

ایران توشه

- رانلور نمونه سوالات امتحانی

- رانلور گام به گام

- رانلور آزمون گام به گام و قلم چی و سنجش

- رانلور فیلم و مقاله انگلیزی

- رانلور و مشاوره



IranTooshe.ir



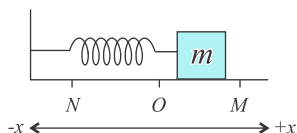
@irantooshe



IranTooshe



۱ مطابق شکل زیر، جسمی به جرم m به فنری با جرم ناچیز متصل است و بین دو نقطه M و N حرکت نوسانی هماهنگ ساده انجام می‌دهد. چه تعداد از جملات زیر صحیح هستند؟



الف) در نقطه M ، اندازه شتاب نوسانگر بیشینه است.

ب) در نقطه O ، اندازه سرعت نوسانگر بیشینه است.

پ) در نقطه N ، علامت شتاب منفی است.

ت) در نقطه N ، اندازه نیروی کشسانی فنر کمینه است.

۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

۲ در حرکت هماهنگ ساده وزنه - فنر، اگر دامنه نوسان را دو برابر کنیم، بیشینه نیروی وارد بر وزنه و دوره نوسان‌ها، به ترتیب از راست به چپ، چند برابر می‌شوند؟

۱ (۱) و $\frac{1}{2}$

۲ (۲) و ۱

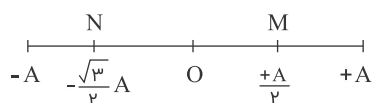
۴ (۴) و $\sqrt{2}$

۱ (۳) و ۱

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

بوده و انرژی پتانسیل $\frac{1}{2}kx^2$ شش‌گانه آن‌ها را در یک سازه را می‌توانیم خط‌ریز کنیم این کوسانگر و فاصله

بین دو نقطه M تا N را بدون تغییر جهت طی کند، نوع حرکت آن است.



(۱) ابتدا تندشونده و سپس کندشونده - ابتدا در حال افزایش و سپس در حال کاهش

(۲) ابتدا تندشونده و سپس کندشونده - ابتدا در حال کاهش و سپس در حال افزایش

(۳) ابتدا کندشونده و سپس تندشونده - ابتدا در حال افزایش و سپس در حال کاهش

(۴) ابتدا کندشونده سپس تندشونده - ابتدا در حال کاهش و سپس در حال افزایش

جرم و قطر سیاره‌ای، ۴ برابر جرم و قطر زمین است. دوره نوسان‌های کم‌دامنه آونگی به طول $4l$ و جرم m در سطح این سیاره، چندبرابر دوره نوسان‌های آونگ کم‌دامنه دیگری به طول l و به جرم $4m$ در نزدیکی سطح زمین است؟

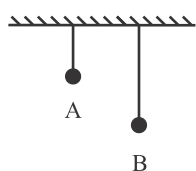
(۲) ۴

(۱) $\frac{1}{4}$

(۴) ۱۶

(۳) $\frac{1}{16}$

در شکل زیر، با انجام کدام یک از کارهای زیر، گلوله‌های آونگ‌های کم‌دامنه A و B که هر دو از جنس آهن هستند باهم به تشدید درمی‌آیند؟



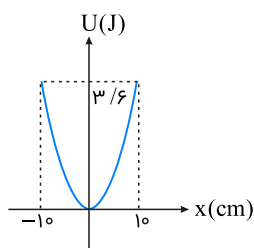
(۱) در زیر آونگ A آهنربایی قرار دهیم.

(۲) در زیر آونگ B آهنربایی قرار دهیم.

(۳) طول آونگ B را زیاد کنیم.

(۴) طول آونگ A را کم کنیم.

نمودار انرژی پتانسیل - مکان در یک حرکت نوسانی ساده به شکل زیر است. اگر جرم نوسانگر 20 گرم باشد، بسامد حرکت چند هرتز است؟ ($\pi \simeq \sqrt{10}$)



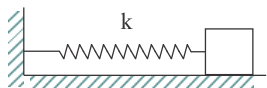
(۱) ۱۵

(۲) ۲۰

(۳) ۳۰

(۴) ۲۵

شکل زیر، اصطکاک وزنه با سطح افقی ناچیز و وزنه در حال نوسان است. اگر در لحظه‌ای که وزنه به یکی از دو در



(۱) دوره حرکت زیاد می‌شود.

(۲) دامنه حرکت کم می‌شود.

(۳) دوره حرکت تغییر نمی‌کند.

(۴) دامنه حرکت تغییر نمی‌کند.

معادله حرکت نوسانی متحرکی در SI به صورت $x(t) = 0.06 \sin \frac{\pi}{4} t$ است. مسافت طی شده توسط متحرک در مدت ۲۰ ثانیه چند سانتی‌متر است؟

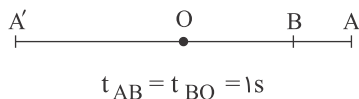
(۲) ۲۴۰

(۱) ۳۶۰

(۴) ۱۲۰

(۳) ۱۸۰

شکل زیر، اگر متحرکی بین دونقطه A و A' حرکت هماهنگ ساده انجام دهد و زمان رسیدن آن از A به B و از B به O بدون تغییر جهت حرکت آن یکسان و برابر با ۱ ثانیه باشد، کمترین زمانی که طول می‌کشد تا نوسانگر از A' برسد چند ثانیه است؟ (نقطه O مرکز نوسان است.)



