم تشکیل شود؟



- (۱) ۸۰kg (۲) ۴۰kg (۳) ۲۰kg (۴) ۱۰kg

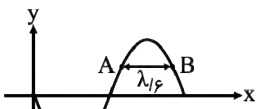
۷۹- میله‌ی نازکی مطابق شکل در نقطه‌ی B در یک گیره محکم شده است. اگر سرعت انتشار موج در میله $4000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، سه هماهنگ



اولی که در میله تشکیل می‌شوند عبارتند از:

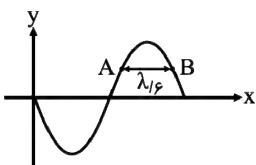
- (۱) ۱ و ۲ و ۳ (۲) ۱ و ۳ و ۵ (۳) ۴ و ۸ و ۱۲ (۴) ۴ و ۵ و ۶

۸۰- شکل یک موج ایستاده به صورت مقابل است. در این صورت اختلاف فاز دو نقطه‌ی A و B کدام است؟



- (۱) $\frac{\pi}{6}$ (۲) $\frac{\pi}{3}$ (۳) π (۴) صفر

۸۱- شکل یک موج رونده به صورت مقابل است. در این صورت اختلاف فاز دو نقطه‌ی A و B کدام است؟



- (۱) $\frac{\pi}{6}$ (۲) $\frac{\pi}{3}$ (۳) π (۴) صفر

۸۲- در طناب با دو انتهای ثابت و در طناب با یک انتهای ثابت صوت اصلی نواخته می شوند.

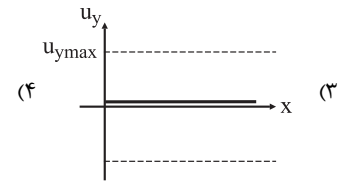
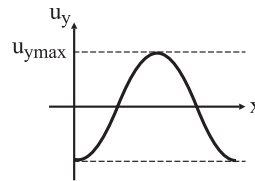
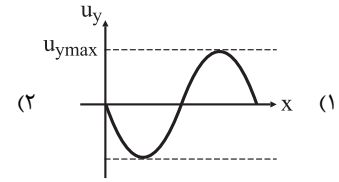
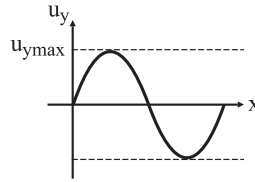
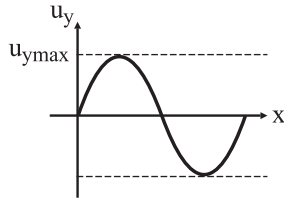
(۱) هماهنگ‌های فرد- هماهنگ‌های زوج

(۲) تمام هماهنگ‌ها- هماهنگ‌های فرد

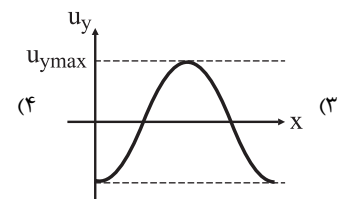
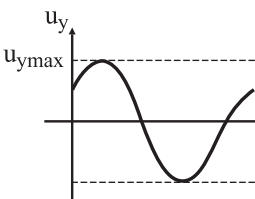
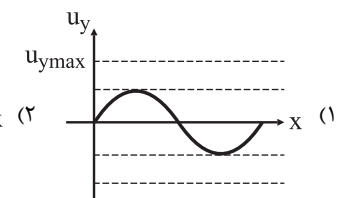
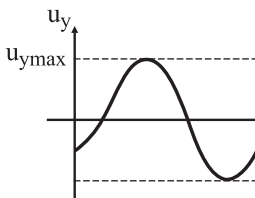
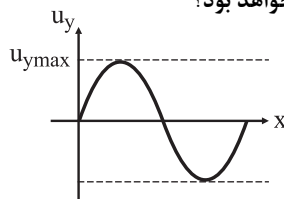
(۳) هماهنگ‌های فرد- تمام هماهنگ‌ها

(۴) تمام هماهنگ‌ها- تمام هماهنگ‌ها

۸۳- نمودار مقابل، شکل موج ایستاده را در لحظه‌ی t نشان می‌دهد. کدام گزینه بیانگر شکل موج در زمان $t + \frac{T}{4}$ است؟



۸۴- نقش موج ایستاده در یک طناب مطابق شکل روبه‌رو است. پس از گذشت $\frac{T}{6}$ شکل موج به کدام صورت خواهد بود؟



۸۵- موج‌هایی با سرعت 36 m/s و بسامد 20 Hz در طول طنابی به طول $1/2 \text{ m}$ منتشر شده و یک موج ایستاده تشکیل می‌دهند. در این صورت

(۱) دو سر طناب بسته است.

(۲) یک سر طناب باز و سر دیگر آن بسته است.

(۳) هر سه حالت ممکن است.

(۴) دو سر طناب باز است.

۸۶- در تار با جرم 15 گرم و طول 105 متر که با نیروی کشیده 900 N کشیده شده است، موج ایستاده تشکیل می‌شود. اگر دوره‌ی نوسان نقاط

طناب برابر $T = \frac{1}{100} \text{ s}$ باشد، در طول طناب چند شکم تشکیل می‌شود؟

(۱) ۳

(۲) ۲

(۳) ۱

(۴) موج ایستاده تشکیل نمی‌شود.

۸۷- اگر دو بسامد متوالی یک تار به ترتیب 630 و 720 هرتز باشد، شماره‌ی هماهنگ‌ها به ترتیب عبارتند از:

(۱) ۵ و ۴

(۲) ۶ و ۵

(۳) ۷ و ۶

(۴) ۸ و ۷

۸۸- در تار که با بسامد 600 Hz ارتعاش می‌کند، ۴ گره تشکیل شده است. بسامد ارتعاش چند هرتز باشد که در طول طناب ۵ گره تشکیل شود؟

(۱) ۷۵۰

(۲) ۸۰۰

(۳) ۸۵۰

(۴) ۹۰۰

۸۹- در تار هماهنگ m تشکیل شده است. نیروی کشش تار را 96% افزایش می‌دهیم و باز هم هماهنگ m را تشکیل می‌دهیم در این صورت بسامد آن می‌یابد.

(۱) 40% افزایش

(۲) 40% کاهش

(۳) $\sqrt{96}\%$ افزایش

(۴) $\sqrt{96}\%$ کاهش

۹۰- دو سیم یکسان در نظر بگیرید. یکی با دو انتهای بسته و دیگری با یک انتهای بسته. هنگامی که هر دو هماهنگ p خود را نوسان می‌کنند، بسامد سیم اول چند برابر بسامد سیم دوم است؟ (p یک عدد فرد دلخواه است)

(۱) ۱

(۲) $\frac{3}{2}$

(۳) $\frac{2}{3}$

(۴) ۲

۹۱- در یک تار امواج ایستاده با ۴ شکم تشکیل شده‌اند. اگر کشش تار را ۴ برابر کنیم و در تار ۲ شکم تولید شود، طول موج و بسامد به ترتیب چند برابر می‌شوند؟

- (۱) ۲ و $\frac{1}{4}$ (۲) $\frac{1}{2}$ و ۲ (۳) $\frac{1}{4}$ و ۴ (۴) ۴ و $\frac{1}{4}$

۹۲- در سیم یکنواختی که بین دو نقطه‌ی ثابت، با نیروی معینی کشیده شده موج ایستاده ایجاد می‌کنیم. اگر همان سیم را دولا کنیم و تحت همان نیروی کشش قبلی بین دو نقطه‌ی ثابت دیگر قرار دهیم، بسامد موج ایستاده‌ی اصلی حاصل چند برابر خواهد شد؟ (سراسری ریاضی - ۸۴)

- (۱) ۲ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) $\sqrt{2}$ (۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۹۳- بسامد اصلی یک تار ۷ است. بسامد اصلی تاری از همان جنس، با قطر $\frac{1}{4}$ و طول ۲ برابر و نیروی کشش ۳ برابر کدام است؟

- (۱) $\sqrt{6}v$ (۲) $\sqrt{3}v$ (۳) $\frac{\sqrt{3}}{3}v$ (۴) $\frac{\sqrt{6}}{6}v$



آموزشی

۹۴- موجی در یک محیط قابل ارتعاش به وجود می‌آوریم. اگر شدت ارتعاش منبع دو برابر شود، سرعت انتشار موج چه تغییری می‌کند؟ (سراسری تهرپی - ۶۴)

- (۱) تغییر نمی‌کند. (۲) چهار برابر می‌شود. (۳) دو برابر می‌شود. (۴) نصف می‌شود.

۹۵- مقدار انرژی که توسط موج حمل می‌شود با دامنه و بسامد چگونه رابطه دارد؟ (آزاد پزشکی - ۸۳ / آزار ریاضی ۸۳ / سراسری تهرپی ۸۲)

(۱) با مجذور دامنه و مجذور بسامد متناسب است. (۲) با دامنه متناسب است و با بسامد رابطه ندارد. (۳) با جذر دامنه و جذر بسامد متناسب است. (۴) با جذر دامنه متناسب است و با بسامد رابطه ندارد.

۹۶- بسامد چشمه‌ی موجی را نصف می‌کنیم. در این صورت انرژی موج

- (۱) ۲ (۲) $\frac{1}{4}$ (۳) $\frac{1}{2}$ (۴) تغییر نمی‌کند.

۹۷- دامنه‌ی نوسان یک چشمه‌ی موج را دو برابر می‌کنیم. در این صورت انرژی موج

- (۱) ۲ برابر می‌شود. (۲) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود. (۳) ۴ برابر می‌شود. (۴) تغییری نمی‌کند.

۹۸- اگر دامنه‌ی موج ۱۰ cm و بسامد آن ۲ Hz، سرعت انتشار آن $20 \frac{m}{s}$ و جرم واحد طول طناب $4 \frac{kg}{m}$ باشد، انرژی موج، در یک طول

موج عبارت است از: ($\pi^2 \cong 10$)

- (۱) $2/3 J$ (۲) $3/2 J$ (۳) $0/8 J$ (۴) $1/6 J$

۹۹- اگر دامنه‌ی موج ۱۰ cm، بسامد آن ۲ Hz، سرعت انتشار آن $20 \frac{m}{s}$ و جرم واحد طول آن $4 \frac{kg}{m}$ باشد، میزان انرژی که در یک ثانیه از

یک نقطه‌ی معین از طناب عبور می‌کند عبارت از:

- (۱) $3/2 J$ (۲) $1/6 J$ (۳) $6/4 J$ (۴) $2/3 J$

۱۰۰- موجی با تابع $y = 0/2 \sin(\Delta t - \frac{\pi}{4} x)$ در یک طناب منتشر می‌شود. در اینصورت انرژی قسمتی از طناب به جرم ۲۰۰g چند ژول است؟

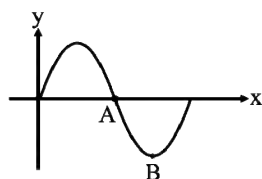
- (۱) ۲ (۲) ۱ (۳) $0/2$ (۴) $0/1$

۱۰۱- یک موج را یک بار با دامنه‌ی A و دوره‌ی T و یک بار با دامنه‌ی ۳A و دوره‌ی $\frac{T}{3}$ در یک طناب منتشر می‌کنیم. در اینصورت انرژی یک

ذره از محیط در حالت دوم چند برابر حالت اول است؟

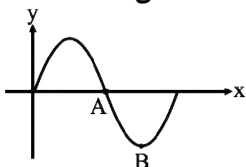
- (۱) ۸۱ (۲) ۲۷ (۳) ۹ (۴) ۱

تشریحی



۱۰۲- شکل یک موج رونده که به صورت غیر میرا منتشر می‌شود به صورت مقابل است در این صورت انرژی موج در نقطه‌ی A نقطه‌ی B است.

- (۱) بیشتر از
(۲) کمتر از
(۳) مساوی با
(۴) هر سه حالت ممکن است.



۱۰۳- شکل یک موج ایستاده در یک لحظه به صورت شکل زیر است. در این صورت انرژی موج در نقطه‌ی B نقطه‌ی A است.

- (۱) بیشتر از
(۲) کمتر از
(۳) مساوی با
(۴) هر سه حالت ممکن است.



آموزشی

۱۰۴- اگر بر سطح آب، موج‌های دایره‌شکلی به طول موج 0.1 متر و بسامد 2 هرتز تولید شود، سرعت انتشار این موج‌ها در سطح چند متر بر ثانیه خواهد بود؟

(سراسری ریاضی - ۶۶)

- (۱) ۵
(۲) 0.05
(۳) 0.2
(۴) ۲۰

۱۰۵- کدام گزینه درباره‌ی جبهه‌ی موج صحیح نیست؟

- (۱) مکان هندسی نقطه‌هایی از محیط است که تابع موج در آن‌ها دارای فاز یکسانی است.
(۲) اختلاف فاز نقطه‌های واقع بر یک جبهه‌ی موج همواره برابر صفر است.
(۳) نقاط روی قله‌های یک موج که در یک طناب منتشر می‌شود، با هم تشکیل یک جبهه‌ی موج می‌دهند.
(۴) دایره‌های که در سطح آب انتشار پیدا می‌کنند هر کدام تشکیل یک جبهه‌ی موج می‌دهند.

۱۰۶- بسامد نوسان چشمه‌ای که در یک محیط موج تولید می‌کند 2 Hz است. در این صورت تعداد جبهه‌های موجی که در 1 ثانیه از یک نقطه از محیط عبور می‌کند عبارت است از:

- (۱) ۱
(۲) ۲
(۳) ۴
(۴) هیچ‌کدام

۱۰۷- شرط ایجاد تداخل موج‌ها در سطح آب این است که

- (۱) دو چشمه‌ی موج هم‌بسامد باشند.
(۲) دو چشمه‌ی موج هم‌دامنه باشند.
(۳) دو چشمه‌ی موج هم‌بسامد و هم‌فاز باشند.
(۴) دو چشمه‌ی موج هم‌بسامد و هم‌دامنه باشند.

۱۰۸- دو چشمه‌ی هم‌فاز، هم‌دامنه و هم‌دوره موج‌هایی را در یک محیط منتشر می‌کنند. در نقاطی دو موج اثر هم را به طور کامل خنثی می‌کنند که:

- (۱) اختلاف فاصله‌شان از دو چشمه مضرب فردی از $\frac{\lambda}{2}$ باشد.
(۲) اختلاف فازشان مضرب فردی از $\frac{\pi}{2}$ باشد.

- (۳) فاصله‌شان از دو چشمه یکسان باشد.
(۴) فاصله‌شان از هر چشمه بزرگ‌تر از فاصله بین دو چشمه باشد.

۱۰۹- از دو چشمه‌ی موج یکسان، دو موج با طول موج 30 cm در سطح آب منتشر می‌شود. در این صورت نقطه‌ای که از دو منبع فاصله‌ی یکسان 2 m را دارد است.

- (۱) شکم
(۲) گره
(۳) نقطه‌ی معمولی
(۴) هر سه حالت ممکن است.

