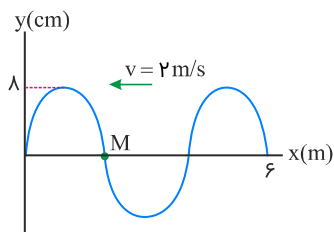
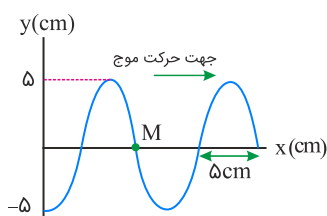


شکل زیر، نقش یک موج عرضی را در لحظه $t = 0$ نشان می‌دهد. در بازه زمانی صفر تا $1/5$ s، اندازه جابه‌جایی ذره M چند برابر مسافتی است که موج در این مدت طی می‌کند؟



- (۱) $\frac{8}{3}$
 (۲) $\frac{2}{75}$
 (۳) $\frac{2}{25}$
 (۴) ۸

شکل زیر، یک تصویر لحظه‌ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می‌دهد. اگر تندی موج 20 m/s باشد، $\frac{1}{400}$ s بعد از این لحظه، سرعت ذره M چند متر بر ثانیه و در کدام جهت است؟

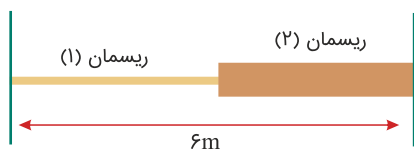


- (۱) $-y, 20\pi$
 (۲) $+y, 20\pi$
 (۳) $-y, 40\pi$
 (۴) $+y, 40\pi$

تندی انتشار موجی عرضی در یک تار 100 m/s است. اگر اندازه نیروی کشش تار را ۴۴ درصد افزایش دهیم، تندی انتشار موج عرضی در تار چند متر بر ثانیه تغییر می‌کند؟

- (۱) ۴۴
 (۲) -۴۴
 (۳) ۲۰
 (۴) -۲۰

در شکل زیر، چگالی خطی جرم ریسمان (۲)، چهار برابر چگالی خطی جرم ریسمان (۱) است. اگر محل اتصال ریسمان‌ها را به سمت بالا کشیده و رها کنیم، موج‌هایی عرضی در ریسمان‌ها ایجاد می‌شود که به‌طور هم‌زمان به دو سر دیگر ریسمان‌ها می‌رسند. طول ریسمان (۱) چند متر است؟



- (۱) ۱
 (۲) ۲
 (۳) ۳
 (۴) ۴

چه تعداد از جمله‌های زیر درست است؟

(الف) فاصله بین یک قله و دره مجاور هم در امواج دایره‌ای روی سطح آب برابر با طول موج است.

(ب) با تغییر محیط انتشار موج، بسامد ثابت می‌ماند ولی طول موج تغییر می‌کند.

(پ) در انتشار موج سطحی روی آب‌های کم‌عمق، با افزایش عمق، طول موج افزایش می‌یابد.

(ت) مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی در یک موج سینوسی برای همه انواع امواج مکانیکی با مربع دامنه (A^2) و بسامد (f) موج متناسب است.

(۱) ۲ (۲) ۳

(۳) ۴ (۴) صفر

کدام یک از عبارتهای زیر نادرست است؟

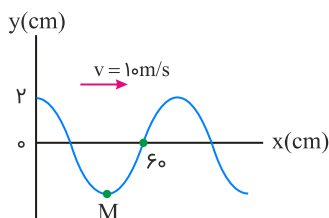
(۱) در امواج عرضی، راستای نوسان هر ذره از محیط بر راستای انتشار موج عمود است.

(۲) در امواج طولی، راستای نوسان هر ذره از محیط در راستای انتشار موج است.

(۳) در انتشار موج، ماده از نقطه‌ای به نقطه دیگر منتقل می‌شود.

(۴) اگر چشمه موجی به‌طور هماهنگ ساده نوسان کند، اجزای محیط حول نقطه تعادل خود با همان بسامد چشمه نوسان می‌کنند.

شکل زیر، نقش یک موج عرضی را در لحظه $t = 0$ نشان می‌دهد. در بازه زمانی صفر تا 0.02 s، حرکت ذره M چگونه است؟



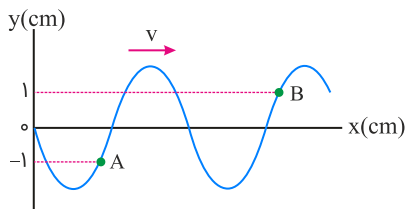
(۱) پیوسته تندشونده

(۲) پیوسته کندشونده

(۳) ابتدا کندشونده و سپس تندشونده

(۴) ابتدا تندشونده و سپس کندشونده

شکل زیر نقش یک موج عرضی را در یک لحظه خاص نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد دو ذره A و B صحیح نیست؟



(۱) سرعت هر دو منفی است.

(۲) هر دو حرکت نوسانی ساده دارند.

(۳) حرکت هر دو کندشونده است.

(۴) مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی از نقطه A برابر با نقطه B است.

ریسمان همگنی به طول L و جرم m را با نیروی F می‌کشیم. اگر سیم را نصف کنیم و آن را با نیروی $2F$ بکشیم، تندی انتشار موج‌های عرضی در سیم دوم چندبرابر سیم اول است؟

(۱) $\sqrt{2}$ (۲) ۲

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

سطح مقطع یک تار مرتعش که در آن امواج عرضی منتشر می‌شود برابر با 0.75 mm^2 و چگالی آن 8 g/cm^3 است. اگر نیروی کشش تار $9/6 \text{ N}$ باشد، موج در چند ثانیه 80 cm در تار پیشروی می‌کند؟

(۱) ۲ (۲) 0.2

(۳) 0.02 (۴) ۲۰

موج عرضی در یک محیط منتشر می‌شود و فاصله بین دو قله متوالی آن 10 cm است. اگر سرعت انتشار موج در آن محیط 5 m/s باشد، بسامد موج چند هرتز است؟

- (۱) ۱۰۰
(۲) ۵۰
(۳) ۲۵
(۴) ۱۰

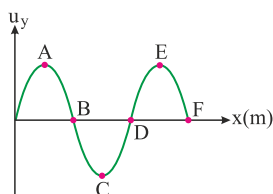
اگر نیروی کشش تار 128 N باشد، تندی انتشار موج عرضی در آن 160 m/s است. نیروی کشش تار را چند نیوتن افزایش دهیم تا تندی انتشار موج در آن 200 m/s شود؟

- (۱) ۳۲
(۲) ۷۲
(۳) ۱۶۰
(۴) ۲۰۰

جرم هر متر از یک تار کشیده شده برابر با 20 g است. اگر بزرگی نیروی کشش تار را 69% افزایش دهیم، بر تندی انتشار موج عرضی در تار، 3 m/s افزوده می‌شود. تندی اولیه انتشار موج عرضی در تار چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۱۰
(۲) ۱۵
(۳) ۲۰
(۴) ۳۰

شکل زیر، نقش یک موج عرضی را که در جهت مثبت محور x در امتداد طناب تحت کششی در حال انتشار است نشان می‌دهد. در کدام یک از گزینه‌های زیر، نقاط مشخص شده دارای شتاب نوسانی برابر با صفر هستند؟



- (۱) E, C, A
(۲) C, B, A
(۳) E, D, C
(۴) F, D, B

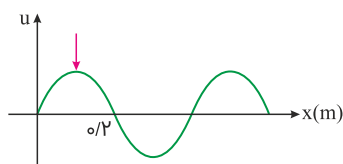
در یک موج عرضی که در طنابی در حال انتشار است، اگر تندی حرکت موج با بیشینه تندی ذرات طناب در حال نوسان برابر باشد، نسبت طول موج به دامنه نوسان‌های موج کدام است؟

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

تندی انتشار موجی عرضی در یک طناب که دو سر آن با نیروی F کشیده شده است، برابر با v است. اگر $\frac{2}{3}$ طول طناب را بریده و کنار بگذاریم و بقیه طناب را با نیروی $2F$ بکشیم، تندی انتشار موج عرضی در آن چند v می‌شود؟

- (۱) $\sqrt{2}$
(۲) $\frac{\sqrt{6}}{3}$
(۳) $\sqrt{6}$
(۴) $\sqrt{3}$

در شکل زیر، نقش یک موج نشان داده شده است. اگر بسامد موج برابر با 20 Hz باشد، قله این موج در مدت 0.4% ثانیه، چند متر جابه‌جا می‌شود؟



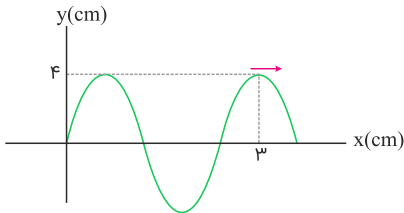
- (۱) 0.04
(۲) 0.32
(۳) 0.08
(۴) 0.16

اگر در یک محیط معین، دامنه نوسان‌های یک موج مکانیکی که چشمه آن حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، $\frac{1}{4}$ طول موج آن باشد، تندی انتشار موج در محیط چندبرابر تندی بیشینه نوسان‌های ذره‌های محیط است؟ ($\pi = 3$)

(۲) $\frac{3}{2}$
(۴) $\frac{1}{4}$

(۱) $\frac{2}{3}$
(۳) $\frac{1}{5}$

شکل زیر، یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده‌ای حرکت می‌کند. اگر هر یک از ذرات ریسمان، در مدت 0.075 ثانیه مسافت 24 cm را طی کند، سرعت انتشار موج عرضی در این ریسمان چند cm/s است؟



(۱) $\frac{100}{3}$
(۲) ۴۰
(۳) ۴۸
(۴) $\frac{200}{3}$

در دو تشت موج کم عمق تا ارتفاع‌های h_1 و h_2 آب ریخته‌ایم ($h_2 > h_1$). اگر در سطح هر یک از تشت‌ها توسط یک نوسان‌ساز امواجی مکانیکی با دوره T ایجاد کنیم، موج‌های هر یک از تشت‌ها در زمان‌های t_1 و t_2 جابه‌جایی d را در سطح تشت‌ها انجام می‌دهند. در کدام گزینه t_2 و t_1 به درستی مقایسه شده‌اند؟

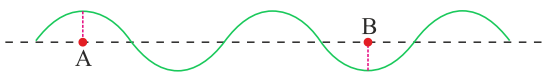
(۲) $t_1 < t_2$

(۱) $t_1 > t_2$

(۴) اظهار نظر قطعی ممکن نیست.

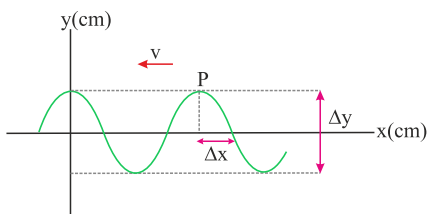
(۳) $t_1 = t_2$

مطابق شکل زیر، در یک ریسمان کشیده، امواج عرضی با دوره 0.1 s منتشر می‌شوند. اگر اندازه نیروی کشش ریسمان برابر با 4 N و جرم هر متر از ریسمان برابر با 40 g باشد، فاصله AB چند متر است؟



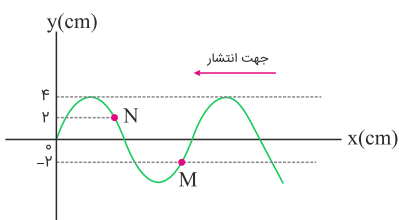
(۱) $1/5$
(۲) ۱
(۳) ۱۰
(۴) $2/5$

در نمودار جابه‌جایی- مکان موج عرضی شکل زیر، $\Delta x = 7/5 \text{ cm}$ و $\Delta y = 8 \text{ cm}$ است. اگر تندی انتشار موج 30 m/s باشد، ذره P در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟



(۱) ۱۰۰
(۲) ۱۰۰۰
(۳) ۶۰۰
(۴) ۶۰۰۰

شکل زیر نمودار جابه‌جایی- مکان یک موج عرضی را در طناب نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد نقاط M و N نادرست است؟



(۱) سرعت نوسان آن‌ها در هر لحظه یکسان است.

(۲) در هر لحظه فاصله آن‌ها از مرکز نوسان یکسان است.

(۳) دامنه و بسامد یکسانی دارند.

(۴) در لحظه نشان داده شده، ذره N دارای حرکت تندشونده است.

موج‌ها عموماً به دو دسته موج‌های و موج‌های تقسیم‌بندی می‌شوند.