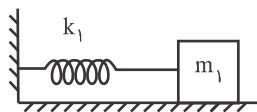
(۱) ۲

(۲) ۳

(۳) ۴

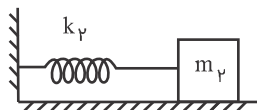
(۴) ۵

مطابق شکل زیر، دو مجموعه جرم و فنر که در حال تعادل هستند، بر روی سطح افقی بدون اصطکاکی قرار دارند. $k_2 = 2k_1$ و جرم‌های m_1 و m_2 به ترتیب با دامنه‌های ۶ cm و ۳ cm، به طور هم‌زمان و در یک جهت از مرکز تعادل خود شروع به نوسان کنند، در لحظه‌ای که جرم m_1 در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از یک انتهای پاره خط نوسان خود قرار دارد، فاصله جرم m_2 از مرکز نوسان چند سانتی‌متر است؟



(۱) ۲

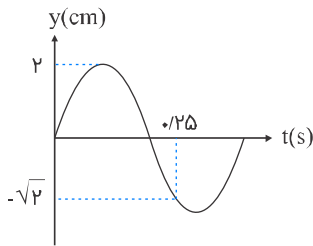
(۲) ۵



(۳) ۱

(۴) ۳

۱۱ نمودار مکان- زمان یک نوسانگر وزنه - فنر که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، مطابق شکل زیر است. اگر جرم وزنه 0.8 kg باشد، ثابت فنر در SI کدام است؟ ($\pi^2 = 10$)



(۱) ۴۰

(۲) ۲۰

(۳) ۲۵۰

(۴) ۸۰

۱۲ یک آونگ ساده به طول l و دیگری به طول $9l$ در یک محل نوسان کم‌دامنه می‌کنند و در مدت ۲ دقیقه یکی از آن‌ها N نوسان و دیگری $N + 40$ نوسان انجام می‌دهد. آونگ کوتاه‌تر در مدت ۴ دقیقه چند نوسان انجام می‌دهد؟

(۲) ۹۰

(۱) ۱۲۰

(۴) ۴۰

(۳) ۳۰

۱۳ آونگ ساده‌ای در مدت زمان معینی، ۴ نوسان کامل کم‌دامنه انجام می‌دهد. طول آونگ را چگونه تغییر دهیم که در همان مدت و همان مکان، یک نوسان بیشتر انجام دهد؟

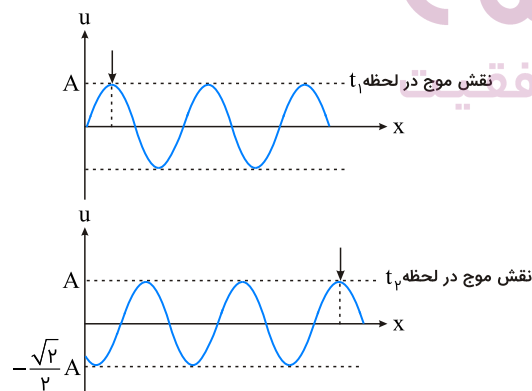
(۲) ۲۵ درصد کاهش دهیم.

(۱) ۲۵ درصد افزایش دهیم.

(۴) ۳۶ درصد کاهش دهیم.

(۳) ۳۶ درصد افزایش دهیم.

۱۴ زیر مربوط به انتشار موجی با بسامد 3 kHz طناب است که در دو لحظه t_1 و t_2 نشان داده شده بازه زمانی $(t_2 - t_1)$ برابر با چند ثانیه است؟



(۱) $\frac{1}{2}$

(۲) $\frac{21}{304}$

(۳) $\frac{1}{8}$

(۴) $\frac{1}{16}$

۱۵ دامنه نوسان‌های نوسانگر هماهنگ ساده وزنه - فنری ۲ سانتی‌متر است. اگر جرم وزنه ۴۰ گرم و ثابت فنر 256 N/m باشد، اندازه شتاب نوسانگر در انتهای مسیر چند واحد SI است؟

(۲) ۱۲۸

(۱) ۶۲

(۴) ۲۵۶

(۳) $128\sqrt{2}$

۱۶ حرکت نوسانی ساده رابطه انرژی پتانسیل با مکان در $U = 50x^2$ و رابطه شتاب با مکان در

به صورت SI $a = -200x$ است. جرم نوسانگر چند گرم است؟

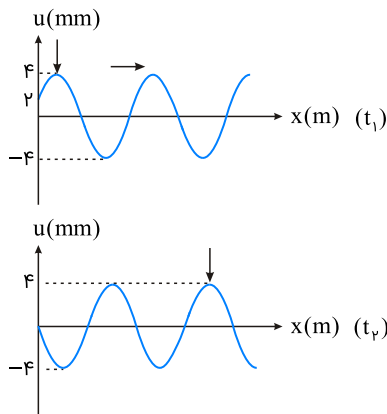
(۲) ۵۰۰

(۱) ۲۰۰

(۴) ۲۵۰

(۳) ۴۰۰

۱۷ دوره موج نشان داده شده در شکل زیر، $\frac{1}{2}$ s باشد، فاصله زمانی t_1 و t_2 چند ثانیه است؟



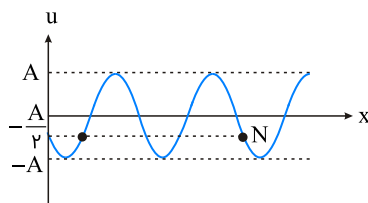
(۱) $\frac{1}{8}$

(۲) $\frac{1}{9}$

(۳) $\frac{2}{1}$

(۴) $\frac{1}{7}$

۱۸ موجی با بسامد ۲۰ هرتز در امتداد محور M و N دو نقطه از محیط هستند. موج فاصله M را در چند ثانیه طی می کند؟



(۱) $\frac{1}{12}$

(۲) $\frac{1}{15}$

(۳) $\frac{9}{80}$

(۴) $\frac{7}{80}$

۱۹ در یک حرکت نوسانی ساده، در لحظه ای که سرعت نوسانگر v_1 است، انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر ۳ برابر انرژی جنبشی آن است. اندازه سرعت نوسانگر چند درصد کاهش یابد تا انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر ۱۵ برابر انرژی جنبشی آن شود؟

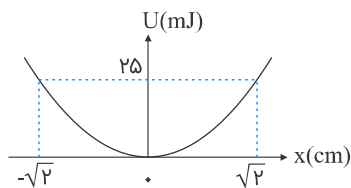
(۲) ۲۵

(۱) $\frac{12}{5}$

(۴) $\frac{62}{5}$

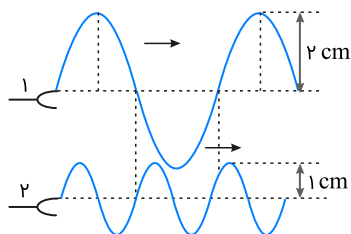
(۳) ۵۰

۲۰. مقدار انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگری به جرم 100g که حرکات نوسانی هماهنگ ساده انجام می‌دهد، برحسب فاصله از مرکز نوسان به صورت زیر است. دوره حرکت این نوسانگر چند ثانیه است؟