۱۱۰- از دو چشمه‌ی یکسان دو موج با طول موج 30 cm در سطح آب منتشر می‌شود. در این صورت نقطه‌ای که از یک منبع به فاصله‌ی $1/7\text{ m}$ و از دیگری به فاصله‌ی 2 m است است.

- (۱) شکم
(۲) گره
(۳) نقطه‌ی معمولی
(۴) هر سه حالت ممکن است.

۱۱۱- از دو چشمه‌ی یکسان دو موج با طول موج 20 cm در سطح آب منتشر می‌شود. در این صورت نقطه‌ای که از یک منبع به فاصله‌ی 35 cm و از دیگری به فاصله‌ی 45 cm است است.

- (۱) شکم
(۲) گره
(۳) یک نقطه‌ی معمولی
(۴) هر سه حالت ممکن است.

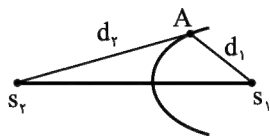
۱۱۲- دو چشمه‌ی همسان، در سطح آب موج‌هایی با عدد موج $k = \frac{\pi}{\lambda} \text{ rad/m}$ تولید می‌کنند. در این صورت نقطه‌ای که فاصله‌اش از دو چشمه برابر $d_1 = 9\text{m}$ و $d_2 = 7\text{m}$ است

- (۱) شکم است (۲) گره است (۳) نه شکم و نه گره است (۴) نمی‌توان گفت

۱۱۳- دو چشمه‌ی S_1 و S_2 امواجی با بسامد $\nu = 5\text{Hz}$ در آب منتشر می‌کنند. اگر موج‌ها با اختلاف زمانی 0.1 ثانیه به نقطه‌ی A برسند، نقطه‌ی A

- (۱) گره است (۲) شکم است (۳) نه گره است و نه شکم (۴) نمی‌توان گفت

۱۱۴- موج تولید شده توسط دو منبع موج با دوره‌ی یکسان، در سطح آب پیش می‌رود و تداخل به وجود می‌آید. قسمتی از مکان هندسی نقاطی که دامنه‌ی ارتعاش آن‌ها بیشینه است، در شکل نشان داده شده است. فاصله‌ی دو منبع از یک نقطه‌ی اختیاری از این مکان هندسی (مثلاً A) را d_1 و d_2 می‌نامیم، اگر $d_2 - d_1 = a$ باشد، کدام گزینه درست است؟



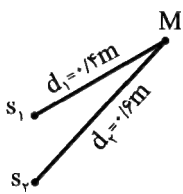
(۱) اگر محل A روی خط S_1S_2 باشد، a کم‌ترین مقدار را خواهد داشت.

(۲) با دور شدن محل A از خط S_1S_2 ، a زیاد می‌شود.

(۳) با تغییر محل A ، a تغییر نمی‌کند.

(۴) با دور شدن محل A از خط S_1S_2 ، a کم می‌شود.

۱۱۵- در شکل مقابل دو منبع ارتعاشی یکسان S_1 و S_2 با بسامد 20 هرتز نوسان می‌کنند. اگر اختلاف فاز دو موج رسیده به نقطه‌ی M برابر $\frac{\pi}{4}$ باشد، سرعت انتشار موج‌ها در محیط چند m/s است؟ (آزاد ریاضی- ۷۸)



- (۱) ۳۲ (۲) ۴۰

- (۳) ۴۸ (۴) ۱۰۰

تقریبی

۱۱۶- در انتشار موج در طول یک طناب جبهه‌ی موج به صورت می‌باشد.

- (۱) یک خط (۲) نقاطی جدا از هم با فاصله‌ی λ (۳) یک قوس سینوسی (۴) یک نقطه

۱۱۷- دو چشمه‌ی همانند، امواج ایستاده‌ای را در سطح آب پدید می‌آورند. اگر فاز اولیه‌ی یکی از چشمه‌ها $\frac{\pi}{2}$ کمتر و فاز چشمه‌ی دیگر $\frac{\pi}{4}$ بیشتر شود، نقاطی را که قبلاً گره بودند،

- (۱) باز هم گره خواهند شد. (۲) شکم خواهند شد. (۳) نه گره می‌شوند و نه شکم (۴) نمی‌توان تعیین کرد.

۱۱۸- هنگامی که دو چشمه در سطح آب موج ایستاده تشکیل می‌دهند، اختلاف فاز امواج دو چشمه

- (۱) مقدار ثابتی است. (۲) تابع مکان است. (۳) تابع زمان است. (۴) هم تابع مکان و هم تابع زمان است.

۱۱۹- دو چشمه‌ی یکسان در سطح آب امواج ایستاده ایجاد می‌کنند. اگر اختلاف فاز دو موج رسیده به نقطه‌ی A ، $\frac{\pi}{4} \text{ rad}$ باشد و سرعت

انتشار موج در محیط 100 m/s و بسامد چشمه‌ها برابر $12/5 \text{ Hz}$ باشد، اختلاف فاصله‌ی این نقطه، از دو چشمه عبارت است از:

- (۱) 0.5m (۲) 1m (۳) 2m (۴) 4m

۱۲۰- نقطه‌ی M از دو چشمه‌ی هم‌فاز و هم بسامد S_1 و S_2 به فاصله‌ی $d_1 = 17\text{cm}$ و $d_2 = 22\text{cm}$ قرار دارد. بزرگ‌ترین طول موجی که چشمه‌ها می‌توانند تولید کنند تا نقطه‌ی M در شکم قرار گیرد کدام است؟

- (۱) 2.5cm (۲) 5cm (۳) 10cm (۴) 20cm

ملاقات دو موج

فرض کنید دو موج متفاوت از دو طرف یک طناب به سمت هم حرکت می‌کنند. خُب مسلماً قبل از اینکه به هم برسند هر موجی شکل خاص خود را دارد و کاری به موج دیگر ندارد. ولی هنگامی که این دو موج به هم می‌رسند یک شکل جدید می‌سازند و پس از مدتی از کنار هم می‌گذرند و هر موج دوباره به همان شکل قبلی خود برمی‌گردد و به مسیر خود ادامه می‌دهد. (انگار نه انگار که در مسیر همدیگر را ملاقات کرده‌اند!)

(هر موجی که شما تولید کنید، نمی‌تواند اثر موج دیگر را از بین ببرد و موجی که از B به سمت A انتشار می‌یابد با کمال صحت و سلامت و با همان شرایط اولیه به A می‌رسد!)

هنگامی که دو موج در یک نقطه با یکدیگر برخورد می‌کنند جابجایی آن نقطه، برآیند جابجایی حاصل از تک‌تک موج‌ها است.



برای مثال اگر یکی از موج‌ها سعی کند تا نقاط را به اندازه x_1 و موج دیگر سعی کند تا نقاط را به اندازه x_2 به سمت بالا بکشد، نقطه‌ی مورد نظر به اندازه $x_1 + x_2$ به سمت بالا می‌رود. چون این دو موج اثر همدیگر را تقویت می‌کنند به این نوع برخورد برهم‌نهی سازنده می‌گوییم.

یا مثلاً فرض کنید یکی از موج‌ها سعی می‌کند تا نقاط محیط را به اندازه x_1 بالا بکشد و موج دیگر سعی می‌کند تا نقاط محیط را به اندازه x_2 پائین بکشد. ($x_1 > x_2$) بنابراین نقطه‌ای که تحت تاثیر این دو موج باشد به اندازه $x_1 - x_2$ به سمت بالا می‌رود. چون این دو موج اثر هم را تضعیف می‌کنند به این نوع برخورد، برهم‌نهی ویرانگر گویند.

هنگامی که دو موج هم‌فاز باشند، برهم‌نهی سازنده و هنگامی که در فاز متقابل باشند (π rad اختلاف فاز داشته باشند)، برهم‌نهی ویرانگر دارند.

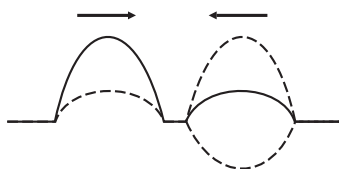
چون اختلاف فاز دو موج π rad است، جابه‌جایی‌ها در خلاف جهت یکدیگر است. پس دامنه‌ی جابه‌جایی برابر است با:

$$6 - 4 = 2 \text{ cm}$$

۳- گزینه «۳» هنگامی که دو موج هم‌زمان به یک نقطه می‌رسند جابه‌جایی حاصل، برآیند تک‌تک جابه‌جایی‌هاست. این دو موج در فاز متقابل هستند (برهم‌نهی ویرانگر دارند) پس جابجایی آن‌ها در خلاف جهت هم است و از هم کم می‌شوند. (علامت قدر مطلق به خاطر این است که دامنه همواره عددی مثبت است.)

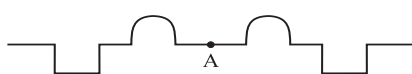
بسامد موج برآیند ناشی از برهم‌کنش دو موج، با طول موج و دامنه و بسامد یکسان، همان λ خواهد بود.

۵- گزینه «۳» منظور از برهم‌نهی کامل این است که دو موج کاملاً روی هم قرار گیرند. چون این دو موج در خلاف جهت حرکت می‌کنند، هنگام برهم‌نهی تپ‌های سمت چپ هر دو روی هم و تپ‌های سمت راست هر دو روی هم قرار می‌گیرند.



بنابراین تپ سمت چپ موج مورد نظر باید یک تپ کوچک و به سمت بالا باشد، تا وقتی روی تپ سمت چپ موج A قرار می‌گیرد تپ سمت چپ موج B را بسازد و همچنین تپ سمت راست موج مورد نظر باید یک تپ خیلی بزرگ و رو به بالا باشد تا پس از اینکه با تپ سمت راست موج A برهم‌نهی کرد یک تپ کوچک رو به بالا تشکیل شود.

فقط این‌ها نشان‌دهنده‌ی موج‌های اولیه و فقط سیاه نشان‌دهنده‌ی موج حاصل است.



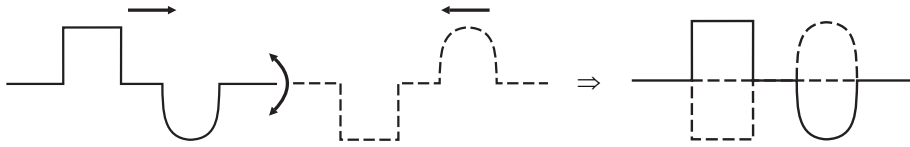
اگر دو موجی که در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند و در نقطه‌ی A به هم می‌رسند، نسبت به نقطه‌ی A متقارن باشند، در نقطه‌ی A همواره در فاز متقابل هستند و جابجایی آن‌ها همواره عکس هم است. پس



نقطه‌ی A در همی لمظات ساکن می‌ماند.

۷- گزینه «۱»

اگر دو موجی که در فلاف جهت هم حرکت می‌کنند، نسبت به راستای انتشار قرینه باشند، در لمظه‌ای که دو موج کاملاً روی هم قرار گرفته‌اند، جابجایی دو موج در هم‌هی نقاط عکس هم است؛ پس در این لمظه هم‌هی نقاط طناب در وضع تعادل هستند و در طول طناب موجی دیده نمی‌شود.



۸- گزینه «۴»

موج و مانع‌ها

در انتهای بسته‌ی طناب، در اثر واکنش مانع سخت، هر بُعد u به $-u$ تبدیل می‌شود؛ یعنی مانع سخت، موج را با اختلاف فاز π برمی‌گرداند. اما در انتهای باز، مانع نرم، هر بُعد u را در همان جهت برمی‌گرداند؛ یعنی هیچ تغییر فازی ایجاد نمی‌کند. به بیان دیگر، موج‌های فرودی و بازتاب در انتهای بسته در فاز متقابل‌اند (اختلاف فاز آن‌ها π است) و در انتهای باز هم‌فازند. (اختلاف فاز آن‌ها صفر است.)

۹- گزینه «۳»

موج در دو محیط متفاوت (یا رفتار موج در مرز مشترک دو محیط)

تا اینجا عموماً فرض کردیم که موج در یک محیط همسان که تا بی نهایت ادامه دارد، منتشر می‌شود. اما می‌دانیم که در واقعیت این‌گونه نیست! و بالاخره موج به انتهای یک محیط می‌رسد. هنگامی که موجی به مرز مشترک دو محیط می‌رسد قسمتی از آن وارد محیط دوم شده و در همان راستا به انتشار خود ادامه می‌دهد و قسمتی دیگر به محیط اول برمی‌گردد و در خلاف جهت اول منتشر می‌شود. در حالت ایده‌آل (اتلاف انرژی نداشتیم) مجموع انرژی این دو موج برابر با انرژی موج اول خواهد بود. اما ما در مسائل معمولاً فقط یک حالت را در نظر می‌گیریم. مثلاً فرض می‌کنیم که هم‌هی انرژی موج فرودی وارد محیط دوم شود و هیچ موجی بازتاب نشود. همانند مسائلی که پیش از این دیدیم و موج از یک طناب وارد طنابی دیگر می‌شد.

وقتی تمام یا قسمتی از انرژی موجی وارد محیط دیگری شود، بسامد آن تغییر نمی‌کند و همپنان برابر با بسامد پیش‌مهی موج است.



در بحث بازتاب فرض را بر این می‌گذاریم که هم‌هی انرژی موج از فصل مشترک دو محیط بازتاب شود. و هیچ موجی وارد محیط دوم نشود.

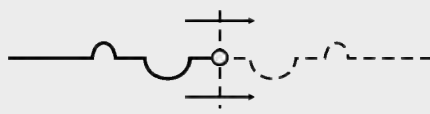
اگر هم‌هی انرژی موج فرودی بازتاب شود، موج بازگشتی دارای همان ویژگی‌های موج اول خواهد بود و فقط جهت حرکت آن قرینه می‌شود.



نحوه‌ی بازتاب موج از انتهای یک محیط بستگی به چگونگی این انتها دارد. ما در اینجا دو نوع خاص را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

انتهای باز: منظور از انتهای باز، انتهای آزاد است و آن‌را انتهای نرم نیز می‌نامند. موجی که از این انتها بازتاب می‌شود قرینه‌ی موج فرودی نسبت به خط عمود بر راستای انتشار است. در انتهای باز، موج فرودی و بازگشتی باهم هم‌فازند.

انتهای بسته: این انتها را انتهای سخت نیز می‌نامند. برای بدست آوردن شکل موج بازتاب از انتهای بسته، باید شکل موج اول را یک بار نسبت به خط عمود بر راستای انتشار و یک بار هم نسبت به راستای انتشار قرینه کنیم. در انتهای بسته، موج فرودی و موج بازگشتی با هم اختلاف فاز π دارند.



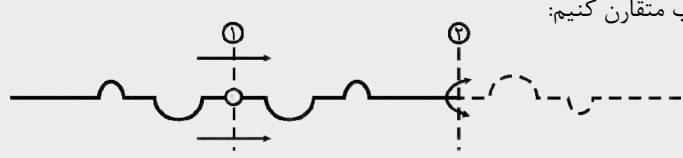
برای به دست آوردن موج بازتاب از انتهای باز یک طناب کافی است آنرا نسبت به خط عمود بر طناب متقارن کنیم:

به عبارتی ترتیب تپ‌ها عوض می‌شود. ابتدا تپ بزرگ‌تر که زودتر به انتهای طناب رسیده برمی‌گردد و سپس تپ کوچک‌تر که دیرتر به انتهای طناب رسیده است.