۲۴

- (۱) پیش‌رونده، طولی
(۲) مکانیکی، الکترومغناطیسی
(۳) پیش‌رونده، عرضی
(۴) مکانیکی، عرضی

۲۵

چشمه موجی در یک محیط که تندی انتشار موج در آن 8 m/s است، نوسان‌هایی طولی ایجاد می‌کند. اگر در این موج، فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی برابر با 20 cm و دامنه نوسان‌های آن 5 cm باشد، هر نقطه از محیط انتشار موج در مدت $\frac{1}{40}$ ثانیه چه مسافتی را برحسب سانتی‌متر طی می‌کند؟

- (۱) ۵
(۲) ۱۰
(۳) ۱۵
(۴) ۲۰

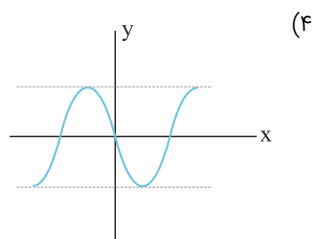
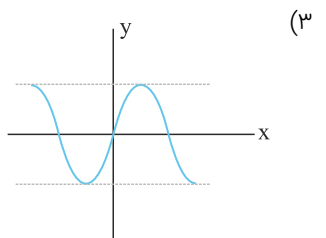
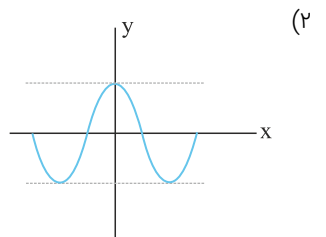
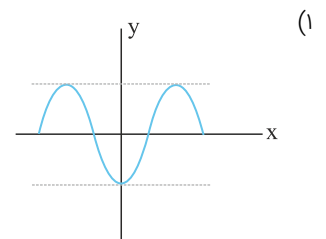
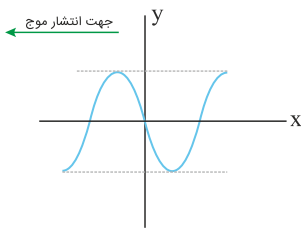
۲۶

اگر بزرگی نیروی کشش تار را 69% درصد افزایش دهیم، تندی انتشار موج عرضی در تار، 3 m/s افزایش می‌یابد. تندی اولیه انتشار موج عرضی در تار چند متر بر ثانیه است؟

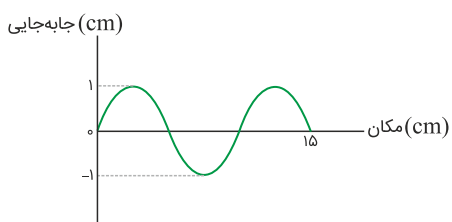
- (۱) ۱۰
(۲) ۱۵
(۳) ۲۰
(۴) ۳۰

۲۷

شکل زیر تصویری از موج عرضی منتشرشده در یک ریسمان کشیده‌شده را در یک لحظه مشخص نشان می‌دهد. اگر بسامد موج 50 Hz باشد، پس از گذشت مدت‌زمان $\frac{1}{200}$ ثانیه از این لحظه مشخص، تصویر همین بخش از ریسمان مطابق کدام گزینه خواهد بود؟



نمودار جابه‌جایی-مکان برای موج ایجادشده در یک فنر، مطابق شکل زیر است. اگر بسامد این موج 20 Hz باشد، تندی انتشار موج چند متر بر ثانیه است؟



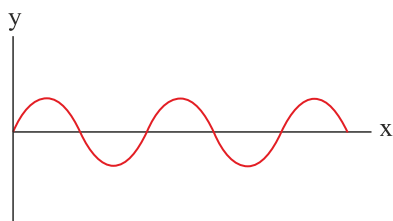
(۱) ۰/۲

(۲) ۲

(۳) ۳

(۴) ۲۰

شکل زیر نقش یک موج عرضی ایجادشده در طناب با چگالی 4 g/cm^3 و قطر مقطع $2/5 \text{ cm}$ را که تحت نیروی کشش 30 N قرار دارد، نشان می‌دهد. اگر بیشینه تندی یک ذره از طناب هنگام عبور از وضع تعادل 24 cm/s باشد، مسافت طی‌شده توسط یک ذره از طناب در یک دوره تناوب چندبرابر مسافت طی‌شده توسط موج در همین مدت است؟ ($\pi = 3$)



(۱) ۰/۲

(۲) ۰/۰۴

(۳) ۰/۰۱

(۴) ۰/۰۲

در ریسمانی به جرم واحد طول 800 g/m که با نیرویی به بزرگی 20 N کشیده شده است، امواج عرضی ایجاد می‌کنیم. این امواج طول 800 سانتی‌متری روی این ریسمان را طی چه مدت‌زمانی برحسب ثانیه طی می‌کنند؟

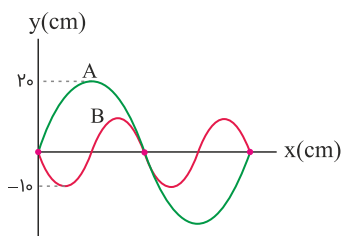
(۲) ۱۶۰

(۱) ۱۶۰۰

(۴) ۱/۶

(۳) ۱۶

نمودار جابه‌جایی مکان دو موج A و B که به‌صورت جداگانه در طول دو ریسمان مشابه منتشر می‌شوند، مطابق شکل زیر است. اگر نیروی کشش ریسمان B چهار برابر نیروی کشش ریسمان A و دوره تناوب موج A برابر با ۲ s باشد، دوره تناوب موج B چند ثانیه است؟



(۱) ۴

(۲) ۰/۲۵

(۳) ۱

(۴) ۰/۵

کدامیک از عبارتهای زیر در رابطه با امواج الکترومغناطیسی نادرست است؟

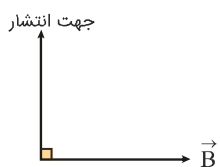
(۱) هرتز نشان داد طبیعت امواج رادیویی با نور مرئی یکسان است.

(۲) همواره راستای نوسان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر هم عمود است.

(۳) تولید امواج الکترومغناطیسی ناشی از تغییرات همزمان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی است.

(۴) تندی انتشار امواج رادیویی همواره از رابطه $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ به دست می‌آید.

برای یک موج الکترومغناطیسی، جهت میدان مغناطیسی و جهت انتشار موج در یک نقطه از فضا و در یک لحظه معین در شکل زیر نشان داده شده است. در این حالت جهت میدان الکتریکی مطابق کدام گزینه است؟

(۱) \otimes (۲) \odot (۳) \downarrow (۴) \leftarrow

یک موج الکترومغناطیسی در جهت مثبت محور y در خلأ منتشر می‌شود. اگر بسامد این موج برابر با 6 GHz باشد، کدام گزینه در مورد این موج می‌تواند صحیح باشد؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

(۱) $\lambda = 5 \text{ cm}$ و نوسان میدان الکتریکی در راستای محور z است.(۲) $\lambda = 5 \text{ cm}$ و نوسان میدان الکتریکی در راستای محور y است.(۳) $\lambda = 50 \text{ cm}$ و نوسان میدان الکتریکی در راستای محور x است.(۴) $\lambda = 50 \text{ cm}$ و نوسان میدان الکتریکی در راستای محور y است.

در یک لحظه خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه‌ای از فضا افقی و در جهت غرب است. اگر میدان مغناطیسی مربوط به آن افقی و به طرف شمال باشد، جهت انتشار آن در کدام سو است؟

(۱) بالا

(۲) پایین

(۳) جنوب

(۴) شرق

اگر پرتوی نوری در امتداد قائم از بالا به پایین بتابد، در لحظه‌ای که جهت میدان الکتریکی سازنده پرتوی نور در نقطه‌ای به سمت شرق است، جهت میدان مغناطیسی سازنده پرتوی نور به کدام سمت خواهد بود؟

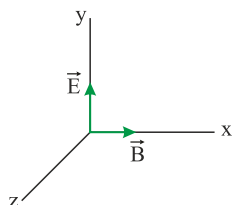
(۱) شمال

(۲) جنوب

(۳) بالا

(۴) غرب

در شکل زیر، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی در نقطه معینی از فضا نشان داده شده است. جهت انتشار موج الکترومغناطیسی مطابق با کدام گزینه است؟

(۱) جهت محور z (۲) جهت محور x (۳) خلاف جهت محور x (۴) خلاف جهت محور z

اختلاف طول موج دو موج الکترومغناطیسی A و B در یک محیط یکسان برابر با 400 nm و بسامد موج A ، $1/8$ برابر بسامد موج B است. موج الکترومغناطیسی A در کدام ناحیه از طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد؟

(۱) فرابنفش

(۲) مرئی

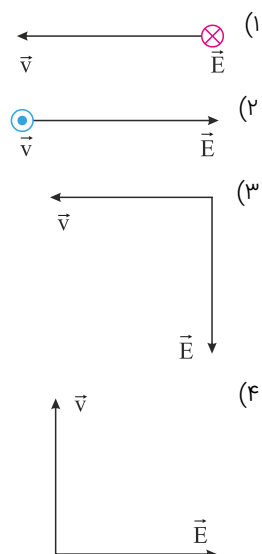
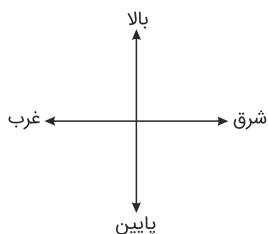
(۳) فرورسوخ

(۴) میکروموج

کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

- (۱) تنها بار الکتریکی، مولد میدان الکتریکی است.
- (۲) تنها آهنربا، مولد میدان مغناطیسی است.
- (۳) با تغییر میدان مغناطیسی در زمان، میدان الکتریکی ایجاد می‌شود.
- (۴) میدان مغناطیسی ثابت در زمان، مولد میدان الکتریکی است.

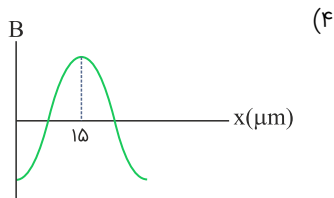
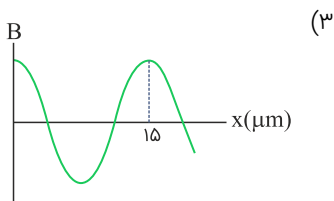
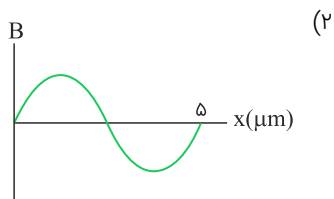
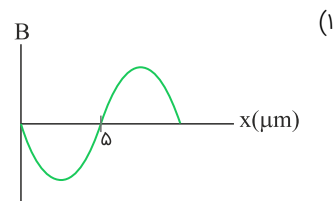
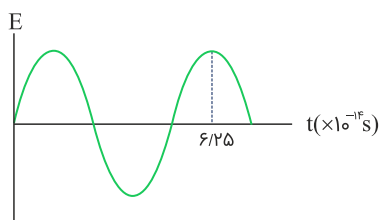
کدامیک از گزینه‌های زیر، لحظه‌ای را نشان می‌دهد که در آن جهت میدان مغناطیسی برای یک موج الکترومغناطیسی، به سمت شمال (درون صفحه) است؟ (\vec{E} میدان الکتریکی و \vec{v} جهت انتشار موج است)



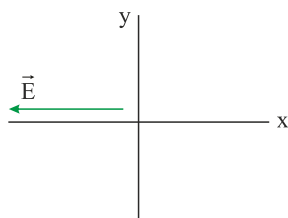
کدام گزینه در مورد امواج الکترومغناطیسی نادرست است؟

- (۱) طیف امواج پرتو X با امواج فرابنفش اشتراک دارد.
- (۲) بسامد پرتوهای فرابنفش بیشتر از پرتوهای فروسرخ است.
- (۳) تندی انتشار پرتوهای X در خلأ بیشتر از امواج رادیویی است.
- (۴) طیف نور مرئی مانند پرتوهای گاما برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارد.

اگر میدان الکتریکی در یک نقطه از محیط انتشار موجی الکترومغناطیسی که در خلأ در حال انتشار است، مطابق شکل زیر با زمان تغییر کند، کدام گزینه می‌تواند نمودار تغییرات میدان مغناطیسی این موج بر حسب مکان باشد؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)



شکل زیر میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی را در نقطه‌ای معین و دور از چشمه، در یک لحظه نشان می‌دهد. اگر موج، انرژی را در جهت محور y انتقال دهد، جهت میدان مغناطیسی موج در این نقطه و این لحظه، کدام است؟

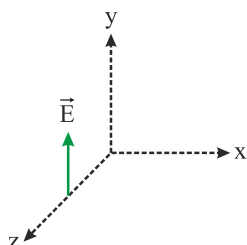


- (۱) عمود بر صفحه به سمت داخل
- (۲) عمود بر صفحه به سمت بیرون
- (۳) در جهت $+x$
- (۴) در جهت $-y$

کدام گزینه در مورد مقایسه طول موج طیف‌های مختلف امواج الکترومغناطیسی صحیح است؟

- (۱) فرابنفش > میکروموج > امواج رادیویی
- (۲) امواج رادیویی > فرسرخ > میکروموج
- (۳) فرسرخ > فرابنفش > مرئی
- (۴) مرئی > فرابنفش > پرتوهای گاما

بردار میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی که انرژی را در خلاف جهت محور z انتقال می‌دهد، در لحظه t و در این نقطه مطابق با شکل زیر است. در لحظه $(t + \frac{T}{4})$ ، جهت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در این نقطه به ترتیب از راست به چپ مطابق با کدام گزینه است؟ (T دوره تناوب است)



- (۱) منفی محور y ، مثبت محور x
- (۲) منفی محور y ، منفی محور x
- (۳) مثبت محور y ، مثبت محور x
- (۴) مثبت محور y ، منفی محور x

کدام گزینه می‌تواند بیانگر بسامد و طول موج یک موج الکترومغناطیسی که درون آب در حال انتشار است، باشد؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

(۲) $\lambda = 150 \mu\text{m}, f = 2 \times 10^{12} \text{ Hz}$

(۱) $\lambda = 500 \text{ nm}, f = 6 \times 10^{15} \text{ Hz}$

(۴) $\lambda = 700 \text{ nm}, f = 5 \times 10^{15} \text{ Hz}$

(۳) $\lambda = 750 \mu\text{m}, f = 3 \times 10^{11} \text{ Hz}$

طول موج امواج میکروموج از طول موج امواج فرسرخ و بسامد امواج رادیویی از بسامد امواج فرابنفش است.