- (۱) $\frac{\pi}{25}$
 (۲) $\frac{\pi}{50}$
 (۳) $\frac{2\pi}{25}$
 (۴) $\frac{\pi}{100}$

۲۱. در شکل زیر، مقدار متوسط توان انتقال انرژی از هر نقطه طناب در مدت زمان یک دوره، در طناب اول چندبرابر طناب دوم است؟ (فرض کنید طناب‌ها یکسان و سرعت انتشار امواج در آنها برابر است)



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

۲۲. به یک سر میله‌ای فلزی و همگن به طول L ضربه‌ای وارد می‌شود و شنونده‌ای که انتهای دیگر میله بر روی گوش او قرار دارد دو صوت را با فاصله زمانی 0.17 ثانیه می‌شنود. اگر سرعت انتشار صوت در هوا و فلز به ترتیب برابر با 300 m/s و 3000 m/s باشد، L چند متر است؟

- (۱) ۶۰
 (۲) ۶۰۰
 (۳) ۳۰
 (۴) ۳۰۰

ایران توننده
 توشه‌ای برای موفقیت

۲۳. وقتی صوت از هوا به آب منتقل می‌شود:

- (۱) طول موج ثابت می‌ماند و سرعت آن افزایش می‌یابد.
 (۲) طول موج و سرعت آن افزایش می‌یابد.
 (۳) طول موج و سرعت آن هر دو کاهش می‌یابد.
 (۴) طول موج کاهش و سرعت آن افزایش می‌یابد.

- (۱) آستانه شنوایی گوش سالم برای انسان، 10^{-12} W/m^2 است.
- (۲) اصوات با شدت زیر 10^{-12} W/m^2 را امواج فروصوت می‌نامیم.
- (۳) هرچه ماده چگال‌تر باشد، الزاماً سرعت صوت در آن بیشتر است.
- (۴) هرچه شدت صوت بیشتر باشد، مقدار انرژی که گوش دریافت می‌کند، بیشتر است.
- به پرده گوش شخصی، امواج صوتی با تراز ۱۲۰ دسی‌بل می‌رسد. اگر مساحت پرده گوش این شخص 4×10^{-5} مترمربع باشد، در مدت ۵ دقیقه، چند ژول انرژی صوتی به گوش این شخص می‌رسد؟ ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$) و از اتلاف انرژی صرف‌نظر شود)

- (۱) $3/6 \times 10^{-2}$ (۲) $1/2 \times 10^{-4}$
- (۳) $3/6 \times 10^{-4}$ (۴) $1/2 \times 10^{-2}$

اگر تراز شدت صوتی ۳۵ دسی‌بل باشد، شدت این صوت چند وات بر مترمربع است؟ ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$)

- (۱) $\sqrt{10} \times 10^{-9}$ (۲) $\sqrt{5} \times 10^{-9}$
- (۳) $\sqrt{10} \times 10^{-8}$ (۴) $\sqrt{5} \times 10^{-8}$

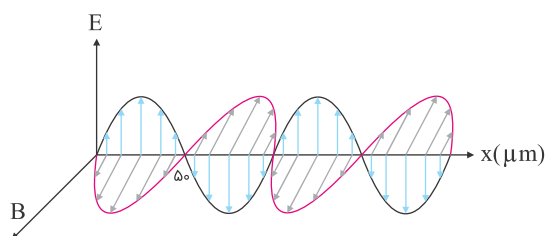
طول موج صداهایی که گوش انسان در هوا قادر به شنیدن آنها است، در چه محدوده‌ای برحسب میلی‌متر قرار می‌گیرد؟ (سرعت صوت در هوا ۳۴۰ متر بر ثانیه است)

- (۱) $17 \leq \lambda \leq 17000$ (۲) $20 \leq \lambda \leq 20000$
- (۳) $34 \leq \lambda \leq 34000$ (۴) $10 \leq \lambda \leq 10000$

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

- (۱) ۳ (۲) ۴
- (۳) ۷ (۴) ۸

در شکل زیر، نمودار میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر حسب مکان، برای یک موج الکترومغناطیسی که در خلأ منتشر می‌شود، نشان داده شده است. این موج در محدودهٔ امواج قرار دارد و دورهٔ تناوب آن برابر با است. ($\pi = 3$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)



(۱) فرسرخ، $\frac{1}{3}$ پیکوثانیه

(۲) رادیویی، ۲ میکروثانیه

(۳) فرسرخ، ۲ پیکوثانیه

(۴) رادیویی، $\frac{1}{3}$ میکروثانیه

نسبت طول موج نور قرمز به طول موج نور سبز در آب $\frac{7}{6}$ است. نسبت بسامد نور قرمز به بسامد نور سبز در هوا کدام است؟ (ضریب شکست آب برای هر دو نور $\frac{4}{3}$ فرض شود)

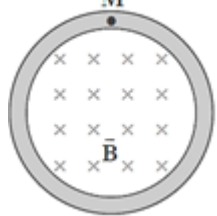
(۲) $\frac{6}{7}$

(۴) $\frac{18}{28}$

(۱) $\frac{7}{6}$

(۳) $\frac{8}{7}$

مطابق شکل، یک حلقهٔ فلزی عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ قرار دارد. اگر میدان مغناطیسی B در نقطهٔ M میدانی الکتریکی ایجاد می‌شود که جهت آن است.



(۱) کاهش یابد - $\rightarrow$

(۲) افزایش یابد - $\uparrow$

(۳) افزایش یابد - $\downarrow$

(۴) کاهش یابد - $\leftarrow$

شدت یک صوت چگونه تغییر کند تا تراز شدت آن ۳ دسی‌بل افزایش یابد؟ ($\log 2 = 0.3$) و از اتلاف انرژی در محیط صرف‌نظر شود)

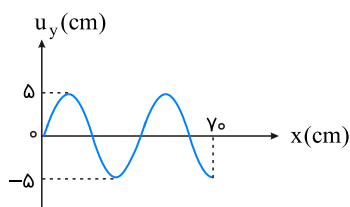
(۲) ۱۰۰ برابر شود.