۱۰- گزینه «۴»

رسم شکل موج بازتابی از مانع سخت

برای پیدا کردن موج بازتابیده از انتهای بسته‌ی طناب باید یک‌بار آنرا نسبت به خط عمود بر طناب متقارن کنیم و سپس آنرا نسبت به خط منطبق بر طناب متقارن کنیم:




به عبارتی هم ترتیب تپ‌ها عوض می‌شود و هم فرورفتگی‌ها به برآمدگی و برآمدگی‌ها به فرورفتگی تبدیل می‌شوند.

۱۱- گزینه «۱»


یه راه دیگه!

هرگاه موجی به مانع سختی برخورد نماید، 180° درجه مطابق شکل حول نقطه‌ی انتهایی آن دوران می‌کند. این روش همانند این است که موج را یک بار حول محور عمود بر طناب و یک بار حول محور منطبق بر طناب متقارن کنیم.



۱۲- گزینه «۴»

همانند تست قبل، موج را 180° درجه حول نقطه‌ی انتهایی آن دوران می‌دهیم.



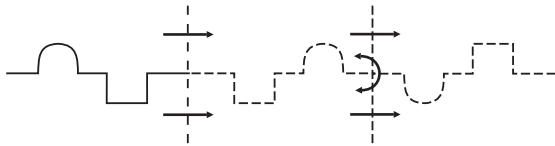
۱۳- گزینه «۴»

موج طولی و مانع سخت

هنگامی که یک برآمدگی در موجی به انتهای بسته‌ی طناب می‌رسد، به صورت فرورفتگی بازمی‌گردد. حال اگر این موضوع را درباره‌ی موج طولی مثلاً در یک فنر تعمیم دهیم، انبساط به انقباض تبدیل می‌شود! (اگر مفاهیم گره و شکم را در گزینه‌های او ۲ نمی‌دانید اشکال نداشته بید! چون مال بحث‌های پلوتره. بعراً یار فواید گرفته بید!)

۱۴- گزینه «۴» تعجب نکنید! هنگامی که موج با دامنه‌ی A به انتهای باز طناب می‌رسد، انتهای باز طناب دو برابر دامنه بالا رفته و سپس به جای اول برمی‌گردد. زیرا موج تابش با موج بازتابش بر هم نهی می‌کند و چون هم‌فازند، هر دو موج سعی می‌کنند انتهای طناب را به اندازه‌ی A بالا ببرند پس به اندازه‌ی $2A$ بالا می‌رود. و سپس به جای اول برمی‌گردد. لذا مسافت طی شده‌ی آن $4A$ است.

۱۵- گزینه «۳» چون حلقه می‌تواند در قسمت‌های بالاتر از راستای طناب آزادانه حرکت کند پس برای برآمدگی‌ها حکم انتهای باز خواهد داشت و برآمدگی‌ها به صورت برآمدگی بر خواهند گشت. ولی چون در قسمت پائین‌تر از راستای طناب جسم سخت قرار دارد پس حلقه نمی‌تواند به قسمت پائین‌تر از راستای طناب بیاید و ساکن خواهد ماند. لذا برای فرورفتگی‌ها حکم انتهای بسته را خواهد داشت و فرورفتگی‌ها نیز به صورت برآمدگی ظاهر خواهند شد. در هر صورت فراموش نکنید که همواره و چه در انتهای باز و چه انتهای بسته ترتیب تپ‌ها عوض خواهد شد.



۱۶- گزینه «۲» منظور سوال این است که موج ابتدا به راست می‌رود و از انتهای باز، بازتاب می‌شود و به سمت انتهای بسته حرکت می‌کند و سپس از انتهای بسته هم بازتاب می‌شود و باز به سمت راست حرکت می‌کند و شکل موج را در این هنگام خواسته است.

۱۷- گزینه «۲» منظور از مانع نرم، انتهای باز و منظور از مانع سخت، انتهای بسته است.

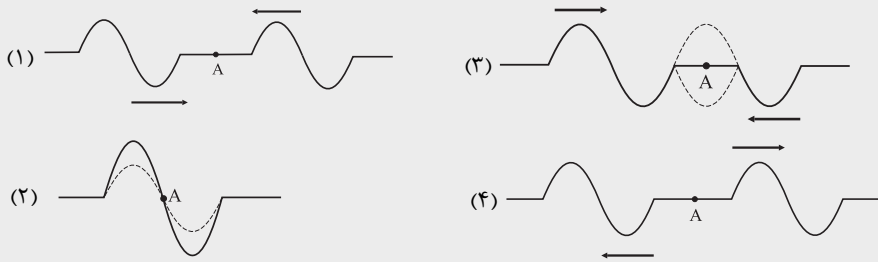
(در سوال قبل موج ابتدا از مانع نرم و سپس از مانع سخت بازتاب می‌شد در حالی که در این سوال موج ابتدا از مانع سخت و سپس از مانع نرم بازتاب شد. همانطور که دیرباز شکل موج نهایی در هر دو سوال یکسان بود)



۱۸- گزینه «۴»

بیچاره نقطه A، بره بالا یا بیاید پائین!!!

چون این دو موج در نقطه‌ی A به هم می‌رسند و سرعت انتشار دو موج برابر است، (ممیٹ انتشار یکسان است) لذا نقطه‌ی A همواره دقیقاً بین دو موج قرار دارد. می‌دانیم که جابجایی نقطه‌ی A برآیند جابجایی حاصل از دو موج است و این دو موج قرینه‌ی یکدیگرند. بنابراین جابجایی نقطه‌ی A در هر لحظه صفر است زیرا هر چقدر که یک موج می‌کوشد تا نقطه‌ی A را بالا ببرد موج دیگر در خلاف جهت و در همان اندازه نقطه‌ی A را به پایین می‌کشد.



۱۹- گزینه «۴»

گره و شکم و فاصله آنها

قبلاً (در بخش مفاهیم) با مفهوم موج ایستاده آشنا شدیم. هنگامی که دو موج کاملاً یکسان با دامنه‌ی A و طول موج λ با یکدیگر برخورد می‌کنند در طناب تشکیل یک موج ایستاده با دامنه‌ی $2A$ می‌دهند. البته $2A$ دامنه‌ی شکم‌هاست (نقاطی با بیشترین دامنه‌ی نوسان) و هرچه از شکم دور شویم و به گره (نقاطی با دامنه‌ی صفر) نزدیک شویم، دامنه کاهش یافته و به صفر می‌رسد. فاصله‌ی هر دو گره متوالی (یا دو شکم متوالی) از هم $\frac{\lambda}{2}$ است. فاصله‌ی هر گره تا شکم

مجاور نیز برابر $\frac{\lambda}{4}$ است بنابراین با داشتن طول طناب و λ می‌توان تعداد گره‌ها و شکم‌ها را تعیین نمود.

دقت کنید که موج‌های ایستاده در هر دو نوع عرضی (مثلاً تار موسیقی) و طولی (مثلاً صوت) می‌تواند تشکیل شود. حتی در امواج الکترومغناطیسی هم می‌توانیم شاهد موج ایستاده باشیم. اما چون توضیح امواج ایستاده‌ی حاصل از موج‌های عرضی ساده‌تر است معمولاً فقط به توضیح آن‌ها بسنده می‌شود.

موج ایستاده هم در موج‌های عرضی (مثلاً تار موسیقی) و هم در موج‌های طولی (مثلاً لوله‌ی صوتی) دیده شده است و موج طولی در هر سه محیط ایجاد می‌شود. پس در هر سه محیط امکان تشکیل موج ایستاده وجود دارد.

۲۰- گزینه «۴» اگر دو موج با طول موج λ با هم برهم‌نهی انجام داده و موج ایستاده تولید کنند. فاصله‌ی دو گره متوالی یا دو شکم

متوالی $\frac{\lambda}{2}$ و فاصله‌ی یک گره با یک شکم مجاور $\frac{\lambda}{4}$ است.

۲۱- گزینه «۲»

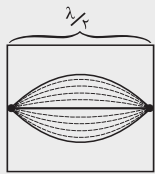
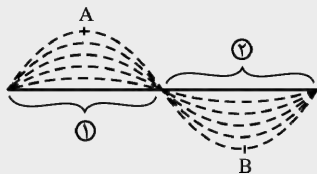
امواج ایستاده اصلاً پیشروی نمی‌کنند که بفوایم زمان انتشار آنها را مناسبه کنیم. بنابراین احتمالاً منظور سؤال زمان پیشروی

برای موج‌های رونده‌ی سازنده‌ی آن موج ایستاده بوده است!

 گفتیم فاصله‌ی بین یک گره تا یک شکم $\frac{\lambda}{4}$ است. پس $\frac{T}{4}$ زمان نیاز است که یک موج رونده این فاصله را طی کند.

۲۲- گزینه «۴»

ویژگی نقاط بلوک خان



عکس ۴×۳ آفتاب بلوک خان!

در موج ایستاده همه‌ی نقاط بین دو گره متوالی همواره هم‌فازند و هم‌زمان به انتهای دامنه یا مبدأ تعادل خود می‌رسند و تنها در اندازه‌ی دامنه تفاوت دارند که در شکم دارای بیشترین مقدار است و هنگامی که به گره نزدیک می‌شویم کم شده تا به صفر برسد.

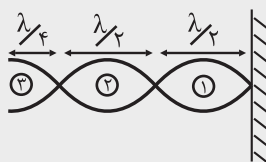
بد نیست بدانید که نقاطی که بین آنها یک گره وجود دارد (مثل A و B) همواره در فاز متقابلند یعنی هنگامی که A به بالاترین نقطه از مسیرش می‌رسد، B به پایین‌ترین نقطه از مسیرش می‌رسد. اگر فاصله‌ی بین هر دو گره متوالی را یک بلوک بنامیم، تمام نقاط موجود در یک بلوک (مثلاً بلوک ۱ یا ۲) هم‌فازند و نقاط موجود در دو بلوک متوالی (مثلاً ۱ و ۲) در فاز متقابلند (π راریان اختلاف فاز دارند). چون یک بلوک فاصله‌ی بین دو گره متوالی است، بدیهی است که طول هر بلوک برابر $\frac{\lambda}{2}$ خواهد بود.

۲۳- گزینه «۱» فاز تمام نقاط بین دو گره یکسان است ولی دامنه‌ی آنها با هم متفاوت است و از صفر (گره) تا ماکسیمم (شکم) تغییر می‌کند.

۲۴- گزینه «۱» تنها بسامد همه‌ی نقاط محیط در موج ایستاده یکسان است و برابر با بسامد منبع ارتعاش است.

۲۵- گزینه «۲»

انتهای بسته و گره، انتهای باز و شکم



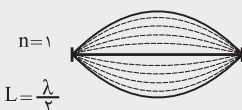
چون انتهای بسته طناب نمی‌تواند نوسان کند، در موج ایستاده حکم گره را دارد. دانستیم که جابجایی انتهای باز طناب در هنگام بازتاب موج، ۲ برابر دامنه است. بنابراین انتهای باز طناب حکم شکم را دارد. (زیرا دامنه‌ی شکم هم دو برابر دامنه‌ی موج رونده است.)

 می‌دانیم در مانع سخت همواره گره تشکیل می‌شود. همانطور که از شکل پیداست از سومین شکم تا انتهای بسته $\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} = \frac{5\lambda}{4}$ فاصله است.

۲۶- گزینه «۴»

طناب و دو انتهای آن

به طور کلی طناب‌هایی را که در آنها موج ایستاده تشکیل می‌شود، را بر حسب باز یا بسته بودن انتهایشان به ۳ دسته تقسیم می‌کنیم:

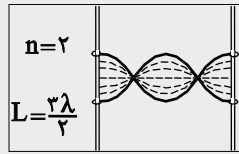
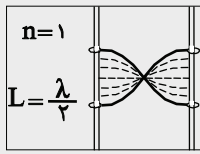


۱- **طناب با دو انتهای بسته**: همانطور که گفتیم در انتهای بسته‌ی طناب گره تشکیل می‌شود. پس طنابی که دو انتهایش بسته است در دو سر خود دارای گره است. حالت اول این است که در طول طناب یک بلوک تشکیل شود. در این صورت طول طناب برابر $\frac{\lambda}{2}$ خواهد بود. ولی این تنها حالت ممکن نیست. حالت دوم این است که در



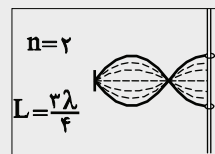
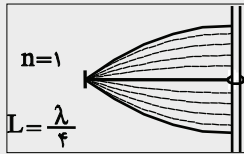
طول طناب ۲ بلوک داشته باشیم و طول طناب برابر $L = 2 \times \frac{\lambda}{2} = \lambda$ خواهد بود.

به همین ترتیب در هر حالت نسبت به حالت قبل یک بلوک اضافه می‌شود و در حالت n ام، در طول طناب n بلوک تشکیل می‌شود و طول طناب برابر $L = \frac{n\lambda}{4}$ خواهد بود.



۲- طناب با دو انتهای باز: بدیهی است که در دو انتهای این نوع طناب شکم داریم. حالت اول این است که در وسط طناب یک گره و در دو انتهای آن دو شکم داشته باشیم و در طول طناب بلوک کاملی وجود نداشته باشد. حالت دوم این است که در وسط طناب یک بلوک کامل نیز داشته باشیم.

به همین ترتیب در هر حالت نسبت به حالت قبل یک بلوک اضافه می‌شود. در حالت n ام در طناب دو نیم بلوک و $n-1$ بلوک داریم و طول طناب عبارت است از $L = n \frac{\lambda}{4}$



۳- طناب با یک انتهای باز و یک انتهای بسته: می‌دانیم که در انتهای باز طناب، شکم ایجاد می‌شود و در انتهای بسته آن گره. حالت اول این است که در طول طناب یک نیم بلوک تشکیل شود و طول طناب برابر $\frac{\lambda}{4}$ باشد. حالت دوم این است

که در طول طناب یک بلوک کامل و یک نیم بلوک تشکیل شود. در این حالت طول طناب برابر $\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{4} = \frac{2\lambda}{4}$ خواهد بود. به همین ترتیب در هر حالت نسبت به حالت قبل یک بلوک اضافه خواهد شد. در حالت n ام در طناب یک نیم بلوک و $n-1$ بلوک داریم و طول طناب عبارت است از $L = (2n-1) \frac{\lambda}{4}$

به چند نکته توجه نمایید:

- ۱- در هر سه نوع طناب، هر حالت نسبت به حالت قبل یک بلوک اضافه‌تر خواهد داشت.
- ۲- در طنابی با دو سر بسته در حالت اول یک بلوک تشکیل می‌شود ولی در طنابهایی با دو سر باز و یا یک سر بسته و یک سر باز در حالت اول بلوکی تشکیل نمی‌شود. بنابراین در حالت n ام در طنابی با دو سر بسته n بلوک داریم ولی در طنابهایی با دو سر باز و یا یک سر بسته و یک سر باز در حالت n ام، $n-1$ بلوک خواهیم داشت.
- ۳- تعداد گره‌ها در هر سه نوع طناب همواره یکی بیشتر از تعداد بلوک‌های کامل است.
- ۴- برای شمارش شکم‌ها باید به نوع طناب توجه کرد. هر بلوک یک شکم خواهد داشت و در هر انتهای باز نیز یک شکم مشاهده می‌شود.
- ۵- n شماره‌ی حالت است. مثلاً برای بررسی حالت چهارم یک طناب، n را برابر ۴ قرار می‌دهیم.
- ۶- هرگاه از واژه‌ی تار استفاده شد و در باره‌ی باز یا بسته بودن انتهای آن صحبتی نشد، دو انتهای تار را بسته فرض می‌کنیم. دقت کنید که زمانی که می‌گویند در طنابی که یک انتهایش باز است... نپرسید که خب انتهای دیگرش چه خبر؟ وقتی گفتند یک انتهایش باز است یعنی انتهای دیگرش باز نیست پس حتماً بسته است دیگر! یا اگر گفتند که یک انتهای طنابی بسته است باز منظور همین طناب است.