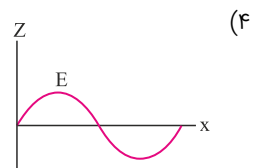
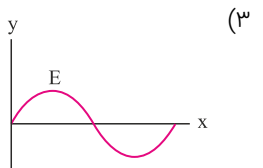
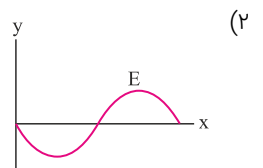
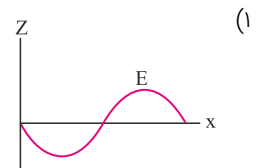
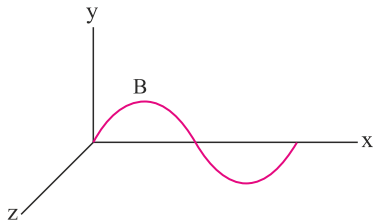
(۲) کمتر - بیشتر

(۱) بیشتر - بیشتر

(۴) کمتر - کمتر

(۳) بیشتر - کمتر

شکل زیر نمودار تغییرات میدان مغناطیسی برحسب مکان یک موج الکترومغناطیسی را که در جهت مثبت محور xها در حال انتشار است، در یک لحظه مشخص نشان می‌دهد. نمودار تغییرات میدان الکتریکی برحسب مکان در این لحظه مطابق کدام گزینه است؟



امواج لرزه‌ای، یکی موج اولیه P و دیگری موج ثانویه S در مبدأ زمان، از فاصله ۳۰۰ کیلومتری از یک لرزه‌نگار، روی خط راست به سمت آن حرکت کرده و با اختلاف زمانی ۱/۵ دقیقه توسط لرزه‌نگار ثبت می‌شوند. اگر تندی موج S به اندازه ۶۰ درصد کمتر از تندی موج P باشد، فاصله محل وقوع زلزله تا محل ثبت توسط لرزه‌نگار را در چند دقیقه طی کرده است؟

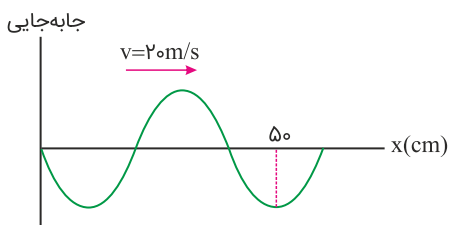
(۲) ۵

(۱) $\frac{7}{2}$

(۴) $\frac{5}{3}$

(۳) $\frac{5}{2}$

نمودار جابه‌جایی- مکان فزنی که در آن موجی طولی ایجاد شده است، مطابق شکل زیر است. حداقل چند ثانیه طول می‌کشد تا بخش‌هایی از فنر که در حالت بازشدگی بیشینه قرار دارند، به وضعیت جمع شدگی بیشینه برسند؟



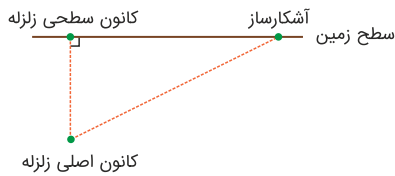
(۱) ۰/۰۴

(۲) ۰/۰۳

(۳) ۰/۰۲

(۴) ۰/۰۱

به هنگام رخ دادن زلزله دو نوع موج سطحی و درونی از کانون سطحی و کانون اصلی زلزله منتشر می‌شود. امواج درونی و سطحی هرکدام خود از دو نوع طولی و عرضی تشکیل شده‌اند. امواج سطحی روی سطح زمین و امواج درونی در درون زمین انتشار می‌یابند. اگر اختلاف زمانی رسیدن اولین موج طولی و عرضی درونی به یک آشکارساز $0/5$ دقیقه و اختلاف زمانی رسیدن اولین موج طولی و عرضی سطحی به همان آشکارساز 18 s باشد، کانون اصلی زلزله در چند کیلومتری سطح زمین قرار دارد؟ (سرعت امواج طولی = 8 km/s و سرعت امواج عرضی = 4 km/s)



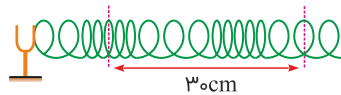
(۱) ۳۸۴

(۲) ۹۶

(۳) ۱۹۲

(۴) ۲۴۰

مطابق شکل زیر، به کمک یک دیپازون در فتری موج طولی ایجاد کرده‌ایم. اگر تندی انتشار موج طولی ایجاد شده در آن 72 km/h باشد، بسامد نوسان‌های دیپازون چند هرتز است؟



(۱) ۱۵۰

(۲) ۱۲۵

(۳) ۱۰۰

(۴) ۷۵

عقرب‌های ماسه‌ای وجود طعمه را با امواجی که بر اثر حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می‌شود، احساس می‌کنند. این امواج در دو نوع عرضی با تندی 50 m/s و طولی با تندی 150 m/s در سطح ماسه منتشر می‌شوند. اگر این دو موج با اختلاف زمانی 4 ms به پای عقرب برسند، فاصله طعمه تا عقرب چند سانتی‌متر است؟

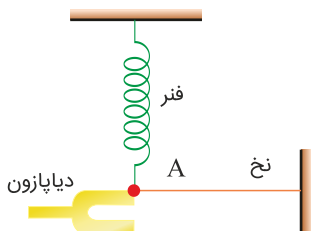
(۲) $0/3$

(۱) ۳۰

(۴) $0/4$

(۳) ۴۰

در شکل زیر، یک سر نخ و فنر در نقطه A به شاخه دیپازون وصل شده است و دیپازون نوسان می‌کند. کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد آن‌ها درست است؟



(۱) در فنر و نخ، موج طولی تشکیل می‌شود.

(۲) در فنر و نخ، موج عرضی تشکیل می‌شود.

(۳) در فنر موج طولی و در نخ موج عرضی تشکیل می‌شود.

(۴) در فنر موج عرضی و در نخ موج طولی تشکیل می‌شود.

یک زمین‌لرزه در عمق 720 کیلومتری از یک دستگاه لرزه‌نگار مستقر در سطح زمین رخ می‌دهد. امواج اولیه P و امواج ثانویه S به ترتیب با تندی‌های 8 km/s و v_s و با اختلاف زمانی $1/5$ دقیقه به دستگاه لرزه‌نگار می‌رسند. اگر این موج‌ها روی خط راستی منتشر شوند، v_s برحسب کیلومتر بر ثانیه کدام است؟

(۲) ۴

(۱) ۱۲

(۴) ۳

(۳) ۶

نسبت تندی نور در هوا به تندی نور در آب برابر با $\frac{4}{3}$ است. اگر نسبت طول موج نور در هوا به طول موج آن در آب را m و نسبت بسامد نور در هوا به بسامد آن در آب را با K نشان دهیم، کدام گزینه صحیح است؟

$$K = \frac{4}{3}, m = 1 \quad (2)$$

$$K = 1, m = \frac{3}{4} \quad (1)$$

$$K = \frac{4}{3}, m = \frac{3}{4} \quad (4)$$

$$K = 1, m = \frac{4}{3} \quad (3)$$

یک موج طولی با تندی 80 m/s در یک فنر در حال انتشار است. اگر فاصله بین نقطه‌ای که اندازه جابه‌جایی آن از وضعیت تعادل بیشینه است تا بیشترین جمع شدگی مجاور آن برابر با $2/5 \text{ cm}$ باشد، بسامد این موج چند هرتز است؟

$$800 \quad (2)$$

$$400 \quad (1)$$

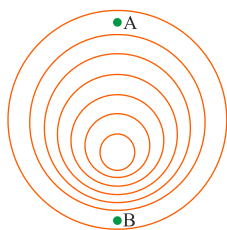
$$3200 \quad (4)$$

$$1600 \quad (3)$$

در کدام یک از شکل‌های زیر چشمه صوت با تندی کمتری از تندی صوت در محیط حرکت می‌کند؟



در شکل زیر، جبهه‌های موج کروی منتشرشده از یک چشمه صوت نشان داده شده است. چه تعداد از جملات زیر در مورد این شکل درست است؟



- (الف) چشمه صوت ساکن است.
 (ب) چشمه صوت از سمت A به سمت B حرکت می‌کند.
 (پ) تندی انتشار صوت در نقطه B، بیشتر از تندی انتشار صوت در نقطه A است.
 (ت) طول موج دریافت شده در نقطه A بیشتر از طول موج دریافت شده در نقطه B است.

$$1 \quad (1)$$

$$2 \quad (2)$$

$$3 \quad (3)$$

$$4 \quad (4)$$

شخصی با چکش به انتهای میله‌ای باریک ضربه می‌زند و صدای ناشی از این ضربه در هوا و میله، در انتهای میله با اختلاف زمانی $0/2 \text{ s}$ به گوش می‌رسد. اگر تندی صوت در این میله ۹ برابر تندی صوت در هوا باشد، طول میله برابر با چند متر است؟ (320 m/s = صوت در هوا v)

$$36 \quad (2)$$

$$72 \quad (1)$$

$$9 \quad (4)$$

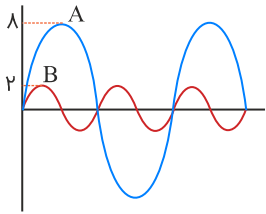
$$18 \quad (3)$$

بسامد و تندی انتشار یک موج صوتی با ورود از آب به هوا به ترتیب از راست به چپ، چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) ثابت می‌ماند، افزایش می‌یابد.
 (۲) ثابت می‌ماند، ثابت می‌ماند.
 (۳) افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد.
 (۴) ثابت می‌ماند، کاهش می‌یابد.

نمودار جابه‌جایی- مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده‌اند، به صورت زیر است. در یک فاصله مشخص و برابر از هر دو منبع، تراز شدت صوت A چند دسی‌بل بیشتر از تراز شدت صوت B است؟ ($\log 2 = 0.3$)

۶۲



۹ (۱)

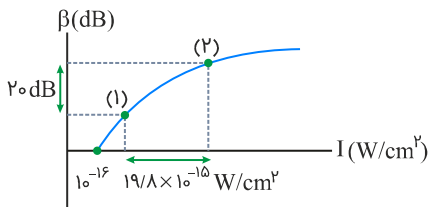
۶ (۲)

۱۸ (۳)

۳ (۴)

شکل زیر نمودار تراز شدت صوت را بر حسب شدت آن برای یک چشمه صوت نمایش می‌دهد. این صوت توسط چشمه‌ای با توان متوسط 0.24 pW منتشر می‌شود و دو شنونده (۱) و (۲) در فاصله‌های مختلفی از چشمه قرار دارند. فاصله شنونده (۱) از چشمه صوت چند سانتی‌متر است؟ ($\pi = 3$)

۶۳



۶ (۱)

۱۰ (۲)

۶۰ (۳)

۱ (۴)

برای کاهش ۱۲ دسی‌بل تراز شدت صوت کدام گزینه ممکن است؟ ($\log 2 = 0.3$)

۶۴

(۲) ۴ برابر کردن دامنه نوسان صوت

(۱) ۴ برابر کردن فاصله از منبع صوت

(۴) $\frac{1}{4}$ برابر کردن شدت صوت

(۳) ۴ برابر کردن بسامد صوت

اگر شدت صوتی که به گوش ما می‌رسد ۱۰۰ برابر شود، تراز شدت صوتی که می‌شنویم ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. تراز شدت صوت اولیه چند دسی‌بل است؟

۶۵

۱۰۰ (۲)

۸۰ (۱)

۵۰ (۴)

۲۰۰ (۳)

تراز شدت صوتی در یک نقطه مشخص به اندازه β_1 دسی‌بل است. اگر ۴ چشمه صوتی دیگر مشابه چشمه صوتی اول در کنار چشمه اول قرار گیرند، تراز شدت صوت در همان نقطه چند دسی‌بل بیشتر می‌شود؟ ($\log 2 = 0.3$, $\log 3 = 0.5$, $\log 5 = 0.7$) و از اتلاف انرژی صرف نظر شود)

۶۶

۴ (۲)

۳ (۱)

۸ (۴)

۷ (۳)

اگر تراز شدت صوت ۴۴ dB باشد، شدت این صوت چند میکرووات بر مترمربع است؟ ($\log 2 = 0.3$, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$)

۶۷

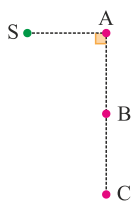
(۲) $2/5 \times 10^{-2}$

(۱) $2/5 \times 10^{-10}$

(۴) 16×10^{-2}

(۳) 16×10^{-10}

در شکل زیر یک چشمه صوتی در نقطه S قرار دارد. اختلاف تراز شدت صوت در نقاط B و C چندبرابر اختلاف تراز شدت صوت در نقاط A و B است؟
($\log 2 = 0.3$, $\overline{SA} = \overline{AB} = \overline{BC}$) و اتلاف انرژی نداریم)



(۱) ۱

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

کدامیک از عبارتهای زیر نادرست است؟

(۱) هر تن موسیقی دارای دو ویژگی متمایز ارتفاع و بلندی است.

(۲) ارتفاع صوت، بسامدی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند.

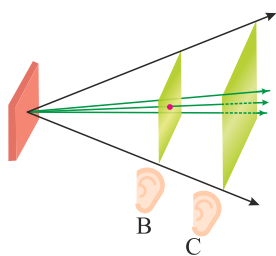
(۳) بلندی صوت، شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند.

(۴) بلندی صوت را می‌توان با یک آشکارساز اندازه گرفت درحالی‌که شدت صوت چیزی است که شما حس می‌کنید.

تراز شدت یک صوت ۱۱ dB است. شدت این صوت چند میکرووات بر مترمربع است؟ ($\log 2 = 0.3$, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$)

(۲) $12/5 \times 10^{-6}$ (۱) $12/5 \times 10^{-12}$ (۴) 25×10^{-6} (۳) 25×10^{-12}

موجی صوتی با توان $12 \times 10^{-5} \text{ W}$ عمود بر جهت انتشار از دو صفحه فرضی مطابق شکل می‌گذرد. اگر مساحت صفحه‌ها به ترتیب $A_B = 5 \text{ m}^2$ و $A_C = 10 \text{ m}^2$ باشد، شدت صوت دریافتی توسط شخص B برابر شدت صوت دریافتی توسط شخص C است و شخص B صوت را می‌شنود.