(۴) 100 W/m^2 افزایش یابد.

(۱) ۲ برابر شود.

(۳) 2 W/m^2 افزایش یابد.

۳۲ مطابق شکل زیر، نقش یک موج عرضی در یک طناب داده شده است. حداکثر سرعت نوسان هر ذره از محیط چند برابر سرعت انتشار موج است؟



(۱) $\frac{\pi}{\lambda}$

(۲) $\frac{\pi}{4}$

(۳) $\frac{\pi}{2}$

(۴) باید بسامد ارتعاشات منبع موج داده شود.

۳۴ تراز شدت صوت ۹۴ دسی بل، تقریباً متناظر با شدت صوت چند وات بر مترمربع است؟
($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$, $\log 5 \simeq 0.7$)

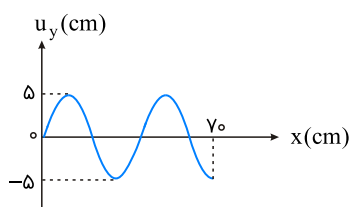
(۲) $2/5 \times 10^{-3}$

(۱) 5×10^{-4}

(۴) 9×10^{-4}

(۳) 3×10^{-3}

۳۵ در نمودار شکل زیر، نقش یک موج عرضی در یک طناب همگن در یک لحظه مشخص، داده شده است. در این موج، حداکثر سرعت نوسان هر ذره از طناب چندبرابر سرعت انتشار موج است؟



(۱) $\frac{\pi}{\lambda}$

(۲) $\frac{\pi}{4}$

(۳) $\frac{\pi}{2}$

(۴) باید بسامد ارتعاشات منبع موج داده شود.

۳۶ تراز شدت صوتی که از یک بلندگوی کوچک به گوش یک شخص می‌رسد، برابر با ۵۰ dB است. چه تعداد از این بلندگوها را کنار هم قرار دهیم تا تراز شدت صوت شنیده شده توسط شخص در همان مکان قبلی به ۸۰ dB برسد؟

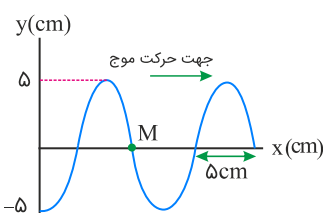
(۲) 10^2

(۱) ۱۰

(۴) ۸

(۳) 10^3

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



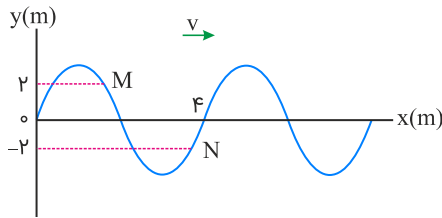
(۱) $-y, 20\pi$

(۲) $+y, 20\pi$

(۳) $-y, 40\pi$

(۴) $+y, 40\pi$

شکل زیر، نمودار جابه‌جایی- مکان یک موج عرضی را در طنابی در یک لحظه نشان می‌دهد. دو ذره M و N:



(۱) حرکت یکی تندشونده و دیگری کندشونده است.

(۲) طول موج برابر با ۴ m است.

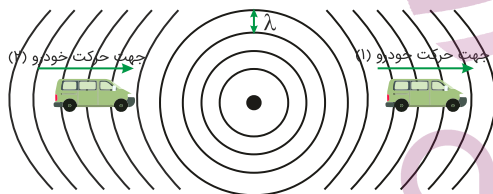
(۳) جهت حرکتشان یکسان است.

(۴) دوره تناوب چشمه موج ۴ s است.

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



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 با f_1 و λ_1 و طول موج و بسامد دریافتی توسط خودروی (۲) را با f_2 و λ_2 نشان دهیم، کدام گزینه صحیح است؟



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

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

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

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

ایران تونل
توشه‌ای برای موفقیت

گزینه ۲

الف و ب صحیح هستند.

دلیل نادرستی مورد پ: در نقطه N علامت شتاب مثبت است.

دلیل نادرستی مورد ت: در نقطه N نیروی کشسانی فنر بیشینه است.

گزینه ۲

اگر دامنه نوسان‌های نوسانگر وزنه - فنر برابر با A باشد، در این صورت بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر برابر است با $F_{\max} = kA$ بنابراین با دو برابر شدن دامنه نوسان داریم:

$$\frac{F'_{\max}}{F_{\max}} = \frac{kA'}{kA} \xrightarrow{A'=2A} \frac{F'_{\max}}{F_{\max}} = 2 \Rightarrow F'_{\max} = 2F_{\max}$$

با توجه به رابطه دوره نوسان با مشخصات وزنه و فنر ($T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$)، دوره نوسان مستقل از دامنه است و با تغییر دامنه تغییری نمی‌کند.

گزینه ۲

زمانی که نوسانگر در حال نزدیک شدن به مرکز نوسان باشد، سرعت و شتاب آن هم‌جهت است و بنابراین حرکتش تندشونده می‌باشد و زمانی که در حال دور شدن از مرکز نوسان است، حرکتش کندشونده خواهد بود؛ بنابراین حرکت این نوسانگر در بازه زمانی مشخص شده ابتدا تندشونده و سپس کندشونده خواهد بود.

در مورد انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر می‌توان گفت هرچه نوسانگر به دو انتهای مسیر نوسان نزدیک شود، انرژی پتانسیل کشسانی آن بیشتر شده و در مرکز نوسان انرژی پتانسیل کشسانی آن صفر است، پس انرژی پتانسیل کشسانی این نوسانگر ابتدا در حال کاهش و سپس در حال افزایش است.