دو انتهای طناب محکم شده است پس در طول طناب تعدادی بلوک کامل تشکیل می‌شود.

$$L = n \frac{\lambda}{4} \text{ و } L = m \lambda \text{ و } \lambda = \frac{v}{f} \rightarrow 1 = n \times \frac{v}{4f} \quad \text{طول هر بلوک هم که } \frac{\lambda}{4} \text{ داریم:}$$

یعنی در طول طناب ۱۰ بلوک تشکیل می‌شود و تعداد گره‌ها همواره یکی بیشتر از بلوک‌ها است؛ یعنی ۱۱ تا.

۲۷- گزینه «۴» گفتیم که در طناب با دو انتهای بسته طول طناب باید مضربی از $\frac{\lambda}{4}$ باشد تا موج ایستاده تشکیل شود:

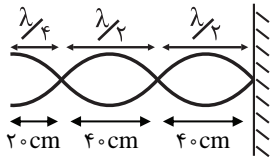
$$\lambda = 30 \text{ cm} \rightarrow \frac{\lambda}{4} = 7.5 \text{ cm}, L = 100 \text{ cm}$$

و می‌دانیم که ۱۰۰ مضربی از ۷.۵ نیست! پس در طناب اصلاً شاهد موج ایستاده نخواهیم بود.

۲۸- گزینه «۲» گفته شده که یک انتهای طناب باز است. پس در طول طناب تعدادی بلوک کامل و یک نیم بلوک تشکیل می‌شود.

$$L = (2n-1) \frac{\lambda}{4} \text{ و } L = m \lambda \text{ و } \lambda = 80 \text{ cm} \rightarrow 1 = (2n-1) \times \frac{80}{4} \Rightarrow 2n-1 = 5 \rightarrow n = 3 \quad \text{داریم:}$$

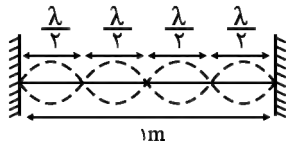
پس حالت سوم رخ می‌دهد که در آن ۲ بلوک کامل و یک نیم بلوک داریم یعنی ۳ شکم و ۳ گره



فاصله‌ی یک گره از شکم پهلویی $\frac{\lambda}{4}$ است، پس ابتدا باید λ را بیابیم. **۲۹- گزینه «۲»**

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{200}{200} = 1\text{m} \rightarrow \Delta x = \frac{\lambda}{4} = 25\text{cm}$$

۳۰- گزینه «۱»



$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{200}{400} = \frac{1}{2}\text{m}, L = n \frac{\lambda}{2} \rightarrow 1 = n \times \frac{1}{2} \Rightarrow n = 2$$

شماره‌ی حالت

تعداد گره‌ها $n+1=3$ → تعداد بلوک‌ها $n=2$

در طنابی با دو انتهای بسته در حالت n ، n بلوک کامل داریم یعنی تعداد بلوک‌ها همان شماره‌ی حالت است.

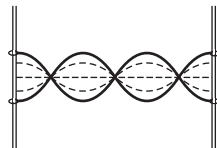
۳۱- گزینه «۱» چون دو انتهای طناب باز است پس در صورت تشکیل موج ایستاده در آن شاهد دو نیم بلوک و تعدادی بلوک کامل خواهیم بود.

$$L = (n) \frac{\lambda}{2}$$

$$45 = (n) \frac{30}{2} \rightarrow n = 3 \rightarrow \text{تعداد بلوک‌های کامل} = 3 - 1 = 2 \rightarrow \text{حالت سوم}$$

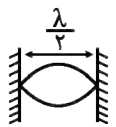
در طنابی با دو انتهای باز، تعداد بلوک‌های کامل یکی کمتر از شماره‌ی حالت است.

و دو نیم بلوک هم که در دو سر طناب داریم که مشاهده می‌شود ۴ شکم و تعداد گره‌ها هم که ساده است، همواره یکی بیشتر از بلوک‌های کامل است.



تعداد گره‌ها $2+1=3$

۳۲- گزینه «۲»



$$v = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{20}{\frac{0.002}{1}}} = \sqrt{10000} = 100\text{m/s}$$

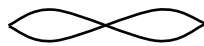
$$\lambda = 2L = 2\text{m} \rightarrow v = \frac{v}{\lambda} = \frac{100}{2} = 50\text{Hz}$$

ابتدا مقدار μ را پیدا می‌کنیم تا سرعت انتشار موج در سیم به‌دست آید. **۳۳- گزینه «۱»**

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0.25 \times 10^{-3}}{1} = 25 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.625}{25 \times 10^{-5}}} = \sqrt{\frac{625 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-5}}} = \sqrt{25 \times 10^2} = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

سیم را در عادی‌ترین حالت، یعنی با دو انتهای بسته در نظر می‌گیریم و مقدار n (شماره‌ی صوت) را پیدا می‌کنیم.

$$v_n = \frac{nv}{2L} \Rightarrow 50 = \frac{n \times 50}{2 \times 1} \Rightarrow n = 2$$



بنابراین، در طول سیم ۲ شکم تشکیل شده است.

۳۴- گزینه «۲» افزایش جرم وزنه باعث افزایش کشش نخ و در نتیجه باعث افزایش سرعت انتشار موج در طناب است. از فصل نوسان

به خاطر داریم که بسامد نوسانگر جزء خواص ذاتی آن بوده و همواره مقداری ثابت و مشخص است پس بسامد دیاپازون هم در اینجا مقداری ثابت و مشخص است.

مطابق رابطه‌ی $\lambda = \frac{v}{f}$ چون v ثابت است بین v و λ ، ارتباط مستقیم برقرار است و افزایش v به معنی افزایش λ است. افزایش λ به

معنی تشکیل بلوک‌های بزرگ‌تر و کمتر و لذا وجود گره‌های کمتر خواهد بود.

۳۵- گزینه «۲» مطابق رابطه‌ی $\lambda = \frac{v}{f}$ چون شرایط محیط تغییر نکرده و v ثابت است بین v و λ رابطه‌ی معکوس برقرار است.

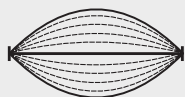
یعنی کمترین بسامد مربوط به بلندترین طول موج است. چون در اینجا نقاط A و B محکم هستند پس هر دو حکم گره را دارند لذا حداقل بین آنها یک بلوک تشکیل می‌شود و این بلندترین طول موج ممکن است.

$$\frac{\lambda}{2} = 8\text{cm} \rightarrow \lambda = 16\text{cm} = 0.16\text{m} \text{ و } v = 4000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ و } \lambda = \frac{v}{f} \rightarrow v = \frac{v}{\lambda} = \frac{4000}{0.16} = \frac{1}{4} \times 10^5 = 2.5 \times 10^4 \text{ Hz}$$

حالت پایه و شمارهی هماهنگ

اگر در طنابی حداقل تعداد بلوک ممکن تشکیل شود، به آن موج ایستاده‌ی اصلی طناب می‌گویند و اگر محیط انتشار یک تار صوتی باشد موج ایستاده اصلی را معمولاً به صوت اصلی یا صوت پایه می‌شناسند. اما گفتیم که حالت‌های دیگری نیز وجود دارند و در هر حالت یک بلوک نسبت به حالت قبل اضافه خواهد شد. افزایش بلوک‌ها در حالی که طول طناب ثابت است به معنی کاهش طول موج است. هم‌چنین از آن‌جا که سرعت ثابت است، مطابق رابطه‌ی $\lambda = \frac{v}{f}$ می‌دانیم که طول موج با بسامد رابطه‌ی عکس دارند. یعنی نصف شدن طول موج به معنی دو برابر شدن بسامد است و به طور کلی $\frac{1}{k}$ برابر شدن طول موج، به k برابر شدن بسامد می‌انجامد. پس با افزایش بلوک‌ها، طول موج کاهش می‌یابد و با کاهش طول موج، بسامد افزایش می‌یابد. به عبارتی برای ایجاد بلوک‌های بیشتر باید بسامد را بیشتر کنیم.

اگر در طنابی موج ایستاده‌ای تشکیل شود که طول موج آن $\frac{1}{k}$ طول موج اصلی و لذا بسامد آن k برابر بسامد اصلی باشد (پون v ثابت است، λ و v رابطه‌ی عکس دارند؛ $(\lambda = \frac{v}{f})$ ، این بسامد را هماهنگ k ام موج اصلی می‌نامند.



حالت پایه



هماهنگ دوم

در حالت پایه، در تاری با دو انتهای بسته یک بلوک و لذا یک شکم وجود دارد. پس وجود دو شکم به معنی هماهنگ دوم است. (هماهنگ اول همان صوت اصلی است)

$$v_p = 77 \text{ m/s} = 7 \times (20) = 140 \text{ Hz}$$

گفتیم که بسامد هماهنگ هفتم، هفت برابر بسامد اصلی است. پس

۳۷ - گزینه «۴»

۳۸ - گزینه «۳»

چند نکته‌ی نغز

به چند نکته توجه کنید:

۱- در طناب‌هایی با دو سر باز و یا دو سر بسته، طول طناب همواره ضریبی از $\frac{\lambda}{2}$ خواهد بود ($L = \frac{n\lambda}{2}$).

پس $\lambda_n = \frac{2L}{n} = \frac{\lambda_1}{n}$ و با توجه به رابطه‌ی $(v = \frac{v}{\lambda})$ داریم: $v_n = \frac{vn}{2L} = nv_1$. یعنی همه‌ی هماهنگ‌های این نوع طناب‌ها می‌توانند تشکیل شوند.

۲- در طناب‌هایی که یک سر آن‌ها بسته و یک سر آن‌ها باز است، طول طناب همواره ضریب فردی از $\frac{\lambda}{4}$ است

($L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$) پس $\lambda_{2n-1} = \frac{4L}{2n-1} = \frac{\lambda_1}{2n-1}$ و با توجه به رابطه‌ی $(v = \frac{v}{\lambda})$

داریم: $v_{2n-1} = \frac{v(2n-1)}{4L} = (2n-1)v_1$. یعنی تنها هماهنگ‌های فرد این نوع طناب‌ها می‌توانند تشکیل شوند.

۳- هماهنگ k ام همواره k برابر بسامد اصلی است؛ چه در طناب (دو سر بسته) و چه در طناب (یک سر بسته و یک سر باز). فقط دقت کنید که در طناب‌های با یک انتهای ثابت (همون یک سر بسته و یک سر باز) تنها هماهنگ‌های فرد را داریم. ولی باز هم هماهنگ k ام، k برابر بسامد اصلی است.

$v_n = nv_1, n = 1, 2, 3, \dots$ → طناب با دو انتهای بسته یا دو انتهای باز

$v_{2n-1} = (2n-1)v_1, n = 1, 2, 3, \dots$ → طناب با یک انتهای بسته

کافی است ابتدا طول موج اصلی را یافته و سپس بر ۳ تقسیم کنیم. می‌دانیم در طنابی که دو انتهایش بسته است طول موج اصلی $\lambda_1 = 2L$

$$\lambda_3 = \frac{2}{3}L = \frac{2}{3} \times 90 = 60 \text{ cm}$$

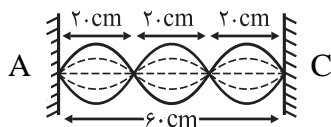
است. پس طول موج هماهنگ سوم $\lambda_3 = \frac{2}{3}L$ است.

۳۹- گزینه «۳» در اینجا نیز طول موج هماهنگ پنجم، قطعاً $\frac{1}{5}$ طول موج اصلی است. لذا کافی است طول موج اصلی را بیابیم:

$$\lambda_1 = 4L = 4m = 40 \text{ cm} \quad \lambda_5 = \frac{40}{5} = 8 \text{ cm}$$

۴۰- گزینه «۴» در اینجا طنابی با یک سر باز و یک سر بسته داریم. پس در آن هماهنگ چهارم که یک هماهنگ زوج است تشکیل نمی‌شود.

۴۱- گزینه «۱» $\lambda_1 = 4L \rightarrow L = \frac{\lambda_1}{4} = \frac{20}{4} = 5 \text{ cm}$



۴۲- گزینه «۲» چون طول میله ۶۰ سانتی‌متر است، اگر قرار باشد در طول میله ۳ بلوک

تشکیل شود، طول هر بلوک ۲۰ cm خواهد بود یعنی ۴ گره داریم که فاصله‌ی آنها از هم ۲۰ cm است و می‌دانیم که محل گیره‌ی B حتماً باید گره باشد. پس B را می‌توان روی هر کدام از گره‌ها قرار داد یعنی روی نقطه‌ی A یا در ۲۰ سانتی‌متری آن یا ۴۰ سانتی‌متری آن یا ۶۰ سانتی‌متری آن (که همان نقطه‌ی C است).

۴۳- گزینه «۴» (هر چند فرم صورت این تست یه کم عجیب و غریبه ولی واسه تست آموزشی بد نیست!)