(۱) ۲، با ارتفاع بیشتر

(۲) $\frac{1}{2}$ ، با ارتفاع کمتر

(۳) ۲، بلندتر

(۴) $\frac{1}{2}$ ، آهسته‌تر

اگر تراز شدت صوتی ۴۷ dB باشد، شدت این صوت چند وات بر مترمربع است؟ ($\log 5 = 0.7$ و $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$)

(۲) 10^{-8} (۱) 5×10^{-8} (۴) $1/5 \times 10^{-8}$ (۳) 7×10^{-8}

تراز شدت صوت A، ۱۰ دسی‌بل از تراز شدت صوت B بیشتر و ۳۰ دسی‌بل از تراز شدت صوت C کمتر است. شدت صوت B چندبرابر شدت صوت C است؟

(۲) 10^{-2} (۱) 10^2 (۴) 10^4 (۳) 10^{-4}

یک چشمه صوت، امواج صوتی را با توان 270 W در یک فضای باز، تولید و منتشر می‌کند. شنونده‌ای در فاصله چند متری از منبع قرار گیرد تا امواج صوتی را با تراز شدت صوت 90 dB بشنود؟ $(\pi = 3, I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2)$ و اتلاف انرژی نداریم)

۷۴

- (۱) $1/5$ (۲) 15
(۳) 150 (۴) 15000

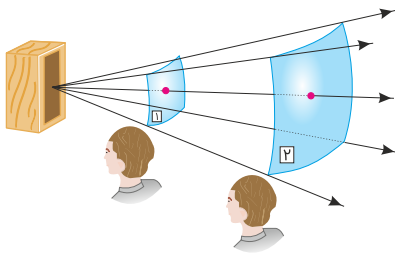
وال عنبر یکی از جانورانی است که با استفاده از پژواک امواج فراصوتی با بسامد حدود 10^5 Hz ، مکان‌یابی می‌کند. طول چهار جسم به ترتیب برابر با $16/25 \text{ mm}$ ، $10/5 \text{ mm}$ ، $2/2 \text{ cm}$ و $1/64 \text{ cm}$ است. این وال چند جسم را نمی‌تواند تشخیص دهد؟ (تندی صوت در آب دریا را $1/52 \text{ km/s}$ در نظر بگیرید)

۷۵

- (۱) 1 (۲) 2
(۳) 3 (۴) 4

مطابق شکل زیر موج صوتی با توان ثابتی از دو سطح فرضی شکل زیر می‌گذرد. اگر مساحت سطح (۲)، چهار برابر مساحت سطح (۱) باشد، در این صورت در سطح (۱) صدا دسی‌بل از سطح (۲) شنیده می‌شود. $(\log 2 \approx 0/3)$

۷۶



- (۱) $6 -$ کوتاه‌تر
(۲) $6 -$ بلندتر
(۳) $0/6 -$ کوتاه‌تر
(۴) $0/6 -$ بلندتر

تراز شدت صوت یک منبع صوتی نقطه‌ای در محل پرده‌ای با مساحت 10 cm^2 برابر با 31 dB است. اگر این صوت به صورت عمود به سطح پرده برخورد کند، در مدت 16 s چند ژول انرژی توسط صوت به این پرده منتقل می‌شود؟ $(I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2, \log 2 = 0/3)$ و اتلاف انرژی نداریم)

۷۷

- (۱) 10^{-11} (۲) 2×10^{-11}
(۳) 10^{-12} (۴) 2×10^{-12}

اگر چند دیافازون با بسامدهای مختلف به‌طور یکسان نواخته شوند، صوت تولیدی توسط آن‌ها که به‌وسیله گوش درک می‌شود متفاوت خواهد بود و اگر یک دیافازون با بسامد مشخص را با ضربه‌هایی متفاوت به ارتعاش واداریم، صداهایی با متفاوت را حس می‌کنیم.

۷۸

- (۱) بلندی، ارتفاع (۲) بلندی، شدت
(۳) شدت، ارتفاع (۴) ارتفاع، بلندی

با دور شدن از یک چشمه صوتی، بلندی و ارتفاع صوت به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟ (اتلاف انرژی صوتی ناچیز است)

۷۹

- (۱) کاهش می‌یابد، کاهش می‌یابد. (۲) ثابت می‌ماند، کاهش می‌یابد.
(۳) ثابت می‌ماند، ثابت می‌ماند. (۴) کاهش می‌یابد، ثابت می‌ماند.

اگر تراز شدت صوتی در فاصله 5 متری از یک منبع صوت 12 دسی‌بل باشد، آهنگ متوسط انتقال انرژی از سطحی به مساحت $2/7 \text{ cm}^2$ که عمود بر راستای انتشار موج و در فاصله 3 متری از منبع صوت قرار دارد چند وات است؟ $(I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2, \log 2 = 0/3)$ و اتلاف انرژی ناچیز فرض شود)

۸۰

- (۱) $1/6 \times 10^{-11}$ (۲) $7/2 \times 10^{-15}$
(۳) $1/2 \times 10^{-14}$ (۴) $3/6 \times 10^{-14}$

فرض کنید ستاره سفید رنگی با سرعتی از مرتبه بزرگی سرعت نور در حال دور شدن از ما است. با فرض ثابت بودن زمین، کدام یک از عبارتهای زیر صحیح است؟

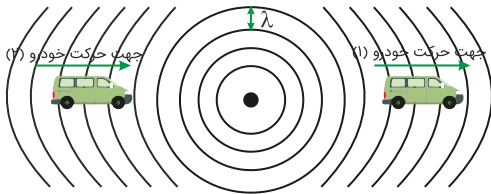
(۱) رنگ ستاره به قرمز متمایل پیدا می‌کند.

(۲) طول موج نوری که از زمین به طرف آن ستاره ارسال می‌شود، بلندتر می‌شود.

(۳) رنگ ستاره به آبی متمایل می‌شود.

(۴) بر سرعت انتشار نور سفید به طرف زمین افزوده می‌شود.

در شکل زیر خودروی (۱) از چشمه صوت ساکن دور و خودروی (۲) به آن نزدیک می‌شود. اگر طول موج و بسامد دریافتی توسط خودروی (۱) را λ_1 و f_1 و طول موج و بسامد دریافتی توسط خودروی (۲) را λ_2 و f_2 نشان دهیم، کدام گزینه صحیح است؟



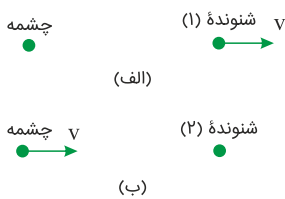
$$f_2 < f_1, \lambda_1 < \lambda_2 \quad (۱)$$

$$f_2 < f_1, \lambda_1 = \lambda_2 \quad (۲)$$

$$f_2 > f_1, \lambda_1 > \lambda_2 \quad (۳)$$

$$f_2 > f_1, \lambda_1 = \lambda_2 \quad (۴)$$

شکل‌های زیر، جهت حرکت چشمه صوتی یا شنونده را در دو وضعیت مختلف نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد بسامد صوتی که شنونده در دو حالت می‌شنود، درست است؟ (بسامد چشمه صوت و تندی v در هر دو حالت یکسان است)



(۱) هر دو شنونده، بسامد بیشتری از بسامد چشمه می‌شنوند.

(۲) هر دو شنونده، بسامد کمتری از بسامد چشمه می‌شنوند.

(۳) شنونده (۱) بسامد بیشتر از بسامد چشمه و شنونده (۲) بسامد کمتری از بسامد چشمه می‌شنود.

(۴) شنونده (۲) بسامد بیشتر از بسامد چشمه و شنونده (۱) بسامد کمتری از بسامد چشمه می‌شنود.

شکل زیر جهت‌های حرکت یک چشمه صوتی و یک ناظر (شنونده) را در دو وضعیت مختلف نشان می‌دهد. در کدام وضعیت طول موجی که ناظر دریافت می‌کند، کمتر از طول موجی است که چشمه به طرف او گسیل می‌کند؟



(۱) فقط (الف)

(۲) فقط (ب)

(۳) هر دو

(۴) هیچ‌کدام

در شکل زیر، چشمه صوتی با تندی ثابت به سمت راست در حرکت است. اگر بسامدی را که ناظرهای ساکن (۱)، (۲) و (۳) دریافت می‌کنند به ترتیب f_1 و f_2 و f_3 و بسامد چشمه صوت را f_s بنامیم، کدام گزینه صحیح است؟



$$f_1 > f_2 > f_s > f_3 \quad (۱)$$

$$f_1 = f_2 < f_s < f_3 \quad (۲)$$

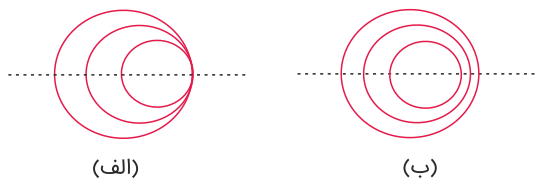
$$f_2 > f_1 > f_s > f_3 \quad (۳)$$

$$f_1 = f_2 > f_s > f_3 \quad (۴)$$

وقتی چشمه نوری به ناظر (آشکارساز) نزدیک می‌شود، طول موج می‌یابد و هرگاه چشمه نور از ناظر (آشکارساز) دور شود، اصطلاحاً رخ می‌دهد.

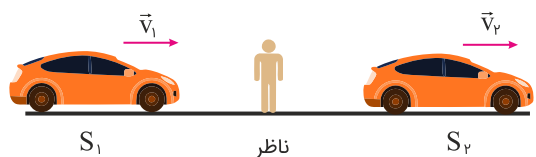
- (۱) کاهش، انتقال به سرخ
(۲) افزایش، انتقال به سرخ
(۳) کاهش، انتقال به آبی
(۴) افزایش، انتقال به آبی

شکل زیر جبهه‌های موج متوالی حاصل از یک چشمه صوت متحرک را در حالت‌های "الف" و "ب" نشان می‌دهد. در حالت تندی حرکت چشمه برابر تندی صوت است و تندی حرکت چشمه در حالت "ب" از حالت "الف" است.



- (۱) الف - بیشتر
(۲) ب - بیشتر
(۳) الف - کمتر
(۴) ب - کمتر

در شکل زیر، ناظر ساکن است. چشمه موج صوتی S_1 با تندی ثابت v_1 در حال نزدیک شدن به ناظر و چشمه موج صوتی S_2 با تندی ثابت v_2 در حال دور شدن از ناظر است و ناظر بسامد یکسانی را از دو چشمه صوتی دریافت می‌کند. اگر بسامد صوت چشمه‌های صوتی S_1 و S_2 را به ترتیب با f_1 و f_2 و بسامد دریافتی توسط ناظر را با f_0 نشان دهیم، کدام گزینه صحیح است؟



- (۱) $f_1 > f_2 > f_0$
(۲) $f_2 = f_1 > f_0$
(۳) $f_2 > f_0 > f_1$
(۴) $f_2 < f_0 < f_1$

در حالتی که یک چشمه نقطه‌ای صوت ساکن است، طول موج صوت حاصل از چشمه در جلوی چشمه نسبت به عقب آن، است و در حالتی که چشمه صوت در حال حرکت است، طول موج صوت حاصل از چشمه در جلوی چشمه نسبت به عقب آن، است.

- (۱) یکسان، کوتاه‌تر
(۲) یکسان، بلندتر
(۳) کوتاه‌تر، کوتاه‌تر
(۴) کوتاه‌تر، بلندتر

تغییرات بسامد و طول موج دریافتی از یک چشمه موج الکترومغناطیسی در حال حرکت نسبت به ناظر (آشکارساز)، چه نامیده می‌شود؟

- (۱) جابه‌جایی دوپلری
(۲) تشدید
(۳) پراش
(۴) پژواک



گزینه ۲

۱

ابتدا با استفاده از نقش موج، طول موج و سپس دوره تناوب آن را محاسبه می‌کنیم:

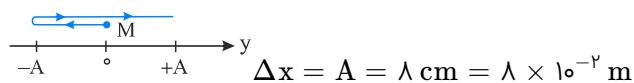
$$۳ \frac{\lambda}{۲} = ۶ \Rightarrow \lambda = ۴ \text{ m}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow ۲ = \frac{۴}{T} \Rightarrow T = ۲ \text{ s}$$

مسافت طی شده توسط موج در بازه زمانی صفر تا $1/5$ s برابر است با:

$$L = v \Delta t = ۲ \times 1/5 \Rightarrow L = ۳ \text{ m}$$

باتوجه به جهت حرکت موج و دوره آن، در مدت $1/5$ ثانیه، نقطه M ابتدا به $- \lambda \text{ cm}$ رفته، سپس به نقطه تعادل برمی‌گردد و در نهایت به نقطه $+ \lambda \text{ cm}$ می‌رسد، بنابراین جابه‌جایی آن برابر با $\Delta x = A$ است.



در نتیجه:

$$\frac{\Delta x}{L} = \frac{\lambda \times 10^{-2}}{۳} = \frac{۲}{۷۵}$$

دوره تناوب را به دست می‌آوریم. باتوجه به شکل $\frac{\lambda}{۲} = ۵ \text{ cm}$ است. چون تندی موج ۲۰ m/s است، می‌توان گفت:

$$\frac{\lambda}{۲} = ۵ \text{ cm} \Rightarrow \lambda = ۱۰ \text{ cm} = ۰/۱ \text{ m}$$

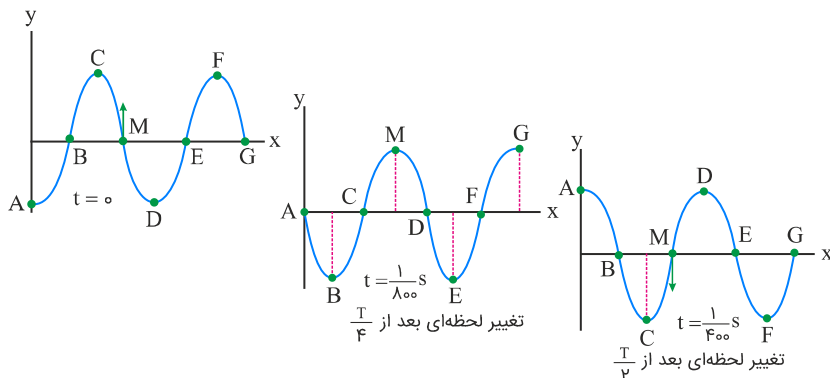
$$\lambda = vT \xrightarrow{v=۲۰ \text{ m/s}} ۰/۱ = ۲۰T \Rightarrow T = \frac{۱}{۲۰۰} \text{ s}$$

چون دوره تناوب $\frac{۱}{۲۰۰} \text{ s}$ است، $\frac{۱}{۴۰۰} \text{ s}$ بعد از این لحظه (یعنی بعد از $\frac{T}{۲}$) ذره M که در نقطه تعادل قرار دارد، مجدداً به نقطه تعادل می‌رسد؛ بنابراین در این لحظه تندی آن بیشینه است و از رابطه $v_{\max} = A\omega$ به دست آید:

$$v_{\max} = A\omega \xrightarrow{\omega = \frac{۲\pi}{T}} v_{\max} = A \times \frac{۲\pi}{T}$$

$$\xrightarrow{\substack{A=۰/۰۵ \text{ m} \\ T=\frac{۱}{۲۰۰} \text{ s}}} v_{\max} = ۰/۰۵ \times \frac{۲\pi}{\frac{۱}{۲۰۰}} \Rightarrow v_{\max} = ۲۰\pi \text{ m/s}$$

باتوجه به جهت حرکت موج در لحظه نشان داده شده، ذره M از نقطه تعادل در جهت $+y$ حرکت می‌کند. بعد از نصف دوره تناوب، این ذره دوباره به نقطه تعادل می‌رسد و در جهت $-y$ حرکت می‌کند. این موضوع را به وضوح در شکل‌های زیر مشاهده می‌کنید.