گزینه ۲

$$g' = G \frac{M'}{R'^2} \text{ به دست می‌آید.}$$

$$g = G \frac{M_e}{R_e^2} \text{ سطح هیپاره دیگر از رابطه}$$

مح زمین از رابطه

$$\frac{g}{g'} = \frac{M_e}{M'} \times \left(\frac{R'}{R_e}\right)^2 = \frac{1}{4} \times (4)^2 = 4$$

از طرفی دوره نوسان‌های کم‌دامنه آونگ ساده از رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ به دست می‌آید و مستقل از جرم آونگ است.

$$\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{l'}{l} \times \frac{g}{g'}} = \sqrt{4 \times 4} = 4$$

با گذاشتن آهنربا زیر آونگ آهنی، نیرویی هم‌راستا و هم‌جهت با نیروی وزن آونگ به آن وارد می‌شود؛ بنابراین طبق رابطه $(T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}})$ ، مخرج کسر افزایش می‌یابد. باتوجه‌به اینکه طول آونگ B از طول آونگ A بیشتر است، بنابراین قرار دادن آهنربا زیر گلوله آونگ B، دوره نوسان آن را به دوره نوسان آونگ A نزدیک می‌کند. همچنین مطابق رابطه دوره نوسان‌های آونگ ساده کم‌دامنه، با کاستن طول آونگ B یا افزایش طول آونگ A نیز می‌توان دوره نوسان دو آونگ را به یکدیگر نزدیک نمود.

$$E = K_{\max} = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \Rightarrow 3/6 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{100} \times \omega^2 \times \left(\frac{1}{10}\right)^2$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{3/6 \times 2 \times 100 \times 100}{2} = 3/6 \times 10^4 \Rightarrow \omega = 60\sqrt{10} \text{ rad/s}$$

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow 60\sqrt{10} = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{60\sqrt{10}}{2\pi} \simeq 30 \text{ Hz}$$

- وقتی در یکی از دو انتهای مسیر بخشی از جرم وزنه حذف می‌شود، دامنه تغییر نمی‌کند؛ اما دوره حرکت طبق رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ کم می‌شود. ضمناً انرژی مکانیکی هم طبق رابطه $E = \frac{1}{2} k A^2$ ثابت می‌ماند و بیشینه سرعت وزنه هم زیاد می‌شود.

- اگر در یکی از نقاط میانی مسیر بخشی از جرم حذف شود علاوه بر زیاد شدن T و کم شدن ω دامنه و انرژی مکانیکی هم کم می‌شوند.

نوسانگر ساده در هر دوره، دو بار طول پاره‌خط را طی می‌کند، یعنی در هر دوره چهار بار دامنه را طی می‌کند:

توشه‌ای برای موفقیت

$$\ell = 4 \times A = 4 \times 0/06 = 0/24 \text{ m}$$

مسافت طی شده در هر دوره

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\frac{4}{20}} = 4 \text{ s} \Rightarrow \begin{matrix} \text{ثانیه} \\ 4 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} \text{متر} \\ x \end{matrix} \Rightarrow x = 5 \times 24 = 120 \text{ cm}$$

زمان رسیدن از به A و از B به B می‌توان نتیجه گرفت که زمان A نصف شده است، زمان A تا O برابر است با $\frac{T}{4}$: $\frac{T}{4} \equiv \frac{T}{4}$ به O برابر O زمان رسیدن از به O تا B $(\frac{T}{4})$ را طی می‌کند، بنابراین کوتاه‌ترین زمان رسیدن از A' تا B' ابتدا از O سپس از O تا B $(\frac{T}{4})$ را طی می‌کند، بنابراین کوتاه‌ترین زمان رسیدن از A' تا B برابر است با:

$$\frac{T}{4} + \frac{T}{4} = \frac{T}{2} \Rightarrow T = 2s$$

زمان رسیدن از A' تا B' ابتدا از O سپس از O تا B $(\frac{T}{4})$ را طی می‌کند، بنابراین کوتاه‌ترین زمان رسیدن از A' تا B برابر است با:

$$\frac{T}{4} + \frac{T}{4} = \frac{T}{2} + \frac{T}{2} = T = 2s$$

مطابق رابطه حرکت هماهنگ ساده برای دو مجموعه داریم:

$$x_1 = A_1 \sin \omega_1 t \quad (1)$$

$$x_2 = A_2 \sin \omega_2 t \quad (2)$$

در حرکت هماهنگ ساده وزنه و فنر، بسامد زاویه‌ای برابر است با:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\sqrt{\frac{k_1}{m_1}}}{\sqrt{\frac{k_2}{m_2}}} \xrightarrow[k_2=2k_1]{m_2=2m_1} \omega_1 = \omega_2 \quad (3)$$

$$(1), (2), (3) \Rightarrow \frac{x_1}{x_2} = \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow \frac{|x_1|}{|x_2|} = \frac{A_1}{A_2} \quad (4)$$

و $|x_1|$ و $|x_2|$ فاصله دو جرم از مرکز نوسان است. با توجه به اینکه جرم m_1 در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از انتهای پاره‌خط نوسان خود قرار دارد، بنابراین فاصله آن از مرکز نوسان برابر است با:

$$|x_1| = 10 - 6 = 4 \text{ cm} \xrightarrow[A_1=6 \text{ cm}, A_2=3 \text{ cm}]{(4)} \frac{4}{|x_2|} = \frac{6}{3} \Rightarrow |x_2| = 2 \text{ cm}$$

$t = 0.25 \text{ s}$ تعیین می‌کنیم. داریم:

وسانگر را در لحظه

$$x = A \sin \omega t \xrightarrow[A=2 \text{ cm}]{x=-\sqrt{2} \text{ cm}} \sin \omega t = \frac{-\sqrt{2}}{2}$$

$$\Rightarrow \omega t = \pi + \frac{\pi}{2} = \frac{5\pi}{2} \text{ rad} \xrightarrow[t=0.25 \text{ s}]{\omega} \omega = \frac{5\pi}{2 \times 0.25} = 5\pi \text{ rad/s}$$

در نوسانگر وزنه - فنر، بسامد زاویه‌ای برابر است با:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = m\omega^2$$

$$\xrightarrow[\substack{\omega=5\pi \text{ rad/s} \\ m=0.8 \text{ kg}}]{\omega=5\pi \text{ rad/s}} k = 0.8 \times (5\pi)^2 = 2\pi^2 \xrightarrow{\pi^2=10} k = 20 \text{ N/m}$$

تعداد نوسان در یک مدت معین متناسب است با بسامد نوسان $\left(\frac{N_2}{N_1} = \frac{f_2}{f_1}\right)$.