در حقیقت این تست را داده‌ام تا بحث شماره هماهنگ‌ها را کمی بهتر جمع بندی کنیم. $\lambda_5 = \frac{\lambda_1}{5} \rightarrow \lambda_1 = 5\lambda_5 = 5 \times 0.4 = 2 \text{ m}$

تا اینجا که برای هر سه طناب یکسان بود ولی در طناب‌های با دو سر بسته یا دو سر باز $\lambda_1 = 2L$ پس:

$$L = \frac{\lambda_1}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ m}$$

ولی برای طناب با یک سر باز و یک سر بسته $\lambda_1 = 4L$ پس:

$$L = \frac{\lambda_1}{4} = \frac{2}{4} = 0.5 \text{ m}$$

تک تک حالت‌ها را بررسی می‌کنیم:

۴۴- گزینه «۱»

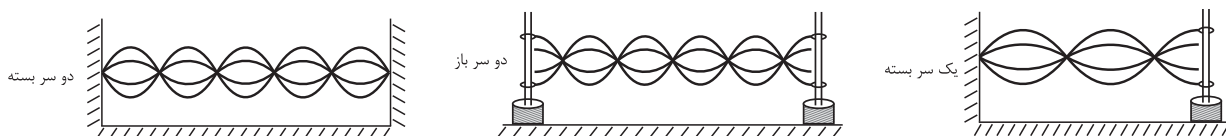
دو سر بسته: تعداد گره‌ها $5 + 1 = 6$ → تعداد بلوک‌های کامل $n = 5$ → حالت پنجم $n = 5$ شماره‌ی هماهنگ

دو سر باز: تعداد گره‌ها $4 + 1 = 5$ → تعداد بلوک‌های کامل $n - 1 = 4$ → حالت پنجم $n = 5$ شماره‌ی هماهنگ

یک سر باز و یک سر بسته:

تعداد گره‌ها $3 + 1 = 4$ → تعداد بلوک‌های کامل $n - 1 = 2$ → حالت سوم $n = 3$ شماره‌ی هماهنگ

آکه دلتون فواست به شکل‌ها هم یه نگاهی بندازید:



۴۵- گزینه «۴» $\lambda_1 = 2L = 2 \times (60) = 120 \text{ cm}$

همان‌طور که دیدید طول موج فقط تابعی از طول طناب است و بسامد 40 Hz هیچ تاثیری در مناسبه‌ی آن نداشت.

۴۶- گزینه «۲» طول موج هماهنگ سوم، $\frac{1}{3}$ طول موج اصلی است. $\lambda_3 = \frac{1}{3}\lambda_1$ و $\lambda_1 = 2L = 90 \text{ cm} \rightarrow \lambda_3 = \frac{90}{3} = 30 \text{ cm}$

(بسامد داده شده هم نکته‌ی انحرافی بود فب دیکه!)

۴۷- گزینه «۲» برای یافتن v ابتدا باید طول موج اصلی را پیدا کرد.

$$\lambda_1 = 4L = 4 \times (5) = 20 \text{ m}$$

$$v = 160 \text{ m/s} \quad v = \frac{v}{\lambda} \rightarrow v_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{160}{20} = 8 \text{ Hz}$$

۴۸- گزینه «۱» $\lambda = \frac{v}{v} \rightarrow v_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{220}{1/6} = 200 \text{ Hz}$ ، $\lambda = \frac{v}{v} \rightarrow v_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{220}{1/6} = 200 \text{ Hz}$ → $\lambda_1 = 2L = 2 \times 80 = 160 \text{ cm}$ (با دو انتهای بسته)

۴۹- گزینه «۴» $\lambda_1 = 2L = 2 \times 60 = 120 \text{ cm} = 1/2 \text{ m}$ و $\lambda v = 400 \times 12 = 4800 \text{ m/s}$

۵۰- گزینه «۴» ابتدا طول موج هماهنگ سوم را پیدا می‌کنیم و سپس با کمک سرعت انتشار موج، بسامد سوم را حساب می‌کنیم:

$$\lambda_1 = 2L = 1 \text{ m}, \lambda_3 = \frac{\lambda_1}{3} = \frac{1}{3} \text{ m}, v_n = \frac{v}{\lambda_n} \rightarrow v_3 = \frac{300}{1/3} = 900 \text{ Hz}$$

۵۱- گزینه «۲»

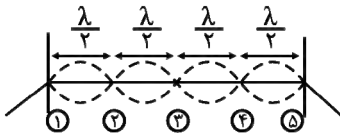
 ۵ گره ← ۴ بلوک ← تار (دو انتهای بسته) ← هماهنگ چهارم. و می‌دانیم $v_n = nv_1$ پس داریم:

$$800 = 4v_1 \rightarrow v_1 = 200 \text{ Hz}$$

۵۲- گزینه «۳»

در طول تار ۵ گره داریم پس ۴ بلوک تشکیل شده است و چون دربارهی

باز یا بسته بودن انتهای تار صحبت نشده فرض می‌کنیم دو انتهای تار بسته است. لذا شماره‌ی هماهنگ همان n (شماره‌ی حالت) و برابر با تعداد بلوک‌ها است یعنی در این تار هماهنگ چهارم نواخته می‌شود. پس کافی است با کمک سرعت موج و بسامد هماهنگ چهارم، طول موج هماهنگ چهارم را بیابیم و سپس طول تار را محاسبه کنیم.



$$\lambda_4 = \frac{v}{v_4} = \frac{200}{750} = \frac{1}{25} \text{ m} = 4 \text{ cm}, \lambda_4 = \frac{\lambda_1}{4} = \frac{2L}{4} = \frac{L}{2} \rightarrow L = 2\lambda_4 = 2 \times 4 = 8 \text{ cm}$$

۵۳- گزینه «۱»

اختلاف دو بسامد متوالی

همانطور که گفتیم بسامد k ام، k برابر بسامد اصلی است و بسامد $k+1$ ام، $k+1$ برابر بسامد اصلی است. و مشخص است که اختلاف این دو بسامد برابر بسامد اصلی است. یعنی در هر هماهنگ نسبت به هماهنگ قبلی بسامد به اندازه‌ی بسامد اصلی افزایش می‌یابد.

اختلاف دو بسامد متوالی همواره برابر بسامد اصلی است. توجه کنید که در طنابی که یک انتهای آن باز و انتهای دیگر آن بسته است، هماهنگ‌های متوالی نداریم! (پون فقط هماهنگ‌های فرد تشکیل می‌شود) و برای بدست آوردن بسامد اصلی در آنها می‌توان اختلاف دو بسامد فرد متوالی را بدست آورده و بر دو تقسیم کرد.

روش اول:

$$\frac{v_n}{v_{n+1}} = \frac{nv_1}{(n+1)v_1} = \frac{n}{n+1} = \frac{200}{250} = \frac{4}{5} \rightarrow n = 4, n+1 = 5, v_1 = 50 \text{ Hz}$$

روش دوم:

دو بسامد متوالی داده شده است. پس اختلاف آن‌ها برابر بسامد اصلی تار است!

۵۴- گزینه «۳» خُب طول طناب و نیروی کشش آن‌را داده و جرم طناب را می‌خواهد. به سادگی مشخص است که باید سرعت را داشته باشیم. برای یافتن سرعت انتشار از بسامد و طول موج کمک می‌گیریم: $(v = \lambda v)$. بسامد که در صورت سؤال به طور صریح، مشخص است ولی طول موج را باید با کلی IQ سوزاندن پیدا کنیم!

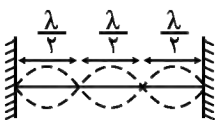
$$v = \lambda v = 2 \times 50 = 100 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{200}{\frac{m}{1}}} = 100 \text{ m/s} \Rightarrow \sqrt{\frac{200}{m}} = 100 \Rightarrow \frac{200}{m} = 10000 \Rightarrow m = \frac{200}{10000} = \frac{2}{1000} \text{ kg} = 2 \text{ g}$$

۵۵- گزینه «۲»

در طناب ۴ گره تشکیل شده پس ۳ بلوک کامل داریم:

چون دو انتهای طناب بسته است پس تعداد بلوک‌ها همان شماره‌ی حالت و همان شماره‌ی هماهنگ است.



$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \text{ و } n = 3 \rightarrow \lambda_3 = \frac{2}{3} \text{ m}$$

$$v = \lambda v = \frac{2}{3} \times 300 = 200 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{100}{\frac{m}{1}}}, v = 200 \text{ m/s} \rightarrow 200 = \sqrt{\frac{100}{m}} \rightarrow 40000 = \frac{100}{m} \rightarrow m = \frac{1}{400} \text{ kg} = \frac{1000}{400} \text{ g} = 2.5 \text{ g}$$

۵۶- گزینه «۴»

$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ جنس طناب که تغییر نکرده (μ ثابت است) و چون نیرو هم ثابت است سرعت انتشار موج ثابت می‌ماند.

$$\lambda = 2L$$

با ۳ برابر شدن طول طناب، طول موج صوت اصلی هم سه برابر می‌شود:

همچنین می‌دانیم:

$$\lambda = \frac{v}{\nu} \rightarrow v = \frac{v}{\lambda}$$

 سرعت که ثابت است. پس ۳ برابر شدن λ به معنی $\frac{1}{3}$ شدن v است.

۵۷- گزینه «۲»

 چون تار را کشیده‌ایم تا طولش ۴ برابر شود، جرم آن تغییر نکرده است و فقط L تغییر کرده پس:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{FL}{m}}, L_2 = 4L_1 \Rightarrow v_2 = 2v_1$$

از طرفی ۴ برابر شدن طول طناب باعث ۴ برابر شدن طول موج اصلی می‌شود.
 (دقت کنید که اگر می‌گفت طول تار را چهار برابر می‌کنیم آتوقمت به این معنی بود که جرم آن هم ۴ برابر می‌شود ولی با کشیدن تار، جرم ثابت می‌ماند و طول زیار می‌شود یعنی قطر آن کم می‌شود.)

$$v = \lambda v \Rightarrow v = \frac{v}{\lambda}, v_r = 2v_1, \lambda_r = 4\lambda_1 \Rightarrow \frac{v_r}{v_1} = \frac{4\lambda_1}{\lambda_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow v_r = \frac{1}{2}v_1$$

۵۸- گزینه «۳» طول تار که نصف شود، طول موج صوت اصلی هم نصف می‌شود.

لذا برای دانستن نسبت بسامد ها باید نسبت سرعت‌ها را نیز بدانیم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \mu_r = \mu_1, F_r = 4F_1 \Rightarrow v_r = 2v_1$$

$$\frac{v_r}{v_1} = \frac{\frac{v_r}{\lambda_r}}{\frac{v_1}{\lambda_1}} = \frac{\frac{1}{2}\lambda_1}{\lambda_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow v_r = 4v_1$$

۵۹- گزینه «۲» (روش اول: با توجه به رابطه‌ی $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ داریم:

$$F_r = 4F_1 \rightarrow v_r = 2v_1$$

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \rightarrow \begin{cases} n=2 \rightarrow \lambda=L \\ n=3 \rightarrow \lambda=\frac{2}{3}L \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{v}{\nu} \rightarrow v = \frac{v}{\lambda} \rightarrow \frac{v_r}{v_1} = \frac{\frac{v_r}{\lambda_r}}{\frac{v_1}{\lambda_1}} = \frac{\frac{2}{3}L}{L} = \frac{2}{3} \Rightarrow v_r = 3v_1 = 3 \times 200 = 600 \text{ Hz}$$

(روش دوم: در حالت اول بسامد هماهنگ دوم ۲۰۰ Hz است پس بسامد صوت اصلی ۱۰۰ Hz است وقتی نیروی کشش ۴ برابر می‌شود، سرعت ۲ برابر می‌شود و مطابق رابطه‌ی $v_n = \frac{n}{\lambda_n}$ بسامد تمامی هماهنگ‌ها نیز ۲ برابر می‌شود. (مثلاً بسامد صوت اصلی دو برابر بسامد صوت اصلی در حالت قبل می‌شود و بسامد هماهنگ دوم نیز دو برابر بسامد هماهنگ دوم در حالت قبل می‌شود و ...) لذا بسامد صوت اصلی در حالت دوم ۲۰۰ Hz می‌شود و بسامد هماهنگ سوم ۶۰۰ Hz خواهد بود.

۶۰- گزینه «۱» بسامد صوت دوم ۱۰۰ هرتز است پس بسامد صوت اصلی ۵۰ هرتز است، $v_1 = 50 \text{ Hz}$ طبق رابطه‌ی $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

چهار برابر کردن F به معنی ۲ برابر کردن سرعت است طبق رابطه‌ی $v_1 = \frac{v}{\lambda_1}$ با ۲ برابر شدن سرعت، بسامد اصلی نیز دو برابر می‌شود.

$$v'_1 = 2v_1 = 50 \text{ Hz}$$

۶۱- گزینه «۲»

$$\lambda = \frac{v}{\nu} \Rightarrow v = \frac{v}{\lambda}$$

برای بررسی تغییرات v باید تغییرات λ و ν را بررسی کنیم. ۴ برابر شدن نیروی کشش تار باعث ۲ برابر شدن سرعت می‌شود. نصف شدن طول تار هم به معنی نصف شدن λ است پس کلاً ۴، v برابر می‌شود.

و اما سرعت صوت در هوا مقداری ثابت است و هیچ ربطی به نحوه‌ی ارتعاش سیم ندارد.

۶۲- گزینه «۲» بسامد قرار است ۲۰٪ افزایش پیدا کند یعنی ۱/۲ برابر شود. پس سرعت هم باید ۱/۲ برابر شود. بنابراین نیرو

باید $(1/2)^2$ یعنی ۱/۴ برابر شود پس نیرو باید ۴۴٪ افزایش پیدا کند.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

۶۳- گزینه «۱» با ۴ برابر شدن نیروی کشش نرخ سرعت انتشار موج ۲ برابر می‌شود.

اگر بسامد نیز ۳ برابر شود درباره‌ی λ داریم:

$$\lambda = \frac{v}{\nu} \Rightarrow \frac{\lambda_r}{\lambda_1} = \frac{\frac{v_r}{\nu_r}}{\frac{v_1}{\nu_1}} = \frac{\frac{2v_1}{\nu_1}}{\frac{v_1}{\nu_1}} = \frac{2}{3} \Rightarrow \lambda_r = \frac{2}{3}\lambda_1$$

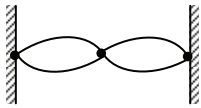
در طناب با دو انتهای بسته، $\lambda_n = \frac{2L}{n}$ که شماره‌ی حالت برابر با تعداد بلوک‌هاست پس نسبت تعداد بلوک‌ها عکس نسبت λ هاست. در حالت

اول که در طناب ۳ گره بود نتیجه می‌شود که ۲ بلوک وجود دارد پس:

$$n_2 = \frac{3}{2} n_1, n_1 = 2 \Rightarrow n_2 = \frac{3}{2} \times 2 = 3$$

لذا در طول طناب ۳ بلوک وجود دارد. پس ۴ گره داریم.

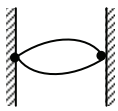
۶۴- گزینه «۳» روش اول: اگر در طول تار ۳ گره تشکیل شده باشد، به این معنی است که بسامد دوم



تولید می‌شود پس بسامد دوم تار ۶۰ Hz است

حالا اگر نیروی کشش تار را ۴ برابر کنیم، سرعت ۲ برابر می‌شود و لذا بسامد دوم در حالت جدید نیز دو برابر شده و برابر ۱۲۰ Hz خواهد شد.

حال می‌خواهیم آن را به گونه‌ای به ارتعاش درآوریم که ۲ گره تشکیل شود یعنی بسامد اول تولید شود. بسامد دوم ۲۰ Hz



است. پس بسامد اول ۶۰ Hz خواهد بود.