با استفاده از رابطه تندی انتشار امواج عرضی در تار مرتعش داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} \xrightarrow{F_2=1/44F_1} \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{144}{100}} = 1/2 \xrightarrow{v_1=100 \text{ m/s}} v_2 = ۱۲۰ \text{ m/s}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = ۱۲۰ - ۱۰۰ = ۲۰ \text{ m/s}$$

با استفاده از رابطه تندی امواج عرضی در ریسمان کشیده، داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{1}{4}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}$$

از طرفی امواج عرضی با تندی ثابت در طول هر ریسمان منتشر می‌شوند، بنابراین داریم:

$$v = \frac{L}{t} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$$

$$\frac{\Delta t_1 = \Delta t_2}{\frac{1}{2}} = \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow L_2 = \frac{1}{2} L_1 \quad (*)$$

از طرفی داریم:

$$L_1 + L_2 = 6 \xrightarrow{(*)} L_1 + \frac{1}{2} L_1 = 6 \Rightarrow L_1 = 4 \text{ m}$$

عبارت "الف" نادرست است زیرا فاصله بین قله و دره مجاور هم برابر با $\frac{\lambda}{2}$ (نصف طول موج) است. عبارت "ت" نادرست است، زیرا آهنگ انتقال انرژی برای امواج مکانیکی با A^2 و f^2 متناسب است.

در انتشار موج از یک نقطه به نقطه دیگر، انرژی منتقل می‌شود نه ماده. بقیه گزینه‌ها عبارت‌های صحیحی هستند.

ابتدا دوره تناوب موج را حساب می‌کنیم. داریم:

$$3 \frac{\lambda}{4} = 60 \Rightarrow \lambda = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow 10 = \frac{0.8}{T} \Rightarrow T = 0.08 \text{ s}$$

باتوجه به دوره تناوب موج، بازه زمانی صفر تا 0.02 s معادل با $\frac{T}{4}$ خواهد بود و چون نقطه M در لحظه $t = 0$ در دره موج (یاستیغ) قرار دارد، باتوجه به جهت حرکت موج، به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند و از مکان A - طی زمان $\frac{T}{4}$ به مکان صفر می‌رسد؛ بنابراین حرکت نقطه M پیوسته تندشونده خواهد بود.

باتوجه به جهت حرکت موج و این نکته که هر ذره برای نوسان ساده در جهت مکان ذره قبل از خود حرکت می‌کند، می‌توان دریافت که ذره A در حال نزدیک شدن به دره موج (یاستیغ) و ذره B در حال نزدیک شدن به نقطه تعادل است. بنابراین سرعت هر دو ذره منفی است ولی حرکت ذره A کندشونده است و حرکت ذره B تندشونده. از طرف دیگر مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی در یک موج سینوسی برای همه انواع امواج مکانیکی با مربع دامنه (A^2) و مربع بسامد (f^2) متناسب است و چون دامنه و بسامد برای نوسان‌های ذره‌های A و B یکسان است، پس مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی از نقطه‌های A و B برابر است.

با نصف شدن سیم، چگالی خطی جرم سیم تغییری نمی‌کند، بنابراین داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} = \sqrt{\frac{2F}{F}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{2}$$

با استفاده از تعریف چگالی خطی جرم و چگالی حجمی داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{AL} \Rightarrow \rho = \frac{\mu}{A} \Rightarrow \mu = A\rho$$

حال باتوجه به رابطه تندی انتشار امواج عرضی در تار مرتعش داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{A\rho}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{9/6}{0.075 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^3}} \Rightarrow v = 40 \text{ m/s}$$

بنابراین:

$$\Delta x = v\Delta t \Rightarrow 0.8 = 40\Delta t \Rightarrow \Delta t = 0.02 \text{ s}$$

چون λ (فاصله بین دو قله متوالی) و v معلوم‌اند، از رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ بسامد موج را حساب می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{\lambda=10\text{cm}=0.1\text{m}, v=5\text{m/s}} 0.1 = \frac{5}{f} \Rightarrow f = 50 \text{ Hz}$$

با استفاده از رابطه $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ می‌توان نوشت:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\mu=\text{ثابت}} \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}}$$

$$\xrightarrow{\substack{F_1=128 \text{ N} \\ v_1=160 \text{ m/s}, v_2=200 \text{ m/s}}} \frac{160}{200} = \sqrt{\frac{128}{F_2}}$$

$$\Rightarrow \frac{128}{F_2} = \frac{16}{25} \Rightarrow F_2 = 200 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \Delta F = 200 - 128 = 72 \text{ N}$$

با استفاده از رابطه تندی انتشار امواج عرضی در یک تار، داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}}$$

$$\xrightarrow{\substack{F_2=1/69 F_1 \\ v_2=(v_1+3) \text{ m/s}}} \frac{v_1+3}{v_1} = \sqrt{1/69} \Rightarrow 1 + \frac{3}{v_1} = 1/3 \Rightarrow v_1 = 10 \text{ m/s}$$

گزینه ۴

۱۴

در حرکت نوسانی ساده هر ذره، زمانی که ذره از مبدأ نوسان عبور می‌کند، اندازه شتاب نوسانی آن برابر با صفر خواهد شد؛ بنابراین در این شکل که نقش یک موج عرضی منتشر شده در طناب را نشان می‌دهد، نقاطی از طناب که در مبدأ نوسان خود قرار دارند، دارای شتاب نوسانی صفر خواهند بود. این نقاط عبارت از D, B و F هستند.

گزینه ۳

۱۵

بیشینه تندی نوسان‌های ذرات طناب برابر با $A\omega$ و تندی انتشار موج برابر با λf است. داریم:

$$A\omega = \lambda f \Rightarrow 2\pi f A = \lambda f \Rightarrow \lambda = 2\pi A \Rightarrow \frac{\lambda}{A} = 2\pi$$

گزینه ۱

۱۶

اگر $\frac{2}{3}$ طناب را جدا کنیم، چگالی خطی جرم طناب ثابت می‌ماند.

$$\mu = \frac{m}{L}$$

باتوجه به رابطه تندی انتشار موج عرضی در تار، می‌توان نوشت:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{F'}{F}} = \sqrt{2}$$

گزینه ۲

۱۷

از روی شکل داریم:

$$\frac{\lambda}{2} = 0.2 \text{ m} \Rightarrow \lambda = 0.4 \text{ m}$$

بنابراین سرعت موج برابر است با:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow v = 0.4 \times 20 = 8 \text{ m/s}$$

$$\Delta x = v \cdot \Delta t = 8 \times 0.4 = 3.2 \text{ m}$$

گزینه ۱

۱۸

با استفاده از رابطه تندی انتشار موج در محیط و تندی بیشینه نوسان‌های ذره‌های محیط، داریم:

$$\frac{v}{v_{\max}} = \frac{\lambda f}{A\omega} = \frac{\lambda f}{\frac{1}{f} \lambda \times 2\pi f} = \frac{f}{2\pi} \xrightarrow{\pi=3} \frac{v}{v_{\max}} = \frac{2}{3}$$

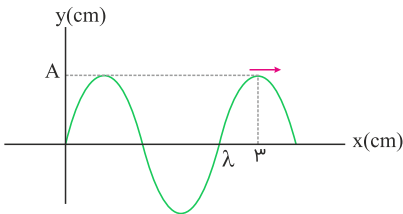
باتوجه به شکل، دامنه نوسان ذرات طناب برابر با ۴ cm است؛ پس مسافت ۲۴ cm برابر است با:

$$\frac{۲۴}{۴} = ۶ \Rightarrow ۲۴ = ۶A$$

می‌دانیم که یک ذره در مدت T (یک دوره) مسافت ۴A را طی می‌کند؛ پس مسافت ۶A را در مدت $T + \frac{T}{۲} = \frac{۳T}{۲}$ طی می‌کند؛ بنابراین:

$$\frac{۳T}{۲} = ۰/۰۷۵ \Rightarrow T = ۰/۰۵ \text{ s}$$

از طرفی باتوجه به شکل، طول موج برابر است با:



$$\lambda + \frac{\lambda}{۴} = ۳ \text{ cm} \Rightarrow \lambda = ۲/۴ \text{ cm}$$

در نهایت از رابطه $v = \frac{\lambda}{T}$ می‌توانیم سرعت انتشار موج را محاسبه کنیم:

$$v = \frac{۲/۴}{۰/۰۵} = ۴ \lambda \text{ cm/s}$$

گزینه ۱

۲۰

تندی انتشار امواج مکانیکی به شرایط محیط انتشار موج بستگی دارد و به دوره، بسامد و شکل موج بستگی ندارد. در این سؤال چون عمق مایع بخشی از شرایط فیزیکی محیط انتشار موج است، پس تندی موج سطحی روی مایع‌ها متفاوت خواهد بود. با استفاده از آزمایش و مطابق مثال کتاب درسی می‌توان دریافت که هرچه عمق مایع بیشتر باشد، تندی انتشار موج سطحی روی آن‌ها نیز بیشتر خواهد بود؛ بنابراین:

$$h_۲ > h_1 \Rightarrow v_۲ > v_1 \Rightarrow \frac{d}{t_۲} > \frac{d}{t_1} \Rightarrow t_1 > t_۲$$

گزینه ۱

۲۱

با استفاده از رابطه انتشار موج عرضی در ریسمان کشیده شده، داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{۴ \times ۱}{۴۰ \times ۱۰^{-۳}}} \Rightarrow v = ۱۰ \text{ m/s}$$

طول موج این موج مکانیکی برابر است با:

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow ۱۰ = \frac{\lambda}{۰/۱} \Rightarrow \lambda = ۱ \text{ m}$$

مطابق شکل صورت سؤال، فاصله A تا B برابر با $۱/۵ \lambda$ است؛ بنابراین:

$$\overline{AB} = ۱/۵ \lambda = ۱/۵ \times ۱ = ۱/۵ \text{ m}$$

ابتدا به کمک Δx ، طول موج و بسامد موج را محاسبه می‌کنیم. داریم:

$$\Delta x = \gamma / \omega \text{ cm} \Rightarrow \frac{\lambda}{f} = 0.075 \Rightarrow \lambda = 4 \times 0.075 = 0.3 \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{30}{0.3} = 100 \text{ Hz}$$

طبق تعریف، بسامد برابر با تعداد نوسان‌ها در ۱ ثانیه است؛ بنابراین تعداد نوسان‌ها در ۱ دقیقه برابر است با:

$$n = 60 \times f = 60 \times 100 = 6000 \text{ نوسان}$$

بررسی گزینه‌ها:

گزینه "۱": تندی ذرات نوسان کننده از صفر تا $v_{\max} = A\omega$ متغیر است. از طرفی ذره N به سمت پایین حرکت می‌کند و ذره M به سمت بالا حرکت می‌کند؛ بنابراین سرعت یکسان ندارند.

گزینه "۲": دو نقطه در فاز مخالف‌اند و در هر لحظه، فاصله آن‌ها از مرکز نوسان یکسان است.

گزینه "۳": دامنه هر دو نقطه یکسان است و می‌دانیم بسامد موج با بسامد چشمه موج یکسان و ثابت است.

گزینه "۴": ذره N چون به سمت مرکز نوسان در حال حرکت است، دارای حرکت تندشونده است.

موج‌ها عموماً به دو دسته موج‌های مکانیکی و موج‌های الکترومغناطیسی تقسیم‌بندی می‌شوند.

فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی برابر با $\frac{\lambda}{2}$ است؛ پس داریم:

$$\frac{\lambda}{2} = 20 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

از سوی دیگر با استفاده از رابطه انتشار موج، می‌توانیم دوره را به دست آوریم.

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = \frac{v}{T} \Rightarrow T = 0.05 \text{ s} = \frac{1}{20} \text{ s}$$

مدت‌زمان $\frac{1}{40} \text{ s}$ برابر با $\frac{T}{2}$ است. می‌دانیم در مدت $\frac{T}{2}$ هر نقطه از محیط انتشار موج، مسافت $2A$ را طی می‌کند که در آن A دامنه نوسان است.

$$\ell = 2A = 2 \times 5 = 10 \text{ cm}$$

با استفاده از رابطه تندی انتشار موج عرضی در یک تار، داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}}$$

$$\frac{F_2 = F_1 + 0.69F_1 \Rightarrow F_2 = 1.69F_1}{v_2 = (v_1 + 3) \text{ m/s}} \rightarrow \frac{v_1 + 3}{v_1} = \sqrt{1.69}$$

$$\Rightarrow 1 + \frac{3}{v_1} = 1.3 \Rightarrow v_1 = 10 \text{ m/s}$$

دوره نوسان‌های این موج برابر با $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} \text{ s}$ است و مدت زمان $\frac{1}{200}$ ثانیه برابر با $\frac{1}{4}$ دوره است:

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\frac{1}{200}}{\frac{1}{50}} = \frac{1}{4} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{4}$$

در مدت $\frac{T}{4}$ به نقاط قله و دژه به وضع تعادل ($y = 0$) می‌رسند و نقاطی که در وضعیت تعادل بوده‌اند، باتوجه به جهت حرکت موج به قله یا دره می‌رسند. در این شکل نقطه‌ای از ریسمان که دقیقاً روی محور y نوسان می‌کند، باتوجه به جهت حرکت موج، به سمت پایین در حرکت است؛ بنابراین این نقطه پس از گذشت $\frac{T}{4}$ ثانیه به $y = -A$ می‌رسد. در نتیجه گزینه "۱" شکل درست را نشان می‌دهد.