بسامد آونگ ساده کم دامنه، با جذر طول آن نسبت عکس دارد $\left(\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}} \text{ و } \frac{f_2}{f_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \sqrt{\frac{\ell_1}{\ell_2}}\right)$.

$$\frac{N}{N+40} = \sqrt{\frac{\ell}{9\ell}} \Rightarrow \frac{N}{N+40} = \frac{1}{3} \Rightarrow N = 20 \Rightarrow N+40 = 60$$

در مدت دو دقیقه آونگ به طول ℓ تعداد ۶۰ نوسان و در نتیجه در مدت ۴ دقیقه، ۱۲۰ نوسان انجام می‌دهد.

دوره تناوب نوسان‌های کم‌دامنه یک آونگ ساده از رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{g}}$ به دست می‌آید. از طرفی نسبت دوره‌ها برابر است با عکس نسبت تعداد نوسانات در زمان‌های یکسان.

$$T = \frac{t}{N} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{4}{5}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{g}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{4}{5} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{I_2}{g}}}{2\pi\sqrt{\frac{I_1}{g}}} \Rightarrow \frac{4}{5} = \sqrt{\frac{I_2}{I_1}}$$

$$\Rightarrow \frac{16}{25} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \text{درصد تغییر طول} = \frac{I_2 - I_1}{I_1} \times 100$$

$$= \frac{\frac{16}{25}I_1 - I_1}{I_1} \times 100 = -36\%$$

بنابراین طول آونگ ساده را باید ۳۶٪ کاهش دهیم.

فاصله پیکان بر روی موج را در هر دو حالت از مبدأ به دست می‌آوریم:

$$t_1: x_1 = \frac{\lambda}{4}$$

$$t_2: x_2 = 5\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{4} = \frac{21\lambda}{4}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = \frac{21\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{21\lambda - \lambda}{4} = 19\frac{\lambda}{4}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{3\lambda} \text{ s}$$

$$\frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{\Delta t}{T} \Rightarrow \frac{19\frac{\lambda}{4}}{\lambda} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{3\lambda}} \Rightarrow \frac{19}{4} = 3\lambda \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{16} \text{ s}$$

با استفاده از قانون دوم نیوتن و باتوجه به نیروی کشسانی فنر داریم:

$$\begin{cases} F = -kx \\ F = ma \end{cases} \Rightarrow -kx = ma \xrightarrow{k=m\omega^2} -m\omega^2 x = ma$$

$$\Rightarrow a = -\omega^2 x \Rightarrow a_{\max} = \omega^2 A$$

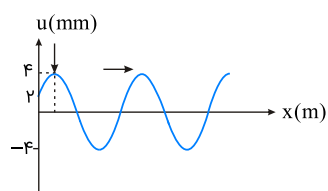
اندازه شتاب نوسانگر در انتهای مسیر، همان شتاب بیشینه است:

$$a_{\max} = A\omega^2 \xrightarrow{\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}} a_{\max} = \frac{AK}{m}$$

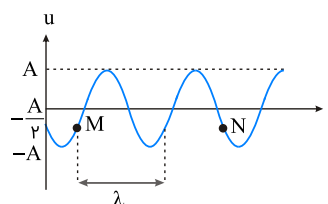
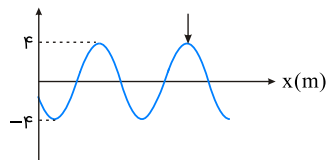
$$\xrightarrow[A=2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}]{K=256 \text{ N/m}, m=40 \text{ g} = 0.04 \text{ kg}} a_{\max} = \frac{0.02 \times 256}{0.04} = 128 \text{ m/s}^2$$

$$U = \frac{1}{2} kx^2 \Rightarrow 50 = \frac{1}{2} k \Rightarrow k = 100 \text{ N/m}$$

$$a = -\omega^2 x \Rightarrow \omega^2 = 200 \text{ (rad/s)}^2 \xrightarrow{\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}} \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow 200 = \frac{100}{m} \Rightarrow m = \frac{1}{2} \text{ kg} = 500 \text{ g}$$



$$\left. \begin{array}{l} x_1 = \frac{\lambda}{6} \\ x_2 = 7\frac{\lambda}{4} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta x = \frac{7\lambda}{4} - \frac{\lambda}{6} = \frac{19\lambda}{12} \quad \text{مقدار پیشروی موج} \Rightarrow \Delta t = \frac{19T}{12} = 1\frac{7}{12}$$



$$MN = \lambda + \frac{\lambda}{12} + \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{12} = \frac{20\lambda}{12} = \frac{5\lambda}{3}$$

موج فاصله λ در مدت T طی می کند. باتوجه به اینکه انتشار موج با سرعت ثابت انجام می شود، x می توان گفت:

$$\frac{\Delta x}{\lambda} = \frac{\Delta t}{T} \Rightarrow \frac{\frac{5\lambda}{3}}{\lambda} = \frac{\Delta t}{T} \Rightarrow \Delta t = \frac{5}{3}T = \frac{5}{3} \times \frac{1}{20} = \frac{1}{12} \text{ s}$$

ایران تونل
توشه ای برای موفقیت

در هر حالت نسبت انرژی جنبشی به انرژی مکانیکی را می‌یابیم:

$$E = U + K \Rightarrow \frac{U}{E} + \frac{K}{E} = 1$$

$$\frac{U_1}{K_1} = 3 \Rightarrow U_1 = 3K_1, \quad E = U_1 + K_1 = 4K_1 \Rightarrow \begin{cases} \frac{U_1}{E} = \frac{3}{4} \\ \frac{K_1}{E} = \frac{1}{4} \end{cases}$$

$$\frac{U_2}{K_2} = 15 \Rightarrow U_2 = 15K_2, \quad E = U_2 + K_2 = 16K_2 \Rightarrow \begin{cases} \frac{U_2}{E} = \frac{15}{16} \\ \frac{K_2}{E} = \frac{1}{16} \end{cases}$$