روش دوم: بسامد دوم \rightarrow تار با دو انتهای بسته \rightarrow ۲ بلوک کامل \rightarrow ۳ گره

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \text{ و } F' = 4F \rightarrow v' = 2v$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow v = \frac{v}{\lambda}$$

$$\rightarrow v' = 2v \rightarrow v' = 2v \rightarrow v'_2 = 2v_2 \rightarrow v'_2 = 120 \text{ Hz} \rightarrow v'_1 = 60 \text{ Hz}$$

۶۵- گزینه «۲» چون در دو حالت درباره‌ی طول موج صوت اصلی صحبت شده است و در این حالت $\lambda = 2L$ پس نسبت λ ها همان نسبت طول هاست.

چون v در دو حالت یکسان است پس نسبت λ ها همان نسبت v هاست $\lambda = \frac{v}{f}$. در این تست نیروی کشش $\frac{1}{4}$ شده بنابراین سرعت $\frac{1}{2}$ شده

است پس λ نیز $\frac{1}{2}$ می‌شود. لذا L هم باید $\frac{1}{2}$ شود:

$$L_2 = \frac{1}{2} L_1, L_1 = 1 \text{ m} \Rightarrow L_2 = 0.5 \text{ m}$$

۶۶- گزینه «۲»

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow v = \frac{v}{\lambda}, v_1 = v_2 \Rightarrow \frac{v_2}{\lambda_2} = \frac{v_1}{\lambda_1}, \lambda_2 = \frac{1}{4} \lambda_1 \Rightarrow v_2 = \frac{1}{4} v_1 \Rightarrow F_2 = \frac{1}{16} F_1 \Rightarrow F_1 = 16 F_2$$

۶۷- گزینه «۲» چون در هر دو مورد درباره‌ی صوت اصلی تار (با دو انتهای بسته) صحبت شده است پس در هر دو $\lambda = 2L$ لذا نسبت λ ها مثل نسبت L هاست.

و از طرفی می‌دانستیم $\lambda = \frac{v}{f}$ و چون بسامد دو تار یکسان است پس $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$ و باز هم می‌دانستیم $\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{F_2 L_2}}{\sqrt{F_1 L_1}}$ و چون (هرم‌ها برابر است) پس حال یک جمع‌بندی ساده نتیجه می‌دهد:

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{F_2 L_2}}{\sqrt{F_1 L_1}} \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{\sqrt{F_2 L_2}}{\sqrt{F_1 L_1}} \rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{F_2}{F_1}$$

۶۸- گزینه «۲» نیرو تغییر کرده اما طول تار تغییر نکرده است و تار در دو حالت هماهنگ اول خود را تولید می‌کند. پس در دو حالت

فاصله‌ی دو گره $\frac{\lambda}{2} = L$ است. فقط با تغییر نیرو v و در نتیجه λ تغییر می‌کند. (توجه کنید: طول موج هماهنگ‌ها فقط به طول تار وابسته است!)

۶۹- گزینه «۳» در فصل قبل گفتیم که هر نوسانگر فقط دارای یک بسامد خاص است و تحت آن نوسان می‌کند که این بسامد توسط

شرایط فیزیکی نوسانگر معین می‌شود.

همانطور که در نکات بالا دیدیم هماهنگ‌های یک طناب یا تار نیز تنها وابسته به طول و نوع طناب هستند و با هر بسامدی نمی‌توان در طناب موج ایستاده ایجاد کرد. اما از آنجا که تعداد این هماهنگ‌ها بیشمار است، پس در هر طناب یا تار با بیشمار بسامد متفاوت می‌توان موج ایستاده ایجاد کرد. برای ایجاد این موج‌ها باید نوسانگری با بسامد مورد نیاز در اختیار داشته باشیم. تأکید می‌کنم: درست است که در یک طناب یا یک تار با بیشمار بسامد می‌توان موج ایستاده ایجاد کرد ولی این بسامدها از فرمول خاصی (فرمول‌های نکات ۱ و ۲) پیروی می‌کنند و با هر بسامدی نمی‌توان موج ایستاده ایجاد کرد.

برون شرح!

۷۰- گزینه «۲» امواج ایستاده از دو موج با دامنه و بسامد یکسان و جهت انتشار مخالف یکدیگر به وجود می‌آیند.
 ۷۱- گزینه «۱» از علامت‌های + و - که در جلوی جمله ωt داده شده است نتیجه می‌شود که موج‌ها در جهت‌های مخالف حرکت می‌کنند. از تداخل دو موج مشابه که در جهت‌های مخالف در حرکت‌اند، امواج ایستاده با گره و شکم تشکیل می‌شود. فاصله‌ی دو گروه متوالی $\frac{\lambda}{2}$ است. پس باید در جستجوی مقدار λ باشیم. در معادله‌های داده شده، عامل 2π را در داخل پرانتز ضرب می‌کنیم و معادله‌ی u_1 را با صورت کلی $u = A \sin(kx - \omega t)$ مقایسه می‌کنیم. نتیجه‌ی $k = 10\pi$ به دست می‌آید. حالا می‌نویسیم:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow 10\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{5} \text{ m} = 20 \text{ cm} \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 10 \text{ cm}$$

۷۲- گزینه «۳» چون فاصله‌ی بین دو گره‌ی متوالی موج ایستاده $\frac{\lambda}{2}$ است، که λ طول موج امواج در حال حرکت است، پس $\lambda = 2 \times 4 = 8 \text{ cm}$

۷۳- گزینه «۲» فاصله‌ی نقطه‌ی M تا انتهای طناب، بر طبق شکل، برابر $\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{2} = \frac{3\lambda}{4}$ است. پس باید مقدار λ را پیدا کنیم. در معادله‌ی نوسانی که داده شده است، مقدار ω برابر $6\pi \text{ rad}$ است. بنابراین، بسامد نوسان برابر 3 Hz است. حالا با داشتن v و λ می‌توانیم

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{12}{3} = 4 \text{ m} \Rightarrow d_M = \frac{3\lambda}{4} = \frac{3(4)}{4} = 3 \text{ m}$$

۷۴- گزینه «۳» چون در باره‌ی صوت اصلی هر دو سیم صحبت شده و هر دو هم‌طول هستند، $\lambda_1 = \lambda_2 = 2L$ از طرفی:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2FL}{2m}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = v_1, \quad v = \frac{v}{2L} \Rightarrow v_1 = v_2$$

۷۵- گزینه «۲»

۶ گره ← ۵ بلوک کامل ← چون دو انتهای تار بسته است، حالت و هماهنگ پنجم تشکیل شده است $k = n = 5$
 $\lambda_5 = \frac{\lambda_1}{5} = \frac{2L}{5} = \frac{2 \times 0.3}{5} = 0.12$, $v_5 = \frac{v}{\lambda_5} = \frac{150}{0.12} = 1250 \text{ Hz}$

۷۶- گزینه «۴» مسئله‌ی نسبتاً آسانی پیش رو داریم. شکل امواج ایستاده نشان می‌دهد که طول طناب برابر $\frac{3\lambda}{2}$ است. با این دانش،

$$\frac{3\lambda}{2} = 60 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \frac{v}{\lambda} = \frac{210}{0.4} = \frac{2100}{4} = 525 \text{ Hz}$$

۷۷- گزینه «۱» چون دو انتهای طناب بسته است و قرار است در طول طناب یک شکم تشکیل شود پس در طول طناب یک بلوک تشکیل می‌شود لذا:



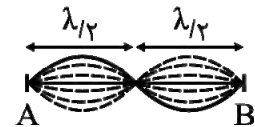
$$\lambda = 2L = 2 \times 40 = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$$

$$v = 50 \text{ Hz}, \quad v = \lambda f = 0.8 \times 50 = 40 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = 40 \Rightarrow \frac{F}{\mu} = 1600, \quad \mu = \frac{1 \text{ kg}}{2 \text{ m}} \Rightarrow F = 1600 \times \frac{1}{2} = 800 \text{ N}$$

پس جرم وزنه باید 80 kg باشد تا نیروی 800 N را در طول طناب ایجاد کند.

۷۸- گزینه «۳» چون در طول طناب ۲ شکم ایجاد می‌شود و دو انتهای طناب بسته (گره) است پس در طول طناب ۲ بلوک تشکیل می‌شود:



$$\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2} = \frac{2L}{2} = L \rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

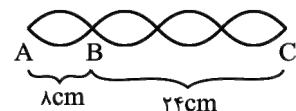
$$v = \lambda f \Rightarrow v = 0.4 \times 50 = 20 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \sqrt{\frac{F}{\mu}} = 20 \Rightarrow \frac{F}{\mu} = 400 \Rightarrow F = 400 \cdot \mu = 400 \times \frac{1}{2} = 200 \text{ N}$$

بنابراین باید یک وزنه‌ی 20 kg را به انتهای طناب وصل کرد تا در طول طناب کشش 200 N ایجاد کند.

۷۹- گزینه «۳» چون میله در نقطه‌ی B محکم شده است پس این نقطه حتماً گره است. اولین هماهنگی که تشکیل می‌شود در

حالتی است که در AB یک بلوک داشته باشیم و چون طول کل میله ۴ برابر AB است، در کل میله ۴ بلوک تشکیل می‌شود که مطابق با



هماهنگ چهارم میله است و این اولین هماهنگی است که میله مورد نظر تولید می‌کند. حالت‌های بعدی

حالت‌هایی هستند که در AB به ترتیب ۲ و ۳ بلوک تشکیل شوند که در کل میله نیز به ترتیب ۸ و ۱۲

بلوک تشکیل می‌شوند که معادل با هماهنگ‌های ۸ و ۱۲ میله هستند. پس ۳ هماهنگ اولی که با این

شرایط تولید می‌شوند عبارت‌اند از: ۴ و ۸ و ۱۲.

۸۰- گزینه «۴» دو نقطه‌ی A و B بین دو گره متوالی قرار دارند یعنی در یک بلوک هستند و می‌دانیم که کلیه‌ی نقاطی که در یک بلوک هستند فاز یکسانی دارند.

۸۱- گزینه «۲» دو نقطه‌ی A و B، دو نقطه از محیط انتشار موج رونده هستند و $\frac{\lambda}{6}$ فاصله دارند پس اختلاف فاز آنها $\frac{2\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$ rad است.

۸۲- گزینه «۲» همان‌طور که بارها گفتیم در طناب با دو انتهای بسته تمام هماهنگ‌های صوت اصلی نواخته می‌شود ولی در طناب با یک انتهای بسته (فوب اون یکی انتهای بازه ریگه) فقط هماهنگ‌های فرد صوت اصلی نواخته می‌شوند.

۸۳- گزینه «۳» هنگامی که در اثر برهم‌نهی دو موج با دامنه‌ی A و دوره‌ی T، یک موج ایستاده تشکیل می‌شود. نقاط مختلف طناب همگی نوسان‌هایی ساده با دوره‌ی T و دامنه‌های متفاوت بین ۲A (در شکم) و صفر (در گره) انجام می‌دهند. در شکل موج نشان داده شده، همه‌ی ذرات در بُعد ماکسیمم هستند پس بعد از $\frac{T}{4}$ همگی به وضع تعادل نوسان خود می‌رسند و روی محور Xها خواهند بود.

۸۴- گزینه «۱» چون نقش موج داده شده مربوط به یک موج ایستاده است پس ذرات محیط همگی نوسانات ساده انجام می‌دهند و نقاط بین دو گره متوالی همواره دارای فاز یکسانی هستند فقط دامنه‌ی آنها با هم فرق می‌کند پس همگی با هم بالا و پائین می‌روند. در حالت اول همه‌ی ذرات در بُعد ماکسیمم خود هستند و از نوسان به یاد داریم که نوسانگری که در بُعد ماکسیمم است پس از گذشت $\frac{T}{6}$ نیمه‌ی دامنه‌ی نوسان می‌آید.

پس با گذشت $\frac{T}{6}$ همگی ذرات در نصف بعد ماکسیمم خود خواهند بود. (نقاط بین دو بلوک متوالی در فاز متقابل هستند. پس هنگامی که نقاط این یکی بلوک در $\frac{A}{4}$ هستند نقاط اون یکی بلوک در $\frac{-A}{4}$ فوآهند بود).

۸۵- گزینه «۳»

گفتیم که در طناب‌هایی با دو انتهای باز یا دو انتهای بسته، طول طناب مضربی از $\frac{\lambda}{4}$ (مضرب زوجی از $\frac{\lambda}{4}$) است و در طناب‌هایی با یک انتهای باز و یک انتهای بسته طول طناب مضرب فردی از $\frac{\lambda}{4}$ است.

پس کافیست ببینیم که طول طناب مضرب فردی از $\frac{\lambda}{4}$ است یا مضرب زوجی از آن. $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{32}{20} = 1.6m \rightarrow \frac{\lambda}{4} = 0.4m$ ، $\frac{1.02}{0.4} = 3$ پس طول طناب مضرب فردی از $\frac{\lambda}{4}$ است لذا طنابی با یک انتهای بسته و یک انتهای باز داریم. (توجه کنید که اگر در مثالی مشابه طول طناب مضرب زوجی از $\frac{\lambda}{4}$ باشد، یا هر دو سر آن باز است یا هر دو سر آن بسته است. ولی نمی‌توان فهمید دقیقاً گرا است).

۸۶- گزینه «۳»

برای این که بفهمیم در طناب چند شکم تولید می‌شود باید طول موج را بدست آوریم و آن را با طول طناب مقایسه کنیم. $v = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{900}{1.05 \times 10^{-2}}} = 300 m/s$ ، $T = \frac{1}{100} s \rightarrow v = 100 Hz \rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{300}{100} = 3m$ ، $\frac{L}{\lambda} = \frac{1.05}{3} = 0.35$ پس در طول طناب موج اصلی تشکیل شده و ۱ شکم و ۲ گره داریم.

۸۷- گزینه «۴»



بسامد nm یک تار، n برابر بسامد اصلی است پس تفاضل دو بسامد متوالی برابر بسامد اصلی است.

مثلاً در اینجا تفاضل دو بسامد متوالی برابر $90 - 63 = 27 Hz$ است پس بسامد اصلی تار $v_1 = 90 Hz$ است. برای یافتن شماره‌ی هماهنگ‌ها باید ببینیم که بسامدها چند برابر بسامد اصلی است. $\frac{720}{90} = 8$ ، $\frac{630}{90} = 7$

۸۸- گزینه «۲» در طول طناب ۴ گره تشکیل شده پس بسامد سوم نواخته می‌شود. اگر بخواهیم در طول طناب ۵ گره تشکیل شود باید بسامد چهارم طناب نواخته می‌شود. $v_3 = 600 Hz \rightarrow v_1 = 200 Hz \rightarrow v_4 = 800 Hz$

۸۹- گزینه «۱» چون در هر دو حالت، هماهنگ k ام تشکیل شده پس λ در هر دو حالت $\frac{2L}{K}$ است و تغییر نمی‌کند لذا طبق رابطه‌ی $v = \lambda v$ تغییرات v به نسبت تغییرات v است.