باتوجه به نمودار ابتدا طول موج را به دست می‌آوریم:

$$\frac{3\lambda}{2} = \frac{15}{100} \Rightarrow \lambda = 0.1 \text{ m}$$

باتوجه به رابطه تندی انتشار موج، داریم:

$$v = \lambda f = 0.1 \times 20 = 2 \text{ m/s}$$

ابتدا تندی انتشار موج در طناب را برحسب ویژگی‌های فیزیکی طناب و نیروی کشش آن به دست می‌آوریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \mu = \frac{m}{L}, A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow v = \sqrt{\frac{4F}{\rho \pi D^2}} = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

$$\frac{F = 30 \text{ N}, \rho = 4 \text{ g/cm}^3 = 4000 \text{ kg/m}^3}{\pi = 3, D = 2/\omega \text{ cm} = 2/\omega \times 10^{-2} \text{ m}} \rightarrow v = \frac{2}{2/\omega \times 10^{-2}} \times \sqrt{\frac{30}{4000 \times 3}}$$

$$\Rightarrow v = \frac{2}{2/\omega \times 10^{-2} \times 30} = 4 \text{ m/s}$$

اکنون باتوجه به رابطه تندی بیشینه هریک از ذرات نوسان کننده طناب، داریم:

$$v_{\max} = A\omega \xrightarrow{\omega = 2\pi f} v_{\max} = 2\pi f A \xrightarrow{f = \frac{v}{\lambda}} v_{\max} = 2\pi v \frac{A}{\lambda} \Rightarrow \frac{A}{\lambda} = \frac{v_{\max}}{2\pi v}$$

باتوجه به اینکه مسافت طی شده توسط موج در یک دوره تناوب برابر با λ و مسافت طی شده توسط یک ذره از طناب در همین مدت برابر با FA است. داریم:

$$\frac{FA}{\lambda} = \frac{2\pi v_{\max}}{2\pi v} \xrightarrow{\substack{v_{\max} = 24 \text{ cm/s} = 24 \times 10^{-2} \text{ m/s} \\ \pi = 3, v = 4 \text{ m/s}}} \frac{FA}{\lambda} = \frac{2 \times 24 \times 10^{-2}}{3 \times 4} = 0.04$$

ابتدا تندی انتشار امواج عرضی را در ریسمان محاسبه می‌کنیم. داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{20}{800 \times 10^{-3}}} \Rightarrow v = 5 \text{ m/s}$$

در نتیجه:

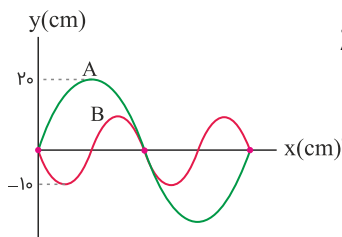
$$x = vt \Rightarrow 800 \times 10^{-3} = 5 \times t \Rightarrow t = 1/6 \text{ s}$$

باتوجه به شکل، نسبت $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$ را به دست می‌آوریم:

$$\lambda_B = \frac{1}{2} \lambda_A \Rightarrow \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = 2$$

حال با استفاده از رابطه $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ و باتوجه به اینکه $\mu_A = \mu_B$ و در نهایت با استفاده از رابطه $\lambda = vT$ دوره تناوب موج B را پیدا می‌کنیم:

$$\lambda = vT \Rightarrow \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{v_A}{v_B} \times \frac{T_A}{T_B} \xrightarrow{\substack{v_A = \sqrt{\frac{F_A}{\mu}} = \frac{1}{2}, T_A = 2 \text{ s} \\ \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = 2}} 2 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{T_B} \Rightarrow T_B = 0.5 \text{ s}$$



گزینه ۴

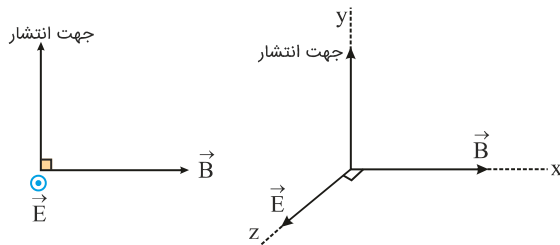
۳۲

سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلأ برابر با $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ است و در محیط‌های دیگر سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی متفاوت است و به ضریب شکست محیط برای آن طول موج از امواج الکترومغناطیسی بستگی دارد.

گزینه ۲

۳۳

برای تعیین جهت میدان الکتریکی از قاعده دست راست استفاده می‌کنیم. طبق این قاعده اگر چهار انگشت دست راست را در جهت میدان الکتریکی قرار دهیم، به طوری که با خم کردن، آن‌ها در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرند، در این صورت انگشت شست دست راست جهت انتشار موج الکترومغناطیسی را نشان خواهد داد؛ بنابراین جهت میدان الکتریکی برون‌سو (\odot) است.



گزینه ۱

۳۴

طول موج توسط رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^9} = 0.5 \times 10^{-1} = 0.5 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

زمانی که موج الکترومغناطیسی در راستای محور Y منتشر می‌شود، نوسان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یکی روی محور X و دیگری روی محور Z می‌تواند انجام گیرد (راستای نوسان میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی و جهت انتشار هر سه برهم عمودند).

گزینه ۲

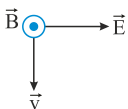
۳۵

می‌دانیم که برای حل این سؤال نیاز به یک جسم سه‌بعدی داریم، بنابراین روبه‌روی خود را شمال فرض می‌کنیم. حال اگر چهار انگشت دست راست را به طرف غرب (به سمت چپ خود) بگیریم به گونه‌ای که کف دست به سمت شمال (روبه‌رو) باشد، انگشت شست روبه‌پایین خواهد بود که این همان جهت انتشار موج الکترومغناطیسی حاصل است.

گزینه ۲

۳۶

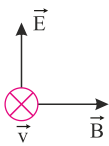
طبق قاعده دست راست، اگر چهار انگشت باز دست راست در جهت میدان الکتریکی و انگشت شست در جهت انتشار موج الکترومغناطیسی (پرتوی نور) باشد، جهت چرخش چهار انگشت (یا کف دست) در جهت میدان مغناطیسی خواهد بود که در این سؤال به سمت جنوب خواهد شد.



گزینه ۴

۳۷

برای تعیین جهت انتشار موج باید از قاعده دست راست کمک گرفت. بدین‌صورت که چهار انگشت دست راست را طوری در جهت میدان الکتریکی می‌گیریم که چرخش آن‌ها به سمت میدان مغناطیسی باشد، آنگاه انگشت شست دست راست جهت انتشار موج را نشان می‌دهد که مطابق شکل زیر، موج در خلاف جهت محور Z منتشر می‌شود.



گزینه ۲

۳۸

برای مشخص نمودن ناحیه موج الکترومغناطیسی A در طیف امواج الکترومغناطیسی ابتدا باید طول موج آن را به دست آوریم. باتوجه به داده‌های سؤال، چون $f_A = 1/\lambda f_B$ است، باید $\lambda_A < \lambda_B$ باشد؛ بنابراین داریم:

$$\lambda_B - \lambda_A = 400 \text{ nm} \quad (1)$$

$$f_A = 1/\lambda f_B \xrightarrow{f=c/\lambda} \frac{c}{\lambda_A} = 1/\lambda \frac{c}{\lambda_B} \Rightarrow \lambda_B = 1/\lambda \lambda_A \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1),(2)} 1/\lambda \lambda_A - \lambda_A = 400 \Rightarrow 1/\lambda \lambda_A = 400 \Rightarrow \lambda_A = 500 \text{ nm}$$

طول موج $\lambda = 500 \text{ nm}$ مربوط به ناحیه مرئی طیف امواج الکترومغناطیسی است.

گزینه ۳

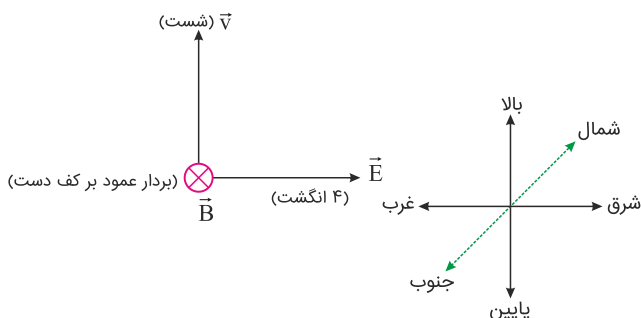
۳۹

بار الکتریکی و میدان مغناطیسی متغیر با زمان، مولد میدان الکتریکی و آهنربا و میدان الکتریکی متغیر با زمان، میدان مغناطیسی هستند.

گزینه ۴

۴۰

طبق قاعده دست راست برای امواج الکترومغناطیسی، برای اینکه میدان مغناطیسی (\vec{B}) به سمت شمال (درون سو) باشد، باید گزینه "۴" رخ دهد.



گزینه ۳

۴۱

تندی انتشار تمامی طیف امواج الکترومغناطیسی در خلأ، باهم برابر و مساوی با $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ است.

گزینه ۳

۴۲

از روی نمودار $E - t$ مشخص است که:

$$T + \frac{T}{4} = 6/25 \times 10^{-14} \Rightarrow T = 5 \times 10^{-14} \text{ s}$$

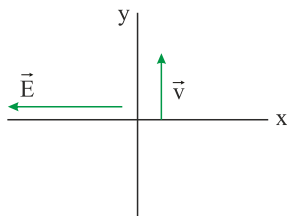
همچنین از رابطه بین طول موج و دوره تناوب در امواج الکترومغناطیسی، داریم:

$$\frac{\lambda}{T} = c \Rightarrow \lambda = cT = 3 \times 10^8 \times 5 \times 10^{-14}$$

$$\Rightarrow \lambda = 15 \times 10^{-6} \text{ m} = 15 \mu\text{m}$$

یعنی طول موج میدان الکتریکی برابر با $15 \mu\text{m}$ است. از آنجایی که طول موج میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی باهم برابر بوده، بنابراین طول موج میدان مغناطیسی نیز $15 \mu\text{m}$ است و فقط گزینه "۳" می‌تواند نمودار میدان مغناطیسی بر حسب مکان الکترومغناطیسی باشد.

باتوجه به قاعده دست راست، اگر چهار انگشت دست راست در جهت میدان \vec{E} قرار دهیم به طوری که خم شدن چهار انگشت به سمت میدان \vec{B} باشد، انگشت شست جهت انتشار موج یا همان جهت انتقال انرژی را نشان می‌دهد. طبق این قاعده، جهت میدان \vec{B} عمود بر صفحه و به سمت بیرون خواهد شد.



مقایسه طیف‌های مختلف امواج الکترومغناطیسی برای افزایش طول موج به صورت زیر است:

امواج رادیویی < میکروموج < فرسرخ < مرئی < فرابنفش < پرتوهای X < پرتوهای گاما

طبق قاعده دست راست، اگر چهار انگشت دست راست طوری در راستای میدان الکتریکی \vec{E} قرار گیرند که انگشت شست، جهت انتشار موج و انتقال انرژی را نشان دهد، جهت خم شدن چهار انگشت منطبق بر جهت میدان مغناطیسی \vec{B} خواهد بود. با این توضیحات در لحظه t ، جهت میدان مغناطیسی در جهت مثبت محور x خواهد بود. در لحظه $(t + \frac{T}{4})$ ، جهت میدان‌های هم‌فاز الکتریکی و مغناطیسی، وارون می‌شود؛ در نتیجه پس از گذشت زمانی به اندازه نصف دوره تناوب، جهت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در این نقطه به ترتیب در جهت منفی محور y و جهت منفی محور x خواهد بود.

تندی انتشار موج الکترومغناطیسی درون آب، کمتر از $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ است.

$$\text{گزینه "۱": } v = \lambda f = (500 \times 10^{-9}) \times (6 \times 10^{15}) = 3 \times 10^9 \text{ m/s}$$

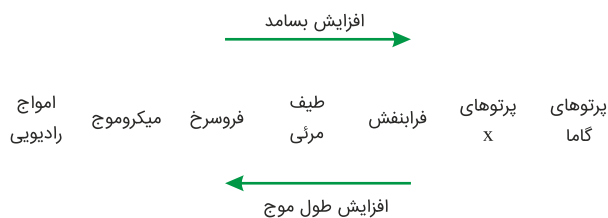
$$\text{گزینه "۲": } v = \lambda f = (150 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^{12}) = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{گزینه "۳": } v = \lambda f = (750 \times 10^{-6}) \times (3 \times 10^{11}) = 2/25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{گزینه "۴": } v = \lambda f = (700 \times 10^{-9}) \times (5 \times 10^{15}) = 3/5 \times 10^9 \text{ m/s}$$

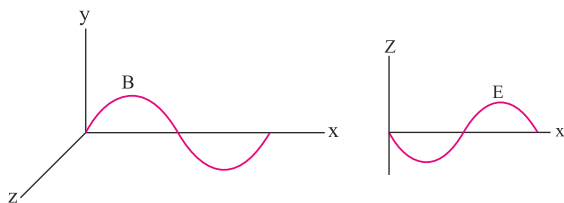
امواج با تندی اشاره شده در گزینه‌های "۱" و "۴" نمی‌توانند وجود داشته باشند و گزینه "۲" مربوط به انتشار موجی الکترومغناطیسی در خلأ و یا هوا است.

طیف امواج الکترومغناطیسی مطابق با شکل زیر است:



طبق این طیف، طول موج امواج میکروموج بیشتر از طول موج امواج فرورسرخ و بسامد امواج رادیویی کمتر از بسامد امواج فرابنفش است.

با استفاده از قاعده دست راست، اگر چهار انگشت در جهت میدان الکتریکی طوری قرار گیرد که کف دست جهت میدان مغناطیسی را نشان دهد، در این صورت انگشت شست جهت انتشار مسیر را نشان می‌دهد؛ بنابراین در مکان $x = \frac{\lambda}{4}$ که میدان مغناطیسی در جهت مثبت محور y بیشینه است، میدان الکتریکی در این لحظه در خلاف جهت محور z و بیشینه است.