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{U_2}{E}}{\frac{U_1}{E}} = \frac{\frac{1}{16}}{\frac{1}{4}} \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = \frac{1}{4} \xrightarrow{\frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2} \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \text{درصد تغییر سرعت} : \frac{\Delta v}{v_1} \times 100 = -50\%$$

با استفاده از رابطه انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره‌شده در یک نوسانگر هماهنگ ساده برحسب فاصله آن از مرکز نوسان (بعد)، می‌توان نوشت:

$$U = \frac{1}{2} kx^2 \Rightarrow 25 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} k(\sqrt{2} \times 10^{-2})^2 \Rightarrow k = 250 \text{ N/m}$$

$$k = m\omega^2 \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{100 \times 10^{-3}}{250}} \Rightarrow T = \frac{\pi}{25} \text{ s}$$

$$A_1 = 2A_2 \quad f_2 = 2f_0 \text{ است.}$$

مشخص می‌شود که

طبق صورت سؤال طناب‌ها یکسان و سرعت انتشار امواج در آنها برابر است؛ پس در این حالت مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط) برای همه انواع امواج سینوسی با مربع دامنه (A^2) و نیز مربع بسامد (f^2) موج متناسب است.

$$\frac{\bar{P}_1}{\bar{P}_2} = \left(\frac{A_1 f_1}{A_2 f_2}\right)^2 = \left(\frac{2A_2 f_1}{A_2 2f_1}\right)^2 = 1$$

باتوجه به اینکه انتشار صوت در محیط‌های مادی همگن با سرعت ثابت صورت می‌گیرد، می‌توان نوشت:

$$L = v_1 t_1 \text{ به ترتیب سرعت و زمان انتشار صوت در میله است:}$$

$$L = v_2 t_2 \text{ به ترتیب سرعت و زمان انتشار صوت در هوا است:}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{L}{v_2} - \frac{L}{v_1} \xrightarrow{v_2=300 \text{ m/s}, v_1=2000 \text{ m/s}} 0.17 = \frac{L}{300} - \frac{L}{2000} \Rightarrow L = 60 \text{ m}$$

با رفتن صوت از محیط گاز به محیط مایع، سرعت آن افزایش می‌یابد و از آنجایی که بسامد صوت به ویژگی‌های محیط انتشار بستگی ندارد، ثابت می‌ماند. لذا طول موج آن نیز افزایش می‌یابد.

گزینه ۱، نادرست است، زیرا آستانه شنوایی گوش سالم برای بسامد 1000 Hz ، 10^{-12} W/m^2 است.

گزینه ۲، نادرست است، زیرا اصوات با بسامد کمتر از 20 Hz را فروصوت می‌نامیم.

گزینه ۳، نادرست است، هرچه ماده متراکم‌تر باشد (نه لزوماً چگال‌تر) سرعت صوت در آن بیشتر است.
گزینه ۴ درست است.

ابتدا شدت صوتی را که به گوش شخص می‌رسد، به دست می‌آوریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 120 \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = 12 \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^{12} \Rightarrow I = 10^{12} I_0 = 1 \text{ W/m}^2$$

بنابراین داریم:

$$I = \frac{E}{A \cdot t} \Rightarrow E = IAt = 1 \times 4 \times 10^5 \times (5 \times 60) = 1/2 \times 10^{-2} \text{ J}$$

با استفاده از تعریف تراز شدت یک صوت داریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 35 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 3.5 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 3 + 0.5 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log 10^3 + \log 10^{0.5} = \log \frac{I}{I_0}$$

$$\Rightarrow \log \sqrt{10} \times 10^3 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \sqrt{10} \times 10^3 = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow \sqrt{10} \times 10^{-9} \text{ W/m}^2$$

تا 20 Hz و 20000 Hz را می شنود؛ بنابراین:

صداهایی با بسامد

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_1 = \frac{340}{20} = 17 \text{ m} = 17000 \text{ mm} \\ \lambda_2 = \frac{340}{20000} = 0.017 \text{ m} = 17 \text{ mm} \end{cases}$$

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 می شود چون که در مجموع ۵ منبع خواهیم داشت.

$$\beta_2 = 10 \log \frac{5I}{I_0} = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log 5 \Rightarrow \beta_2 = \beta_1 + 10 \times (0.7) \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 7 \text{ dB}$$

وجهه شکل، پیشروی هریک از محورهای الکتریکی و مغناطیسی به ازای تغییر فاز برابر $\frac{\pi}{2}$ است، لذا برای محاسبه طول موج الکترومغناطیسی داریم:

$$\frac{\lambda}{2} = 50 \Rightarrow \lambda = 100 \mu\text{m} = 10^{-4} \text{ m}$$

وجهه اینکه در طیف امواج الکترومغناطیسی، گستره امواج فروسرخ در محدوده 10^{-2} m تا 10^{-6} m است، لذا این موج در محدوده فروسرخ قرار دارد. برای محاسبه دوره تناوب این موج الکترومغناطیسی می توان نوشت:

$$T = \frac{1}{f} \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} T = \frac{\lambda}{c} \xrightarrow{\lambda = 10^{-4} \text{ m}, c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}} T = \frac{10^{-4}}{3 \times 10^8} \Rightarrow T = \frac{1}{3} \times 10^{-12} \text{ s} = \frac{1}{3} \text{ ps}$$

$$v_1 = v_2 \Rightarrow \lambda_1 f_1 = \lambda_2 f_2 \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{f_2}{f_1} \Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{6}{7}$$

بسامد موج هنگام تغییر محیط تغییر نمی کند.

در اثر تغییر میدان مغناطیسی $\vec{B}$ یک میدان الکتریکی القایی $\vec{E}$ ایجاد می شود که بر $\vec{B}$ عمود است و جهت $\vec{E}$ القایی همان جهت جریان الکتریکی القایی است که از حلقه فلزی می گذرد؛ بنابراین جهت $\vec{E}$ مماس بر حلقه فلزی است (گزینه های ۲ و ۳ نادرست هستند) و برای تعیین جهت $\vec{E}$ با استفاده از قانون لنز جهت جریان القایی را معین می کنیم.