می‌دانیم $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$. باید ببینیم که افزایش نیرو چه تأثیری بر سرعت می‌گذارد. وقتی گفته می‌شود F ، ۹۶٪ افزایش می‌کند یعنی $1/96$ برابر می‌شود. پس v ، $\sqrt{1/96} = 1/4$ برابر می‌شود در نتیجه v هم $1/4$ برابر می‌شود. یعنی ۴۰٪ افزایش می‌یابد.

۹۰- گزینه «۴»

هماهنگ

$$\lambda_p = \frac{2L}{P} \rightarrow v_p = \frac{v}{\lambda_p} = \frac{Pv}{2L} \quad \text{سیم با دو انتهای بسته:}$$

$$\lambda_p = \frac{4L}{P} \rightarrow v_p = \frac{v}{\lambda_p} = \frac{Pv}{4L} \quad \text{سیم با یک انتهای بسته:}$$

همان‌طور که دیدید بسامد سیم با دو انتهای بسته در هماهنگ P ام دو برابر سیم با یک انتهای بسته و طول موج آن نصف است. اگر درباره‌ی سیمی با دو انتهای باز سؤال می‌کردند طول موج و بسامد هماهنگ k ام آن همانند طول موج و بسامد هماهنگ k ام سیمی با دو انتهای بسته است پس یک جمع‌بندی داشته باشیم:

طول موج و بسامد در هماهنگ k ام برای دو سیم یکسان یکی با دو انتهای باز و دیگری با دو انتهای بسته عیناً یکسان است. ولی برای سیمی مشابه که یک انتهای آن باز و یک انتهای آن بسته است و در هماهنگ k ام است، طول موج دو برابر و بسامد نصف دو سیم قبلی است.

۹۱- گزینه «۳»

در امواج ایستاده، طول موج به طول طناب، باز یا بسته بودن انتهای طناب و شماره‌ی هماهنگ بستگی دارد و جرم و امد طول یا میزان کشش طناب یا سرعت انتشار صوت یا بسامد موج یا ... تأثیری در آن ندارند.



اما بسامد موج علاوه بر موارد بالا به سرعت انتشار موج و در نتیجه به جرم واحد طول و میزان کشش طناب نیز بستگی دارد. در اینجا در حالت اول هماهنگ چهارم و در حالت دوم هماهنگ دوم تشکیل شده پس طول موج نصف شده مطابق صورت سوال نیروی کشش در حالت دوم 4 برابر حالت اول بوده پس سرعت انتشار موج در حالت دوم دو برابر حالت اول است یعنی $v_2 = 2v_1 \rightarrow F_2 = 4F_1$ مطابق رابطه‌ی $v = \frac{v}{\lambda}$ چون λ ، نصف شده و v دو برابر شده پس 4 ، v برابر می‌شود.

$$v = \frac{1v}{2L} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{بسامد صوت اصلی سیم برابر است با:} \quad \text{۹۲- گزینه «۳»}$$

وقتی سیم دولا شود، طول آن نصف می‌شود. در این صورت، با ثابت بودن F و μ ، مقدار v باید دو برابر شود. اما نکته‌ی مهم این است که μ ثابت نمی‌ماند. با دولا شدن سیم، جرم موجود در هر متر آن نیز 2 برابر می‌شود. بنابراین، مقدار μ نیز 2 برابر می‌شود. بنابراین، مقدار v باید $\frac{2}{\sqrt{2}}$ برابر شود. این کسر معادل $\sqrt{2}$ است.

$$v = \frac{v}{\lambda}, \quad v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \quad \lambda = 2L \Rightarrow v = \frac{\sqrt{F}}{2L} \quad \text{۹۳- گزینه «۲»}$$

چون جنس تار دوم همان جنس تار اول است پس چگالی یکسان دارند و نسبت جرم‌ها مثل نسبت حجم‌هاست چون قطر تار دوم $\frac{1}{4}$ تار اول است پس حجم واحد طول آن $\frac{1}{4}$ حجم واحد طول طناب اول است لذا جرم واحد طول آن هم $\frac{1}{4}$ جرم واحد طول طناب اول است. $\mu' = \frac{1}{4}\mu$ پس داریم:

$$\frac{v'}{v} = \frac{\sqrt{\frac{F'}{\mu'}}}{\sqrt{\frac{F}{\mu}}} \times \frac{L}{L'} = \frac{\sqrt{\frac{2F}{\frac{1}{4}\mu}}}{\sqrt{\frac{F}{\mu}}} \times \frac{L}{2L} = \sqrt{2} \rightarrow v' = \sqrt{2}v$$

دو صورت مختلف انرژی موج

در فصل قبل گفتیم که انرژی یک نوسانگر از رابطه‌ی $E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2$ بدست می‌آید. از این رابطه برای بدست آوردن

انرژی موج کمک می‌گیریم. به طور کلی انرژی یک موج را به دو صورت می‌توان بیان کرد:

۱- میزان انرژی در قسمت مشخصی از محیط

۲- میزان شارش (جریان) انرژی در یک زمان مشخص

در اینجا محاسبات را تنها به انرژی موج‌های رونده ایده‌آل در طناب محدود می‌کنیم.

۱- محاسبه انرژی موجود در L متر از طناب: در اینجا با تعداد زیادی نوسانگر هم بسامد و هم دامنه سر و کار

داریم که انرژی موج، مجموع انرژی تک تک آنهاست. ولی ما جرم ذرات را نمی‌توانیم به‌دست آوریم بنابراین

نمی‌توان انرژی هر ذره را جداگانه محاسبه کرد. اما برای بدست آوردن مجموع انرژی آنها می‌توان مجموع جرم

آنها را در رابطه‌ی انرژی گذاشت. می‌دانیم که جرم طنابی به طول L و با جرم واحد طول μ ، عبارتست از:

$$m = L \times \mu$$

۲- محاسبه میزان جریان انرژی در مدت Δt : برای اینکار کفایت بررسی نمایم که در مدت Δt ، موج چه

مسافتی می‌پیماید. مثلاً اگر در این مدت موج به اندازه‌ی L پیشروی کرده بود، میزان انرژی عبوری در این

مدت با میزان انرژی موجود در L متر از طناب برابر است.

رابطه‌ی محاسبه‌ی انرژی در امواج همانند نوسانگر است. پس انرژی امواج نیز همانند انرژی نوسانگرها با

مجذور بسامد و مجذور دامنه متناسب است.

۱۰۰ بار گفتیم که سرعت انتشار موج فقط وابسته به محیط انتشار است (آله تست رو غلط زدید شک نکنید و سریع از پنجره فوتونو بندازید پانین!)

۹۵- گزینه «۱» اگر موج مورد نظر از نوع مکانیکی باشد، جواب سؤال را تقریباً همه می‌دانند. برطبق رابطه‌ی $E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2$ ، مقدار

E با مجذور A و مجذور v نسبت مستقیم دارد.

۹۶- گزینه «۳» انرژی یک موج با مجذور بسامد آن موج متناسب است. $E \propto v^2 \rightarrow v_2 = \frac{1}{2} v_1 \Rightarrow v_2^2 = \frac{1}{4} v_1^2 \Rightarrow E_2 = \frac{1}{4} E_1$

۹۷- گزینه «۳» انرژی که توسط موج حمل می‌شود نه تنها با مجذور بسامد بلکه با مجذور دامنه هم نسبت مستقیم دارد. $E \propto A^2$

$$A_2 = 2A_1 \Rightarrow E_2 = 4E_1$$

۹۸- گزینه «۲» چون انرژی را در یک طول موج خواسته، پس اول طول موج را می‌یابیم: $(L = \lambda)$ $\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{20}{2} = 10 \text{ m}$

$m = \mu \times L = 0.4 \times 10 = 4 \text{ kg}$ μ جرم واحد طول است پس برای یافتن جرم طنابی به طول L داریم:

و ω عبارت است از: $\omega = 2\pi\nu = 2\pi \times 2 = 4\pi \text{ rad/s}$

حال انرژی را محاسبه می‌کنیم: $E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times (0.1)^2 \times (4\pi)^2 = 2 \times 0.16 \times 16 = 3.2 \text{ J}$

۹۹- گزینه «۳» داده‌های این مسئله همانند مسئله‌ی قبل است فقط میزان عبور (شارش) انرژی در ۱ ثانیه خواسته شده است.

بنابراین باید ببینیم که در ۱ ثانیه موج به اندازه‌ی چه نسبتی از λ پیشروی خواهد کرد. چون $\nu = 2 \text{ Hz}$ ، موج در هر ثانیه 2λ پیشروی می‌کند

پس دو برابر انرژی یک طول موج در هر ثانیه شارش خواهد کرد. در قسمت قبل انرژی یک طول موج را برابر $3/2$ به دست آوردیم

$$\text{پس } 2 \times 3/2 = 6/2 = 3 \text{ J}$$

۱۰۰- گزینه «۴» انرژی قسمتی از طناب به جرم m که در آن موجی با دامنه‌ی A و بسامد ν منتشر می‌شود عبارت است

از $E = 2m\pi^2 A^2 \nu^2$ و معمولاً π^2 را برابر ۱۰ می‌گیریم.

$$u_y = 0.2 \sin\left(t - \frac{\pi}{2}x\right) \rightarrow A = 0.2 \text{ m}, \omega = 5 \text{ rad/s}$$

$$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \times (0.2) \times (0.2)^2 \times (5)^2 = 0.1 \text{ J}$$

(همان‌طور که دیدید مقدار k (عدد موج) تاثیری در محاسبات نداشت!)

۱۰۱- گزینه «۱» هر ذره از محیط یک حرکت نوسانی ساده می‌کند و انرژی آن از رابطه‌ی $E = \frac{1}{2}mAv^2 = 2m\pi^2 A^2 v^2$ به دست

$$A_2 = 2A_1, T_2 = \frac{T_1}{3} \Rightarrow v_2 = 3v_1 \rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{A_2^2 v_2^2}{A_1^2 v_1^2} = \frac{(2A_1)^2 (3v_1)^2}{(A_1)^2 (v_1)^2} = 36$$

۱۰۲- گزینه «۳» چون موج رونده است و به صورت غیر میرا منتشر می‌شود. انرژی مکانیکی تمام نقاط محیط با یکدیگر یکسان است.

البته در این مثال کل انرژی مکانیکی نقطه‌ی B به صورت انرژی پتانسیل و کل انرژی مکانیکی نقطه‌ی A به صورت جنبشی است. زیرا B در بیشترین فاصله از مرکز تعادل قرار دارد و سرعت آن صفر است و A در مرکز تعادل قرار دارد و سرعت آن بیشینه است.

۱۰۳- گزینه «۱» گفتیم که در امواج ایستاده انرژی منتقل نمی‌شود و انرژی هر ذره مختص خودش است. نقطه‌ی A در گره قرار دارد

و نوسان نمی‌کند پس انرژی مکانیکی آن صفر است. اما نقطه‌ی B در شکم قرار دارد پس انرژی مکانیکی آن بیشینه است.

۱۰۴- گزینه «۳» رابطه‌ی بین سرعت انتشار و طول موج و بسامد در موج‌های ۲ بعدی و ۳ بعدی همانند رابطه‌ی آن برای موج‌های

$$\lambda = \frac{v}{\nu} \rightarrow v = \lambda \nu \quad \text{و} \quad \lambda = 0.1 \text{ m} \quad \text{و} \quad \nu = 2 \text{ Hz} \Rightarrow v = 0.1 \times 2 = 0.2 \text{ m/s}$$

یک بعدی (در طول طناب) می‌باشد. بنابراین داریم:

۱۰۵- گزینه «۳»

جبهه موج و موج تخت یا (موج‌های دو و سه بعدی)

تا کنون موج‌هایی را بررسی کردیم که در محیط‌های یک بعدی (در راستای یک خط) منتشر می‌شدند. اما همانطور که می‌دانید در محیط‌های دو بعدی (روی یک سطح) و سه بعدی (در فضا) نیز، در صورتی که محیط کشسان باشد می‌توان موج مکانیکی ایجاد کرد. امواجی که در سطح آب ایجاد می‌شوند و امواج صوتی که در هوا منتشر می‌شوند، به ترتیب مثالهایی از امواج دو بعدی و سه بعدی هستند. در اینجا امواج، دیگر در راستای یک خط راست منتشر نمی‌شوند بلکه در تمامی جهات انتشار می‌یابند. اگر محیط همسانگرد (یکنواخت) باشد، سرعت انتشار موج در تمامی جهات یکسان خواهد بود. در اینصورت امواج منتشر شده در سطح به صورت دایره‌هایی هم مرکز خواهند بود که به تدریج و با دور شدن موج از چشمه این دایره‌ها بزرگتر خواهند شد. همچنین امواج صوتی منتشر شده در هوا به صورت کره‌هایی هم مرکز خواهند بود که با دور شدن صوت از چشمه، این کره‌ها به تدریج بزرگتر خواهند شد. تمام نقاطی که روی یک دایره یا یک کره با حداکثر چشمه موج قرار دارند فاز یکسانی دارند و با هم موج را دریافت می‌کنند.

به نقاطی از محیط که هم‌زمان موج را دریافت می‌کنند، جبهه‌ی موج می‌گویند. بنابراین تمامی نقاط روی یک جبهه موج، هم‌فازند.

دو نقطه که روی دو قله‌ی متوالی قرار دارند، در ظاهر هم‌فازند ولی در حقیقت روی یک جبهه‌ی موج نیستند! بنابراین در بررسی جبهه‌های موج، اختلاف فاز صفر، 2π ، 4π و... با هم معادل نیستند.

در موج‌های یک بعدی آموختیم که در حالتی که اتلاف انرژی نداشته باشیم، با پیشروی موج، دامنه ثابت می‌ماند. اما در موج‌های دوبعدی و سه‌بعدی با پیشروی موج، جبهه‌ی موج بزرگ‌تر می‌شود پس انرژی موج، بین ذرات بیشتری تقسیم می‌شود. بنابراین دامنه‌ی نوسان کاهش می‌یابد. اگر اتلاف انرژی نیز داشته باشیم، این کاهش دامنه، شدیدتر خواهد بود.

هنگامی که جبهه‌های کروی شکل یک موج سه‌بعدی خیلی از منبع دور می‌شوند، انحنای آنها بسیار کم می‌شود و با تقریب خوبی قسمت‌های کوچکی از این جبهه‌ها را می‌توان به صورت صفحات تخت و موازی در نظر گرفت که به آن موج تخت می‌گویند.

در محیط‌های دوبعدی و سه‌بعدی نیز همانند طناب‌ها می‌توان موج ایستاده ایجاد کرد. در اینجا بحث خود را به امواج ایستاده‌ی دوبعدی محدود می‌کنیم.

(کلیه عزیزانی را که در طلب علم پربار می‌زنند و تا موج‌های ایستاده‌ی الکترومغناطیسی را هم یادگیرند فواید به پشمان مبارکشان نمی‌آید، جهت اطلاع بیشتر به فصل دو پیش رو رهنمون می‌سازیم.)

