



چهارشنبه  
۱۴۰۴/۰۱/۲۰

دفترچه پاسخ

نوسان و موج  
برهم کنش های موج  
(فصل ۳ و ۴ دوازدهم)

# دوبینگ ماز

گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی  
فیزیک

ویراستاران	طراحان	مسئول درس	درس
محمدجواد سورچی پویا هدایتی	مهدی پارسا - سعید احمدی سجاد صادقی زاده - احسان ایرانی مهدی یوسفی - محمدجواد سورچی	سجاد صادقی زاده سعید احمدی	فیزیک

۵ و ۶ دوازدهم هفته ششم
۳ و ۴ دوازدهم هفته پنجم
۲ دوازدهم هفته چهارم
۱ دوازدهم هفته سوم
۳ و ۴ یازدهم هفته دوم
۲ یازدهم هفته اول
۱ یازدهم هفته اول
۳، ۴ و ۵ دهم هفته اول
۱ و ۲ دهم هفته اول

۵۵ روز جمع بندی تا کنکور اردیبهشت

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می شود. به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هر گونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

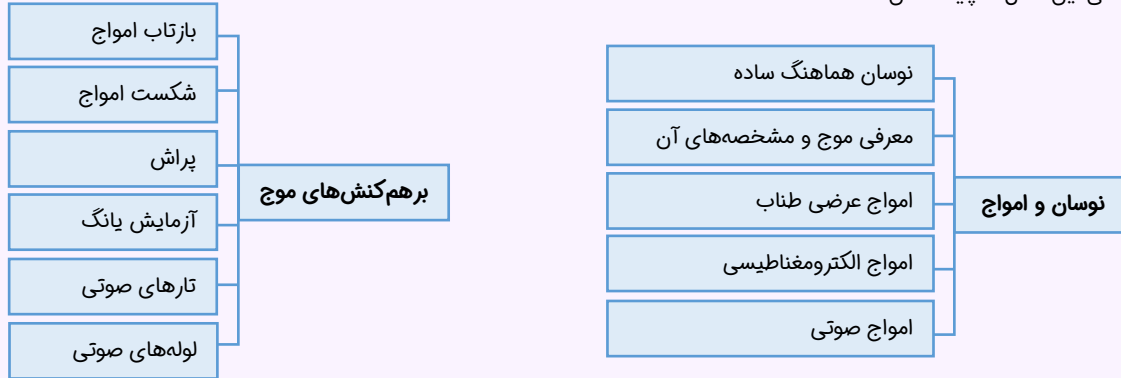


اهمیت مباحث این آزمون در کنکور...

رسیدیم به پرسؤالترین بخش درس فیزیک توی کنکور! بچه‌ها، فصل‌های (۳) و (۴) فیزیک ریاضی دوازدهم در واقع ترکیب مطالب حدود ۵ فصل از کتاب فیزیک نظام قدیمه که همه اونارو توی این دو فصل جا دادن، پس تعجبی هم نداره که حجم فصل خیلی زیاده و تعداد سؤالی زیادی هم ازش توی کنکور مطرح می‌شه.

فصل ۳ و ۴ فیزیک دوازدهم

۱- مباحث اصلی این فصل‌ها چیا هستن؟



۲- در کنکورهای اخیر چند سؤال از این فصل‌ها اومده؟

توی جدول زیر، تعداد سؤالاتی که از این فصل‌ها توی کنکور اومده رو براتون آوردیم.

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)	۱۴۰۳ (نوبت اول)	۱۴۰۳ (نوبت دوم)
تجربی	۶	۴	۴	۵	۵	۵	۵
ریاضی	۸	۷	۷	۶	۵	۵	۵



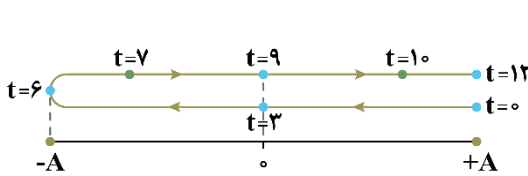
۱- معادله حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت  $x = 0.07 \cos \frac{\pi}{6} t$  است. کدام گزینه در مورد حرکت این نوسانگر نادرست است؟

- ۱) در لحظه  $t = 3s$  تندی نوسانگر برای نخستین بار بیشینه می‌شود.
- ۲) در لحظه  $t = 6s$  شتاب نوسانگر بیشینه و مثبت است.
- ۳) در لحظه  $t = 7s$  نیروی وارد بر نوسانگر، مثبت است.
- ۴) در لحظه  $t = 10s$  تکانه متحرک، منفی است.