با استفاده از رابطه تغییر تراز شدت صوت، داریم:

$$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \xrightarrow{\Delta\beta=3\text{dB}} 3 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 0.3 = \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \log 2 = \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 2$$

با استفاده از اطلاعات روی نمودار نقش موج داریم:

$$\lambda + \frac{3\lambda}{4} = 70 \Rightarrow \frac{7\lambda}{4} = 70 \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

با دانستن حداکثر سرعت نوسان ذرات محیط ($v_{\text{max}} = A\omega = 2\pi Af$) و سرعت انتشار موج ($v = \lambda f$) داریم:

$$\frac{v_{\text{max}}}{v} = \frac{2\pi Af}{\lambda f} = \frac{2\pi A}{\lambda} \xrightarrow[\lambda=0.4 \text{ m}]{A=0.05 \text{ m}} \frac{v_{\text{max}}}{v} = \frac{2\pi \times 0.05}{0.4} = \frac{\pi}{4}$$

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} + 94 \Rightarrow 94 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = 9.4 = 9 + (2 \times 0.4) = \log 10^9 + \log 5^2$$

$$\frac{I}{I_0} = 10^9 \times 25 \Rightarrow I = 25 \times 10^9 \times 10^{-12} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

با استفاده از اطلاعات روی نمودار نقش موج داریم:

$$\lambda + \frac{3\lambda}{4} = 70 \text{ cm} \Rightarrow \frac{7\lambda}{4} = 70 \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

$$A = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

با دانستن اندازه حداکثر سرعت نوسان ذرات محیط ($v_{\text{max}} = A\omega = 2\pi Af$) و سرعت انتشار موج در محیط ($v = \lambda f$) داریم:

$$\frac{v_{\text{max}}}{v} = \frac{2\pi Af}{\lambda f} = \frac{2\pi A}{\lambda} \xrightarrow[\lambda=0.4 \text{ m}]{A=0.05 \text{ m}} \frac{v_{\text{max}}}{v} = \frac{2\pi \times 0.05}{0.4} = \frac{\pi}{4}$$

اگر شدت صوت حاصل از یک بلندگو I باشد، شدت صوت حاصل از n بلندگو برابر nI است؛ بنابراین باید ببینیم که اگر تراز شدت صوتی ($10 - 50 = 30 \text{ dB}$) افزایش یافته است، شدت صوت چندبرابر شده است.

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 30 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^3$$

$$I_2 = 10^3 I_1 \Rightarrow n = 10^3$$

ه دست می آوریم. باتوجه به شکل

۵ cm است. چون تندی موج

۲۰ m/s است، می توان گفت:

$$\frac{\lambda}{2} = 5 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

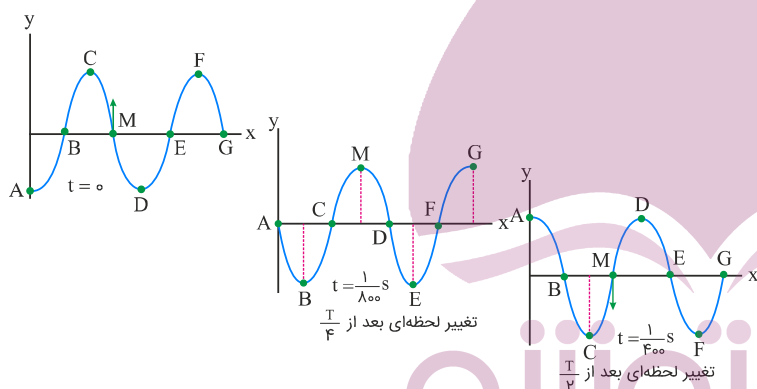
$$\lambda = vT \xrightarrow{v=20 \text{ m/s}} 0.1 = 20T \Rightarrow T = \frac{1}{200} \text{ s}$$

چون دوره تناوب $\frac{1}{200} \text{ s}$ است، $\frac{1}{400} \text{ s}$ بعد از این لحظه (یعنی بعد از $\frac{T}{2}$) ذره M که در نقطه تعادل قرار دارد، مجدداً به نقطه می رسد؛ بنابراین در این لحظه تندی آن بیشینه است و از رابطه $v_{\max} = A\omega$ به دست آید:

$$v_{\max} = A\omega \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} v_{\max} = A \times \frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{A=0.05 \text{ m}}{T=\frac{1}{200} \text{ s}} \rightarrow v_{\max} = 0.05 \times \frac{2\pi}{\frac{1}{200}} \Rightarrow v_{\max} = 20\pi \text{ m/s}$$

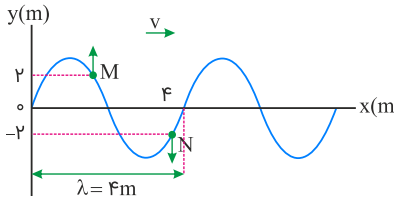
باتوجه به جهت حرکت موج در لحظه نشان داده شده، ذره M از نقطه تعادل در جهت $+y$ حرکت می کند. بعد از نصف دوره تناوب، این ذره دوباره به نقطه تعادل می رسد و در جهت $-y$ حرکت می کند. این موضوع را به وضوح در شکل های زیر مشاهده می کنید.



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

$\lambda = 4 \text{ m}$ است.

به شکل طول موج برابر با



بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه نادرست "۱": چون ذره‌های M و N به طرف نقطه بازگشت (انتهای مسیر) در حال حرکت اند، تندی آن‌ها در حال کاهش است، لذا حرکت هر دو ذره کندشونده است.

گزینه نادرست "۳": چون نقطه M روبه بالا و نقطه N روبه پایین حرکت می‌کند، جهت حرکت آن‌ها در دو سوی مخالف هم است.

گزینه نادرست "۴": در نمودار داده شده، از اعداد داده شده بر روی محور x نمی‌توان دوره تناوب چشمه موج را تعیین کرد. به عنوان مثال عدد 4 m مشخص کننده طول موج ($\lambda = 4 \text{ m}$) است.

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 هم اندازه 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.

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.