مطابق تعریف جبهه‌ی موج، گزینه‌های ۱ و ۲ و ۴ صحیح است. اما گزینه «۳» می‌دانیم که نقاط روی قله‌های یک موج $2k\pi \text{ rad}$ با هم اختلاف فاز دارند. درست است که از لحاظ عملکرد کاملاً مثل هم هستند ولی دقت کنید که اختلاف فازشان صفر نیست. هر چند مثل این است که با هم اختلاف فاز ندارند ولی جبهه‌های موج متفاوتی تشکیل می‌دهند. بنابراین در تعریف جبهه‌ی موج $2k\pi$ با صفر فرق می‌کند.

تعداد جبهه‌ها

درست است که نقاطی که روی یک قله یا یک دره قرار دارند تشکیل یک جبهه می‌دهند ولی تمام نقاطی که فاز یکسانی دارند نیز تشکیل یک جبهه می‌دهند و الزامی ندارد که حتماً دارای فاز $2k\pi$ یا $(2k+1)\pi$ باشند بلکه هر فازی می‌توانند داشته باشند. پس بین یک قله و دره‌ی بعدی بی‌نهایت جبهه‌های موج با فازهای بین فاز قله و فاز دره وجود دارد. وقتی که بسامد موجی 2 Hz است یعنی از هر نقطه‌ی از محیط در هر ثانیه ۲ قله و ۲ دره می‌گذرند ولی همان‌طور که گفتیم اینها تنها جبهه‌های موجود نیستند.

۱۰۷- گزینه «۳» برای ایجاد موج ایستاده در سطح آب به دو چشمه‌ی موج، «هم‌بسامد و هم‌فاز» نیازمندیم.

۱۰۸- گزینه «۱»

گره‌ها و شکم‌ها

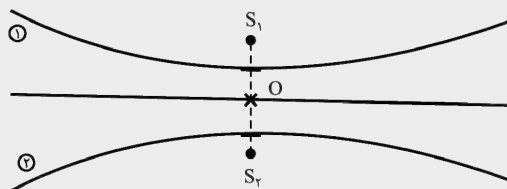
می‌دانیم نقاطی از محیط که اختلاف فاز دو موج رسیده به آن‌ها $2k\pi$ باشد، شکم محسوب می‌شوند و نقاطی از محیط که اختلاف فاز دو موج رسیده به آن‌ها $(2k-1)\pi$ باشد، گره محسوب می‌شوند. پس گره بودن یا شکم بودن یک نقطه، وابسته به اختلاف فاز موج‌های رسیده و در نتیجه وابسته به اختلاف فاصله‌ی آن نقطه، از دو چشمه است.

۱- نقاطی از محیط که اختلاف فاصله‌شان از دو منبع ضریبی از λ باشد، شکم محسوب می‌شوند.

۲- نقاطی از محیط که اختلاف فاصله‌شان از دو منبع ضریب فردی از $\frac{\lambda}{2}$ باشد، گره محسوب می‌شوند.

توجه کنید آنچه در تعیین گره یا شکم بودن یک نقطه از محیط مهم است، اختلاف فاصله تا دو منبع است نه خود فاصله تا منبع.

اما صورت کلی این گره‌ها و شکم‌ها در سطح آب به چه صورتی است؟



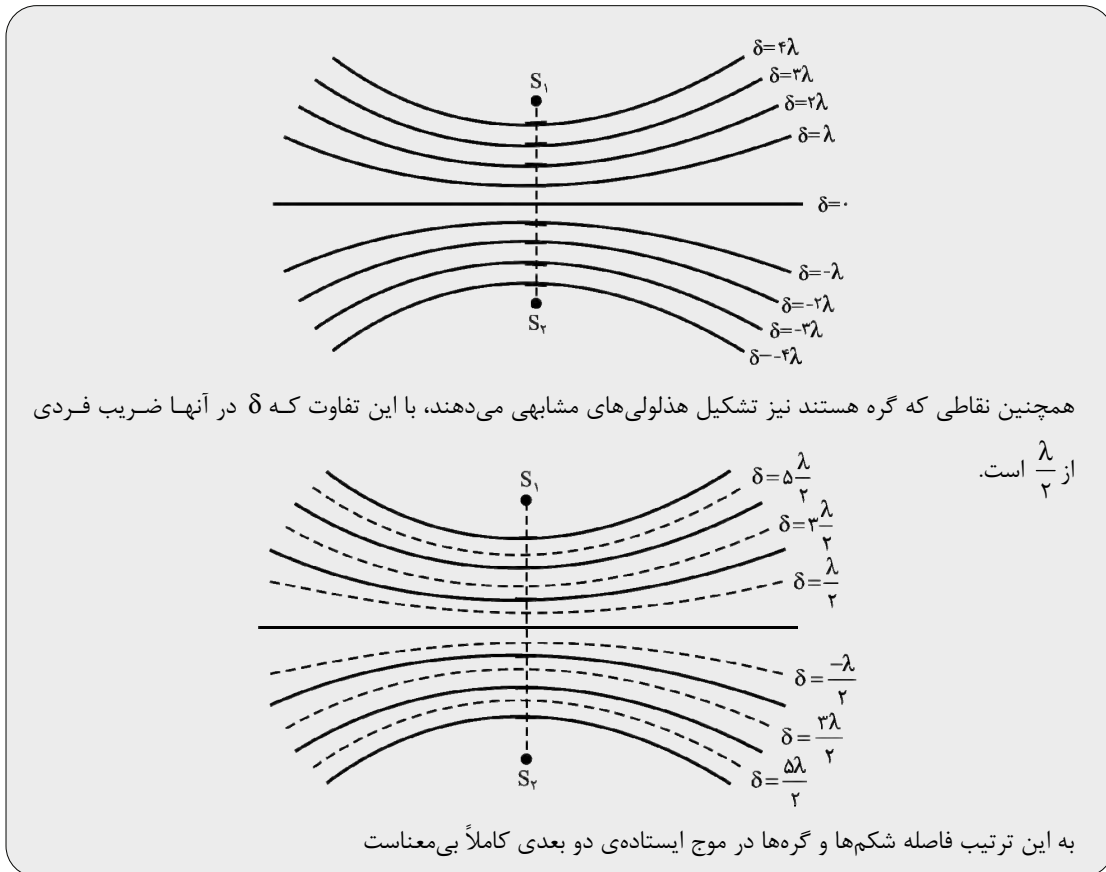
دو منبع S_1 و S_2 را در نظر بگیرید. نقطه‌ی O وسط خط واصل S_1 و S_2 است که عمودمنصف خط $S_1 S_2$ از این نقطه می‌گذرد. تمام نقاطی که روی این خط (عمودمنصف) قرار دارند فاصله‌شان تا S_1 و S_2 برابر است. بنابراین این نقاط همگی شکم هستند.

یعنی بی‌نهایت شکم کنار هم که خط عمودمنصف را تشکیل می‌دهند.

هنگامی که از O به اندازه‌ی $\frac{\lambda}{4}$ روی خط $S_1 S_2$ به یکی از منابع نزدیک شویم ($\frac{\lambda}{4}$ نیز از منبع دیگر دور می‌شویم) به

نقطه‌ای می‌رسیم که تفاوت فاصله‌اش از دو منبع λ است؛ پس باز هم یک شکم داریم. بی‌نهایت نقطه‌ی دیگر وجود دارد که فاصله‌شان از دو منبع λ است که کنار هم تشکیل یک منحنی (مثلاً منحنی (۱) در شکل بالا) می‌دهند. پس یک مکان هندسی داریم؛ یعنی تمام نقاطی که تفاوت فاصله‌شان از S_1 و S_2 به اندازه‌ی λ است روی منحنی (۱) یا (۲) قرار دارند و هر نقطه‌ای که روی این دو منحنی است تفاوت فاصله‌اش تا S_1 و S_2 به اندازه‌ی λ است (تعریف مکان هندسی یارتون هست؟) اما فرق نقاط روی منحنی (۱) و (۲) این است که در نقاط روی منحنی (۱)، فاصله تا S_1 به اندازه λ کمتر از فاصله تا S_2 است ولی در نقاط روی منحنی (۲)، فاصله تا S_2 به اندازه λ کمتر از فاصله تا S_1 است. در فصل مقاطع مخروطی هندسه تحلیلی می‌خوانید که این مکان هندسی، یک هذلولی است.

بنابراین در سطح آب چندین هذلولی ایجاد می‌شود که تمام نقاط روی یک هذلولی اختلاف فاصله‌شان تا دو منبع یکسان و با هم برابر است. اگر فاصله تا S_1 را d_1 و فاصله تا S_2 را d_2 بنامیم و $\delta = d_2 - d_1$ باشد تمام نقاط روی یک هذلولی δ برابر دارند که چون این نقاط شکم هستند δ آنها ضریبی از λ است.



۱۰۹- گزینه «۱» فاصله‌ی نقطه‌ی مورد نظر از دو چشمه یکسان است پس شکم است.

۱۱۰- گزینه «۱» مقادیر 2 m و $1/7\text{ m}$ اصلاً مهم نیستند (به بون فورم) آنچه مهم است این است که تفاوت فاصله‌ها چه نسبتی با λ دارد. چون $\lambda = 3\text{ cm}$ و اختلاف فاصله‌ها نیز 3 cm و برابر λ است، پس اختلاف فاز دو موج $2\pi\text{ rad}$ است. یعنی هر دو با هم بالا و پائین می‌روند یا به عبارتی هم‌فازند. پس مثل تست قبل باز هم این نقطه یک شکم است.

$$\left. \begin{array}{l} d_1 = 1/7\text{ m} = 17\text{ cm} \\ d_2 = 2\text{ m} = 20\text{ cm} \end{array} \right\} \Rightarrow d_2 - d_1 = 3\text{ cm} \text{ و } \lambda = 3\text{ cm}$$

۱۱۱- گزینه «۲» در اینجا نیز با خود فاصله‌ها کاری نداریم و مهم، تفاوت فاصله‌هاست.

$$\left. \begin{array}{l} d_1 = 35\text{ cm} \\ d_2 = 45\text{ cm} \end{array} \right\} \Rightarrow d_2 - d_1 = 10\text{ cm} \text{ و } \lambda = 2\text{ cm}$$

یعنی اختلاف فاصله‌ها $\frac{\lambda}{2}$ است. پس دو موج اختلاف فاز $\pi\text{ rad}$ دارند یعنی هنگامی که یکی بالا می‌رود دیگری پائین می‌آید و برعکس. پس در فاز مخالفند. لذا در این نقطه دو موج در همگی لحظه‌ها اثر هم را خنثی کرده و این نقطه یک گره محسوب می‌شود.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi\text{ rad/s}}{3} \rightarrow \lambda = 6\text{ m} \rightarrow \frac{\lambda}{2} = 3\text{ m}$$

$$|\delta| = |d_2 - d_1| = |7 - 9| = 2\text{ m}$$

همانطور که می‌بینید تفاوت فاصله‌ها نه ضریب فردی از $\frac{\lambda}{2}$ است و نه ضریب زوجی از آن. پس نقطه‌ی مورد نظر نه شکم است و نه گره.

$$v = 5\text{ Hz} \rightarrow T = \frac{1}{5} = 0/2\text{ s} \rightarrow \Delta t = 0/1\text{ s} = \frac{T}{2}$$

۱۱۲- گزینه «۱»

چون اختلاف زمان رسیدن دو موج به نقطه‌ی A، $\frac{T}{2}$ است پس دو موج با هم $\pi\text{ rad}$ اختلاف فاز دارند لذا نقطه‌ی A یک گره است.

۱۱۳- گزینه «۳» تمام نقاطی که روی این مکان هندسی قرار دارند اختلاف فاصله‌شان از دو منبع S_1 و S_2 یکسان و برابر a است. یعنی هنگامی که روی این مکان هندسی حرکت می‌کنیم فاصله‌ی نقطه‌ی A از دو منبع به یک اندازه کم و زیاد می‌شود و اختلاف آنها ثابت می‌ماند. (این مکان هندسی همان هدلولی است که گفتیم.)

$$\frac{\pi}{4} \sim \frac{\lambda}{\lambda}$$

۱۱۵- گزینه «۱» اختلاف فاز $\frac{\pi}{4}$ به معنی اختلاف فاصله‌ی $\frac{\lambda}{8}$ است.

$$d_2 - d_1 = 0.6 - 0.4 = 0.2 = \frac{\lambda}{8} \Rightarrow \lambda = 1.6 \text{ m} \quad v = \lambda \nu = 1.6 \times 20 = 32 \text{ m/s}$$

۱۱۶- گزینه «۴» در انتشار موج در یک طناب هر نقطه با نقاط اطراف خود اختلاف فاز دارد. بنابراین خودش به تنهایی تشکیل یک جبهه‌ی موج می‌دهد. درست است که نقاط روی قله‌ها یا دره‌ها و یا اصلاً همه‌ی نقاطی که در فاصله‌ی $k\lambda$ نسبت به هم قرار دارند نحوه‌ی حرکتشان کاملاً مثل هم است ولی چون اختلاف فازشان $2k\pi \text{ rad}$ است و صفر نیست پس تشکیل یک جبهه‌ی موج نمی‌دهند. (در تعریف جبهه‌ی موج افتلاف فاز $2k\pi \text{ rad}$ را نمی‌توان همانند افتلاف فاز صفر دانست).

۱۱۷- گزینه «۲» نقاطی که قبلاً گره بودند، دو موج را با اختلاف $\pi \text{ rad}$ دریافت می‌کردند. حال اگر فاز یکی از چشمه‌ها $\frac{\pi}{4}$ کمتر و فاز

چشمه‌ی دیگر $\frac{\pi}{4}$ بیشتر شود، اختلاف فاز امواج رسیده به آن نقاط $2\pi \text{ rad}$ یا صفر می‌شود، لذا آن نقاط شکم خواهند شد.

۱۱۸- گزینه «۲» اختلاف فاز امواج دو چشمه در یک نقطه‌ی معین از محیط مقدار خاصی است و نسبت به زمان تغییر نمی‌کند مثلاً اختلاف فاز امواج رسیده به نقطه‌ای که در گره قرار دارد همواره $\pi \text{ rad}$ است. اما با تغییر مکان اختلاف فاز امواج تغییر می‌کند مثلاً هنگامی که از یک گره به یک شکم می‌رویم اختلاف فاز از π به 2π یا صفر می‌رسد.

$$\Delta\phi = \frac{\pi}{4} \text{ rad} \rightarrow \Delta x = \frac{\lambda}{8} \text{ m}, \quad \lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{100}{12/5} = 4.17 \text{ m} \rightarrow \Delta x = \frac{\lambda}{8} = 0.52 \text{ m}$$

۱۱۹- گزینه «۲»

۱۲۰- گزینه «۲» برای اینکه نقطه‌ی M، شکم باشد باید اختلاف فاصله‌اش از دو چشمه مضرب صحیحی از λ باشد.

$$\delta = d_2 - d_1 = 22 - 17 = 5 \text{ cm} \rightarrow n\lambda = 5 \text{ cm} \rightarrow \lambda = \frac{5}{n}$$

بنابراین بزرگ‌ترین λ به ازای $n = 1$ به دست می‌آید و برابر 5 cm است.