اگر تندی موج S را v_S و تندی موج P را v_P بنامیم، داریم:

$$v_S = \frac{f_0}{100} v_P = \frac{2}{5} v_P$$

برای موج اولیه P می‌توان نوشت:

$$\Delta x_P = v_P \Delta t_P$$

و برای موج S می‌توان نوشت:

$$\Delta x_S = v_S \Delta t_S$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta t_P = \frac{\Delta x}{v_P} \\ \Delta t_S = \frac{\Delta x}{v_S} \end{cases} \xrightarrow{\Delta t_S - \Delta t_P = 1/5 \text{ min}} \frac{\Delta x}{v_S} - \frac{\Delta x}{v_P} = 1/5 \times 60$$

$$\Rightarrow \Delta x \left(\frac{1}{v_S} - \frac{1}{v_P} \right) = 1/5 \times 60$$

$$\xrightarrow{v_S = 0.4 v_P} \Delta x \left(\frac{1}{0.4 v_P} - \frac{1}{v_P} \right) = 1/5 \times 60$$

$$\xrightarrow{\Delta x = 300 \text{ km}} \frac{300 \times 1/5}{v_P} = 1/5 \times 60$$

$$v_P = 5 \text{ km/s} \Rightarrow v_S = \frac{2}{5} v_P = 2 \text{ km/s}$$

$$\Delta x = v_S \Delta t_S \Rightarrow 300 = 2 \times \Delta t_S \Rightarrow \Delta t_S = 150 \text{ s} = \frac{5}{2} \text{ min}$$

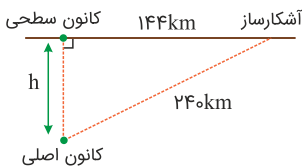
حداقل مسافتی که موج باید بپیماید تا بخش‌هایی از فنر که در حالت بازشدگی بیشینه قرار دارند به وضعیت جمع شدگی بیشینه برسند برابر با $\frac{\lambda}{2}$ است. مطابق شکل صورت سؤال داریم:

$$\lambda + \frac{\lambda}{4} = 50 \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm}$$

حال طبق رابطه $\Delta x = v \Delta t$ ، حداقل زمان لازم را به دست می‌آوریم:

$$\Delta x = v \Delta t \Rightarrow 0.2 = 20 \Delta t \Rightarrow \Delta t = 0.01 \text{ s}$$

اختلاف زمانی رسیدن دو موج را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:



$$\Delta t = \frac{(v_p - v_s) \Delta x}{v_s v_p}$$

$$\begin{cases} 30 = \frac{(\lambda - 4) \times \Delta x_1}{\lambda \times 4} \Rightarrow \Delta x_1 = 240 \text{ km} \\ 1\lambda = \frac{(\lambda - 4) \times \Delta x_2}{\lambda \times 4} \Rightarrow \Delta x_2 = 144 \text{ km} \end{cases}$$

$$h = \sqrt{240^2 - 144^2} = 48 \times \sqrt{5^2 - 3^2} = 48 \times 4 = 192 \text{ km}$$

همان‌طور که می‌دانیم فاصله بین دو تراکم (جمع‌شدگی) یا دو انبساط (بازشدگی) متوالی برابر با طول موج (λ) است. همچنین فاصله بین مرکز یک تراکم با مرکز انبساط مجاور آن برابر با نصف طول موج ($\frac{\lambda}{2}$) است. با این توضیحات فاصله مشخص شده در شکل برابر است با:

$$\lambda + \frac{\lambda}{2} = \frac{3\lambda}{2} \Rightarrow \frac{3\lambda}{2} = 30 \Rightarrow \lambda = 20 \text{ cm}$$

حال طبق رابطه تندی انتشار موج داریم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{\substack{v=72 \text{ km/h} \div 3.6=20 \text{ m/s} \\ \lambda=20 \text{ cm}=0.2 \text{ m}}} 0.2 = \frac{20}{f} \Rightarrow f = \frac{20}{0.2} = 100 \text{ Hz}$$

موج طولی را با L و موج عرضی را با T نشان می‌دهیم. طبق رابطه $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ، اختلاف زمانی رسیدن دو موج را تعیین می‌کنیم:

$$\text{موج طولی (L) زودتر می‌رسد: } \Delta t = \Delta t_T - \Delta t_L \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v_T} - \frac{\Delta x}{v_L}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \Delta x \left(\frac{1}{v_T} - \frac{1}{v_L} \right) \Rightarrow \Delta x = \frac{\Delta t}{\frac{1}{v_T} - \frac{1}{v_L}}$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{4 \times 10^{-3}}{\frac{1}{50} - \frac{1}{150}} = \frac{4 \times 10^{-3}}{\frac{2}{150}} = 0.3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

در فنر، نوسان و انتشار هر دو در راستای قائم هستند. چون این دو راستای یکسان اند، نوع موج، طولی است. در نخ راستای نوسان، قائم و راستای انتشار، افقی است. چون این دو راستا بر هم عمودند، بنابراین نوع موج، عرضی است.

می‌دانیم تندی موج طولی (P) در یک جسم جامد از تندی موج عرضی (S) در همان جسم بیشتر است. بنابراین موج طولی در زمان کمتری، فاصله معین را طی خواهد کرد. داریم:

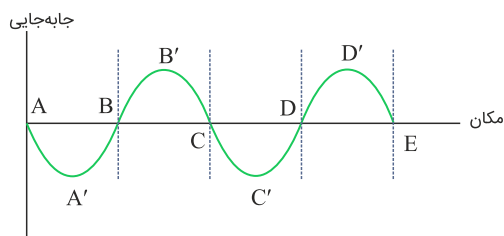
$$\Delta t = t_s - t_p \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v_s} - \frac{\Delta x}{v_p}$$

$$\Rightarrow 90 = \frac{720}{v_s} - \frac{720}{180} \Rightarrow 180 = \frac{720}{v_s} \Rightarrow v_s = \frac{720}{180} = 4 \text{ km/s}$$

با تغییر محیط انتشار، تندی موج و طول موج تغییر می‌کنند ولی بسامد ثابت می‌ماند؛ پس داریم: $K = 1$
از رابطه تندی می‌توان نوشت: $v = \lambda f$

$$\frac{v_{\text{هوای}}}{v_{\text{آب}}} = \frac{\lambda_{\text{هوای}}}{\lambda_{\text{آب}}} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{\lambda_{\text{هوای}}}{\lambda_{\text{آب}}} \Rightarrow m = \frac{4}{3}$$

در یک موج طولی در فنر، در مکان‌هایی که بیشترین جمع‌شدگی یا بیشترین بازشدگی حلقه‌ها رخ می‌دهد، جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل صفر است. در وسط فاصله بین یک جمع‌شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینه مجاور هم، اندازه جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل، بیشینه است. به این ترتیب، نمودار جابه‌جایی مکان فنر به شکل زیر است:



نقاط A, B, C, D و E بیشترین جمع‌شدگی یا بیشترین بازشدگی حلقه‌ها هستند، نقاط A', B', C' و D' وسط بین یک جمع‌شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینه هستند. (نقاطی که اندازه جابه‌جایی آن‌ها از وضعیت تعادل بیشینه است) در نتیجه فاصله دو نقطه مانند B و B' برابر با $\frac{\lambda}{4}$ است.

$$\frac{\lambda}{4} = 2/5 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 10 \text{ cm} = 0/1 \text{ m}$$

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{\lambda_0}{0/1} = 100 \text{ Hz}$$

برای پاسخ دادن به این سؤال به نکات زیر توجه کنید:

۱- اگر جبهه‌های موج یکدیگر را قطع کنند، تندی چشمه صوت بیشتر از تندی صوت است (گزینه "۱").

۲- اگر فاصله جبهه‌های موج از یکدیگر هم‌اندازه باشد، چشمه صوت ساکن است (گزینه "۲").

۳- اگر فاصله جبهه‌های موج در جلوی چشمه کمتر از فاصله جبهه‌های موج در عقب چشمه باشد، تندی چشمه صوت کمتر از تندی صوت است (گزینه "۳").

۴- اگر جبهه‌های موج در جلوی چشمه صوت مماس بر هم باشند، تندی چشمه صوت برابر با تندی صوت است (گزینه "۴"). بنابراین گزینه "۳" درست است.

الف) نادرست است؛ زیرا تراکم جبهه‌های موج در همه نقاط یکسان نیست.

ب) درست است؛ چون تراکم جبهه‌های موج در نقطه B بیشتر است، باید نقطه B جلوی حرکت چشمه موج باشد؛ یعنی چشمه صوت از A به B حرکت کرده است.

پ) نادرست است؛ تندی انتشار موج به محیط انتشار آن بستگی دارد. چون نقطه‌های A و B در یک محیط واقع‌اند، $v_B = v_A$ است.

ت) درست است؛ چون تراکم موج‌ها در نقطه B بیشتر است، $\lambda_A > \lambda_B$ است؛ بنابراین ۲ مورد از موارد داده شده درست است.

اگر طول میله را d فرض کنیم، باتوجه به اینکه صوت حاصل از ضربه چکش در میله سریع‌تر از هوا حرکت می‌کند، می‌توان نوشت:

$$\Delta t = \Delta t_{\text{هوا}} - \Delta t_{\text{میله}} = \frac{d}{v_{\text{هوا}}} - \frac{d}{v_{\text{میله}}} = \frac{d}{v_{\text{هوا}}} - \frac{d}{9v_{\text{هوا}}}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{\lambda}{9} \frac{d}{v_{\text{هوا}}} \Rightarrow 0/2 = \frac{\lambda}{9} \times \frac{d}{320} \Rightarrow d = 72 \text{ m}$$

تندی انتشار صوت به ویژگی‌های فیزیکی محیط بستگی دارد و عموماً در جامدها سریع‌تر از مایع‌ها و در مایع‌ها سریع‌تر از گازها است؛ بنابراین با ورود موج صوتی از آب به هوا، بسامد آن که از ویژگی‌های منبع تولیدکننده موج است، ثابت مانده و تندی آن کاهش می‌یابد.

برای به دست آوردن $\beta_A - \beta_B$ باید نسبت $\frac{I_A}{I_B}$ را داشته باشیم؛ بنابراین ابتدا از رابطه $\frac{I_A}{I_B} = \left(\frac{A_A}{A_B} \times \frac{f_A}{f_B} \times \frac{r_B}{r_A} \right)^2$ نسبت $\frac{I_A}{I_B}$ را می‌یابیم. باتوجه به شکل (واحد) $A_A = 8$ و $A_B = 2$ و $\lambda_B = \frac{\lambda_A}{2}$ است. باتوجه به اینکه در این محیط تندی انتشار موج برای هر دو موج یکسان است، می‌توان نوشت:

$$\lambda_B = \frac{\lambda_A}{2} \Rightarrow \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{1}{2}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} \xrightarrow{v=\text{ثابت}} \frac{f_A}{f_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} \Rightarrow \frac{f_A}{f_B} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{I_A}{I_B} = \left(\frac{A_A}{A_B} \times \frac{f_A}{f_B} \times \frac{r_B}{r_A} \right)^2 \xrightarrow[\text{واحد } A_A=8]{\text{واحد } A_B=2, r_A=r_B} \frac{I_A}{I_B} = \left(\frac{8}{2} \times \frac{1}{2} \times 1 \right)^2 = 2^2$$

اکنون می‌توان نوشت:

$$\beta_A - \beta_B = 10 \log \frac{I_A}{I_B} \Rightarrow \beta_A - \beta_B = 10 \log 2^2 = 20 \log 2$$

$$\xrightarrow{\log 2 = 0.3} \beta_A - \beta_B = 20 \times 0.3 = 6 \text{ dB}$$

باتوجه به اطلاعات روی نمودار می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \beta_2 - \beta_1 = 20 \text{ dB} \\ I_2 - I_1 = 19/8 \times 10^{-15} \text{ W/cm}^2 \end{cases}$$

$$\Delta \beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 20 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^2 \Rightarrow I_2 = 10^2 I_1$$

$$I_2 - I_1 = 19/8 \times 10^{-15} \Rightarrow 10^2 I_1 - I_1 = 19/8 \times 10^{-15}$$

$$\Rightarrow 99 I_1 = 19/8 \times 10^{-15} \Rightarrow I_1 = 2 \times 10^{-16} \text{ W/cm}^2 = 2 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$I_1 = \frac{\bar{P}}{A_1} = \frac{\bar{P}}{4\pi r_1^2} \Rightarrow 2 \times 10^{-12} = \frac{2/4 \times 10^{-13}}{4 \times \pi \times r_1^2}$$

$$\Rightarrow r_1^2 = 0.01 \Rightarrow r_1 = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

تراز شدت صوت برحسب دسی بل از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

بنابراین تغییرات تراز شدت صوت برابر است با:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow -12 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

$$\Rightarrow \log \frac{I_2}{I_1} = -1/2 = -4 \log 2 = \log 2^{-4} = \log \frac{1}{2^4} = \log \frac{1}{16}$$

$$\Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{16}$$

بنابراین برای کاهش ۱۲ دسی بل تراز شدت صوت باید شدت صوت $\frac{1}{16}$ شدت صوت اولیه شود؛ از آنجایی که $I = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2}$ بنابراین فاصله باید ۴ برابر شود و در نتیجه رابطه $E = 2\pi^2 m A^2 f^2$ دامنه نوسان $\frac{1}{4}$ برابر یا بسامد صوت $\frac{1}{4}$ برابر شود.

چنانچه شدت صوتی ۱۰۰ برابر شود، تراز شدت صوت به اندازه ۲۰ دسی بل افزایش می‌یابد؛ زیرا:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

$$\xrightarrow{I_2=100I_1} \beta_2 - \beta_1 = 10 \log 100 \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 20 \text{ dB} \quad (1)$$

از طرفی در سؤال ذکر شده که تراز شدت صوت ۲۵ درصد افزایش یافته، بنابراین داریم:

$$\beta_2 = 1/25 \beta_1 \quad (2)$$

از دو رابطه (۱) و (۲) داریم:

$$1/25 \beta_1 - \beta_1 = 20 \text{ dB} \Rightarrow 24/25 \beta_1 = 20 \text{ dB} \Rightarrow \beta_1 = 80 \text{ dB}$$

در حالت اول باتوجه به رابطه تراز شدت صوت، خواهیم داشت:

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

اگر ۴ چشمه صوتی مشابه با چشمه صوتی اول در آن نقطه اضافه کنیم، شدت صوت ایجاد شده ۵ برابر می‌شود، چون که در مجموع ۵ منبع خواهیم داشت.

$$\beta_2 = 10 \log \frac{5I}{I_0} = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log 5 \Rightarrow \beta_2 = \beta_1 + 10 \times (0.7)$$

$$\Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 7 \text{ dB}$$

باتوجه به رابطه مربوط به تراز شدت صوت داریم:

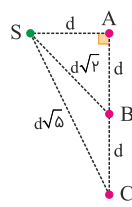
$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0} \xrightarrow{\beta=44 \text{ dB}} 44 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 4/4 = \log \frac{I}{I_0}$$

$$\Rightarrow 5 - 2 \times 0/3 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 5 \log 10 - 2 \log 2 = \log \frac{I}{I_0}$$

$$\Rightarrow \log 10^5 - \log 2^2 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \frac{10^5}{4} = \frac{I}{I_0}$$

$$\frac{I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2}{I} \rightarrow I = \frac{1}{40} \times 10^{-6} \text{ W/m}^2 \Rightarrow I = 2/5 \times 10^{-7} \mu \text{W/m}^2$$

اختلاف تراز شدت صوت برحسب دسی‌بل بین دو نقطه را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:



$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

$$\xrightarrow{I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}} \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

برای اختلاف تراز شدت صوت بین دو نقطه A و B داریم:

$$\beta_A - \beta_B = 10 \log \left(\frac{r_B}{r_A} \right)^2 = 10 \log \left(\frac{d\sqrt{2}}{d} \right)^2 = 3$$

برای اختلاف تراز شدت صوت بین دو نقطه B و C داریم:

$$\beta_B - \beta_C = 10 \log \left(\frac{r_C}{r_B} \right)^2 = 10 \log \left(\frac{d\sqrt{5}}{d\sqrt{2}} \right)^2 = 10 \log \frac{5}{2} = 10(\log 5 - \log 2)$$

$$\xrightarrow{\log 5 = 1 - \log 2} \beta_B - \beta_C = 10(1 - 2(0/3)) = 4$$

بنابراین:

$$\frac{\beta_B - \beta_C}{\beta_A - \beta_B} = \frac{4}{3}$$

ارتفاع و بلندی صوت، دو ویژگی متمایز از یک تَن موسیقی هستند که گوش انسان درک می‌کند. ارتفاع صوت، بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند و بلندی صوت، شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند. شدت صوت را می‌توان با آشکارساز اندازه گرفت درحالی‌که بلندی چیزی است که ما حس می‌کنیم.

قبل از هر چیز می‌دانیم که $۰/۹ = ۳ \times ۰/۳ = \log ۲^۳$ در ادامه داریم:

$$\begin{aligned}\beta &= ۱۰ \log \frac{I}{I_0} \xrightarrow{\beta=۱۱ \text{ dB}} ۱۱ = ۱۰ \log \frac{I}{I_0} \\ \Rightarrow ۱/۱ &= \log \frac{I}{I_0} = ۲ - ۰/۹ = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log ۱۰^۲ - \log ۲^۳ = \log \frac{I}{I_0} \\ \Rightarrow \log \frac{۱۰۰}{\lambda} &= \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = ۱۲/۵ \\ \xrightarrow{I_0=۱۰^{-۱۲} \text{ W/m}^2} I &= ۱۲/۵ \times ۱۰^{-۱۲} \text{ W/m}^2 = ۱۲/۵ \times ۱۰^{-۶} \mu\text{W/m}^2\end{aligned}$$

چون توان چشمه صوت برای هر دو شنونده یکسان است، با استفاده از رابطه $I = \frac{P}{A}$ داریم:

$$I = \frac{P}{A} \xrightarrow{P=\text{ثابت}} \frac{I_B}{I_C} = \frac{A_C}{A_B} \xrightarrow{\substack{A_B=۵ \text{ m}^2 \\ A_C=۱۰ \text{ m}^2}} \frac{I_B}{I_C} = \frac{۱۰}{۵} \Rightarrow I_B = ۲I_C$$

بنابراین چون شدت صوت برای شنونده B بیشتر است، این شنونده صوت را بلندتر می‌شنود. دقت کنید ارتفاع صوت به بسامد بستگی دارد. چون بسامد چشمه صوت ثابت است، هر دو شنونده صوت را با ارتفاع یکسان دریافت می‌کنند.

با استفاده از تعریف تراز شدت صوت، داریم:

$$\begin{aligned}\beta &= ۱۰ \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow ۴۷ = ۱۰ \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow ۴/۷ = \log \frac{I}{I_0} \\ \Rightarrow ۴ + ۰/۷ &= \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log ۱۰^۴ + \log ۵ = \log \frac{I}{I_0} \\ \Rightarrow \log (۵ \times ۱۰^۴) &= \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow ۵ \times ۱۰^۴ = \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۵ \times ۱۰^{-۸} \text{ W/m}^2\end{aligned}$$

باتوجه به رابطه تراز شدت صوت داریم:

$$\begin{aligned}\beta_A - \beta_B &= ۱۰ \text{ dB} \\ \beta_C - \beta_A &= ۳۰ \text{ dB} \quad \Rightarrow \beta_C - \beta_B = ۴۰ \text{ dB} \\ \left. \begin{aligned}\beta_C &= ۱۰ \log \frac{I_C}{I_0} \\ \beta_B &= ۱۰ \log \frac{I_B}{I_0}\end{aligned} \right\} \rightarrow \beta_C - \beta_B &= ۱۰ (\log \frac{I_C}{I_0} - \log \frac{I_B}{I_0}) \\ \Rightarrow \beta_C - \beta_B &= ۱۰ \log \frac{I_C}{I_B} \Rightarrow ۴۰ = ۱۰ \log \frac{I_C}{I_B} \Rightarrow ۴ = \log \frac{I_C}{I_B} \Rightarrow \frac{I_C}{I_B} = ۱۰^۴ \Rightarrow \frac{I_B}{I_C} = ۱۰^{-۴}\end{aligned}$$

ابتدا شدت صوت را محاسبه می‌کنیم. داریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 90 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$\Rightarrow \log 10^9 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 10^9 = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

با استفاده از تعریف شدت صوت، داریم:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow 10^{-3} = \frac{270}{4 \times \pi \times r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{90000}{4} \Rightarrow r = 150 \text{ m}$$

$$v = 1/52 \text{ km/s} = 1520 \text{ m/s}$$

طول موج امواج فراصوتی گسیلی از وال را محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1520}{10^5} = 1/52 \times 10^{-2} \text{ m} = 1/52 \text{ cm} = 15/2 \text{ mm}$$

برای تشخیص یک جسم، اندازه آن باید در حدود طول موج به کاررفته یا بزرگتر از آن باشد؛ بنابراین وال اجسامی در حدود این طول موج یا بزرگتر را می‌تواند تشخیص دهد؛ پس بین طول ۴ جسم، تنها جسم با طول ۱۰/۵ mm را نمی‌تواند تشخیص دهد.

باتوجه به تعریف تراز شدت صوت داریم:

$$\beta = 10 (\text{dB}) \log \frac{I}{I_0}$$

از طرفی نسبت شدت صوت در دو سطح ۱ و ۲ را می‌نویسیم:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{P_1}{P_2} \times \frac{A_2}{A_1} = 1 \times 4 = 4$$

حال تراز شدت صوت را در دو سطح مقایسه می‌کنیم:

$$\beta_1 = 10 (\text{dB}) \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \beta_1 - \beta_2 = 10 (\text{dB}) [\log \frac{I_1}{I_0} - \log \frac{I_2}{I_0}]$$

$$\beta_2 = 10 (\text{dB}) \log \frac{I_2}{I_0}$$

$$\beta_1 - \beta_2 = 10 (\text{dB}) \log \left(\frac{I_1}{I_2} \right) \Rightarrow \beta_1 - \beta_2 = 10 (\text{dB}) \log \frac{I_1}{I_2}$$

$$\beta_1 - \beta_2 = 10 (\text{dB}) \times \log 4 = 10 (\text{dB}) \log 2^2 = 20 (\text{dB}) \log 2$$

$$\beta_1 - \beta_2 = 20 \times 0/3 (\text{dB}) = 6 (\text{dB})$$

بنابراین صدا در سطح ۱، ۶ دسی‌بل بلندتر از سطح ۲ شنیده می‌شود.

با استفاده از تعریف تراز شدت صوت، داریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 31 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 3/1 = \log \frac{I}{10^{-12}} \quad (*)$$

$$3/1 = 4 - 0/9 = 4 \log 10 - 3 \log 2 = \log 10^4 - \log 2^3 = \log \frac{10^4}{8} \quad (**)$$

$$\xrightarrow{(**),(*)} \frac{I}{10^{-12}} = \frac{10^4}{8} \Rightarrow I = \frac{10^{-8}}{8} \text{ W/m}^2$$

حال با استفاده از تعریف شدت صوت، داریم:

$$I = \frac{E}{A \cdot t} \Rightarrow E = ItA = \left(\frac{10^{-8}}{8}\right)(16)(10 \times 10^{-4}) = 2 \times 10^{-11} \text{ J}$$

هر تَن حاصل از دیپازون دارای دو ویژگی ارتفاع و بلندی است که هر دو به ادراک شنوایی ما مربوط می‌شوند. ارتفاع، بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند و بلندی، شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند.

بلندی صوت شدتی است که گوش انسان می‌شنود و ارتفاع بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند. با دور شدن از چشمه صوت، شدت آن و در نتیجه بلندی صوت کاهش می‌یابد، ولی بسامد و در نتیجه ارتفاع صوت تغییری نمی‌کند.

ابتدا شدت صوت را در فاصله ۵ متری از منبع صوت به دست می‌آوریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \xrightarrow{\beta=12 \text{ dB}} 1/2 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 10^{1/2} = \frac{I}{I_0}$$

$$\xrightarrow{10^{1/2} = (10^{0/3})^F} \frac{10^{0/3} = 2, I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2} I = 2^F \times 10^{-12} = 1/6 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2$$

اکنون باتوجه به اینکه شدت صوت با مربع فاصله از منبع صوت رابطه عکس دارد، می‌توان نوشت:

$$\frac{I \propto \frac{1}{r^2}}{I} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \xrightarrow{r=5 \text{ m}, r'=3 \text{ m}} I' = 1/6 \times 10^{-11} \times \frac{25}{9} \Rightarrow I' = \frac{4}{9} \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$$

$$\xrightarrow{\bar{P} = IA, A = 2/7 \text{ cm}^2 = 2/7 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \bar{P} = \frac{4}{9} \times 10^{-10} \times 2/7 \times 10^{-4} = 1/2 \times 10^{-14} \text{ W}$$

برای امواج الکترومغناطیسی نیز مانند امواج صوتی اثر دوپلر برقرار است. از آنجایی که ستاره از ما دور می‌شود، بسامد دریافتی ما کاهش می‌یابد؛ بنابراین نور رسیده به ما به سمت بسامدهای پایین‌تر جابه‌جا می‌شود و به سمت ناحیه قرمز نور مرئی متمایل می‌شود. اگر منبع موج ساکن باشد، طول موج دریافتی تغییری نمی‌کند و در نهایت سرعت انتشار نور در خلأ همواره $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ است.

گزینه ۴

۸۲

چون چشمه صوت ساکن است، تجمع جبهه‌های موج در دو سوی چشمه یکسان است؛ یعنی $\lambda_1 = \lambda_2$. خودروی (۱) چون از چشمه دور می‌شود با جبهه‌های موج کمتری برخورد می‌کند و این منجر به کاهش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود. خودروی (۲) چون به چشمه نزدیک می‌شود با جبهه‌های موج بیشتری مواجه می‌شود و این منجر به افزایش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود؛ بنابراین: $f_2 > f_1$ است.

گزینه ۴

۸۳

در شکل (الف) شنونده از چشمه صوت دور می‌شود، بنابراین در مقایسه با ناظر ساکن در مدت زمان یکسان با جبهه‌های موج کمتری برخورد می‌کند که این منجر به کاهش بسامد صوت دریافتی می‌شود.
در شکل (ب) چشمه صوت به شنونده ساکن نزدیک می‌شود، بنابراین طول موج کوتاه‌تر و بسامد صوت دریافتی شنونده بیشتر از بسامد چشمه است.

گزینه ۱

۸۴

زمانی که ناظر (شنونده) ساکن بوده و چشمه صوتی به آن نزدیک می‌شود (حالت الف)، فاصله جبهه‌های موج در جلوی چشمه صوتی کمتر از پشت آن خواهد شد و بنابراین ناظر ساکنی که چشمه صوتی به آن نزدیک می‌شود، طول موج کوتاه‌تری را نسبت به وضعیتی که چشمه صوتی ساکن باشد، اندازه می‌گیرد. زمانی که چشمه ساکن است و ناظر به آن نزدیک می‌شود، طول موج در جلو و عقب چشمه صوتی یکسان است.

گزینه ۴

۸۵

چون تندی چشمه ثابت است، بسامد صوتی که ناظرهای ساکن (۱) و (۲) دریافت می‌کنند، یکسان است. ضمناً چون چشمه صوت به این دو ناظر نزدیک می‌شود، بسامدی که دریافت می‌کنند بیشتر از بسامد چشمه است. از طرفی چون چشمه صوت از ناظر (۳) دور می‌شود، بسامدی که این ناظر دریافت می‌کند، کمتر از بسامد چشمه است.

$$f_1 = f_2 > f_s > f_3$$

گزینه ۱

۸۶

هرگاه چشمه نوری به ناظر نزدیک شود، طول موج کاهش پیدا می‌کند که به آن اصطلاحاً انتقال به آبی می‌گویند و وقتی چشمه نوری از ناظر دور می‌شود، طول موج افزایش می‌یابد که به آن اصطلاحاً انتقال به سرخ می‌گویند.

گزینه ۳

۸۷

باتوجه به اینکه در حالت "الف" و در جلوی چشمه جبهه‌های موج به هم چسبیده‌اند، بنابراین در این حالت تندی چشمه برابر با تندی صوت است. از آنجایی که در حالت "الف" تراکم جبهه‌های موج در جلوی چشمه گسیلنده شکل "الف" بیشتر از حالت "ب" است، می‌توان نتیجه گرفت که در این حالت چشمه با تندی بیشتری در مقایسه با حالت "ب" در حال حرکت است.

گزینه ۳

۸۸

وقتی چشمه صوتی حرکت می‌کند، فاصله جبهه‌های موج در جلوی آن، کمتر از پشت آن است؛ بنابراین ناظری که در جلوی ماشین قرار دارد طول موج کوتاه‌تری را نسبت به وضعیتی که چشمه صوت ساکن است اندازه می‌گیرد که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است، پس $f_s > f_0$ ؛ ناظری که پشت ماشین قرار دارد، طول موج بلندتری را نسبت به وضعیتی که چشمه صوت ساکن است اندازه می‌گیرد و این به معنی کاهش بسامد برای ناظر است، پس $f_0 < f_2$.

در حالتی که چشمه صوت ساکن است، فاصله جبهه‌های موج در دو سوی چشمه یکسان و طول موج در جلو و عقب آن برابر است. در حالتی که چشمه صوت در حال حرکت است، فاصله جبهه‌های موج در جلوی چشمه کمتر از پشت آن خواهد بود؛ بنابراین طول موج در جلوی چشمه کوتاه‌تر خواهد بود.

هرگاه چشمه موج الکترومغناطیسی نسبت به ناظر (آشکارساز) در حرکت باشد، بسامد و طول موج دریافتی از این چشمه تغییر می‌کند که این تغییرات را جابه‌جایی دوپلری می‌نامیم.