(آسان - مفهومی/محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۴

ابتدا دوره تناوب را به دست می‌آوریم و با ترسیم مسیر حرکت، وضعیت متحرک را در لحظات مورد نظر بررسی می‌کنیم.



$$\left. \begin{aligned} x &= 0.07 \cos \frac{\pi}{6} t \\ x &= A \cos \omega t \end{aligned} \right\} \Rightarrow A = 0.07 \text{ m}, \omega = \frac{\pi}{6} \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{\pi}{6} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 12 \text{ s} \Rightarrow \frac{T}{4} = 3 \text{ s}$$

بررسی گزینه‌ها:

۱

مطابق شکل در لحظه  $t = 3s$  نوسانگر به نقطه تعادل رسیده است؛ پس در این نقطه تندی نوسانگر بیشینه است:

$v = -A\omega$  (✓)

۲

در لحظه  $t = 6s$  نوسانگر در مکان  $x = -A$  قرار دارد و شتاب آن  $a_{\max} = +A\omega^2$  است. (✓)

۳

در لحظه  $t = 7s$  مکان نوسانگر منفی و نیرو مثبت است. (✓)

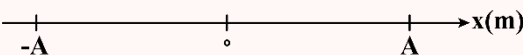
۴

در لحظه  $t = 10s$  متحرک در جهت محور در حال حرکت است، پس در این لحظه سرعت و تکانه مثبت است. (✗)

### حرکت هماهنگ ساده

در یک حرکت هماهنگ ساده که معادله مکان - زمان آن به صورت  $x = A \cos \omega t$  است، دانستن نکات زیر، ضروری است:

۱- **پاره‌خط نوسان:** اگر مکان نوسان کننده در زمان‌های مختلف را بر روی یک محور، نمایش دهیم ملاحظه می‌کنیم که مکان نوسان کننده بین دو مقدار  $+A$  و  $-A$  قرار می‌گیرد:

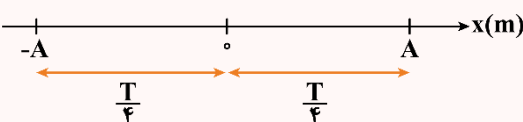


۲- **نقطه تعادل:** در وسط پاره‌خطی که جسم بر روی آن نوسان می‌کند، قرار دارد؛ یعنی نقطه  $O$ ، در این نقطه تندی نوسانگر دارای بیشترین مقدار ممکن است:

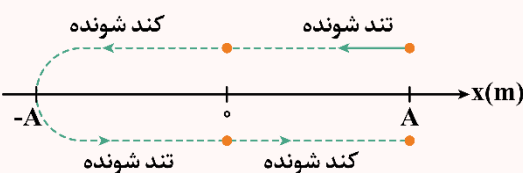
$v_{\max} = A\omega$

۳- **نقاط بازگشت:** در دو انتهای پاره‌خط نوسان یعنی در مکان‌های  $x = \pm A$  سرعت نوسانگر صفر شده و تغییر جهت می‌دهد، برای همین به این نقاط، نقاط بازگشت می‌گوییم.

۴- کمترین مدت زمان لازم برای آن که نوسانگر فاصله بین نقاط بازگشت و تعادل را بپیماید برابر  $\frac{T}{4}$  است و مقدار مسافت پیموده شده توسط نوسانگر برابر  $A$  است:



۵- در یک حرکت هماهنگ ساده، هرچه نوسانگر به نقطه تعادل نزدیک‌تر شود، تندی آن بیشتر و هرچه نوسانگر به نقاط بازگشت نزدیک‌تر شود، تندی آن کمتر می‌شود:





۶- بیشینه هر یک از کمیت‌های مربوط به نوسانگر از روابط زیر به دست می‌آید:

مکان بیشینه:  $x_{\max} = A$

تندی بیشینه:  $v_{\max} = A\omega$

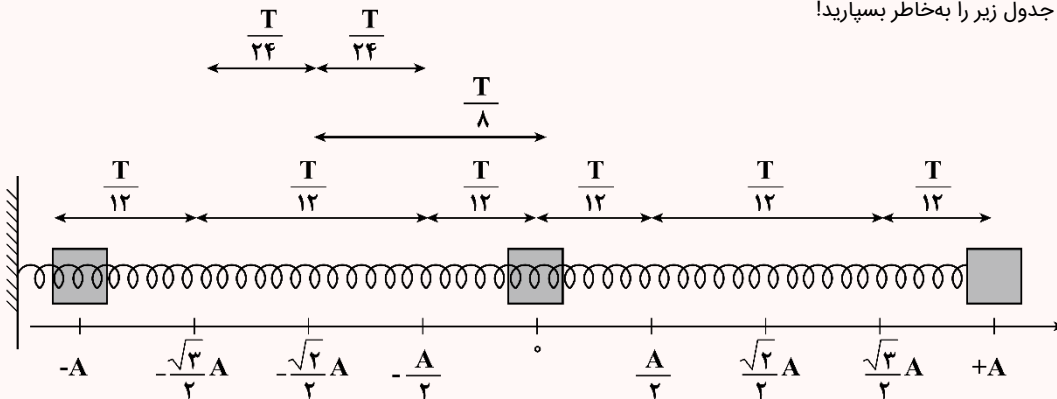
شتاب بیشینه:  $a_{\max} = A\omega^2$

نیروی بیشینه:  $F_{\max} = mA\omega^2$

تکانه بیشینه:  $p_{\max} = mv_{\max} = mA\omega$

جدول جمع‌بندی حرکت هماهنگ ساده

برای حل این سؤال جدول زیر را به‌خاطر بسپارید!



$-A$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}A$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}A$	$-\frac{A}{2}$	$0$	$\frac{A}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}A$	$\frac{\sqrt{3}}{2}A$	$A$	مکان
$0$	$\pm \frac{1}{2}v_{\max}$	$\pm \frac{\sqrt{2}}{2}v_{\max}$	$\pm \frac{\sqrt{3}}{2}v_{\max}$	$\pm v_{\max}$	$\pm \frac{\sqrt{3}}{2}v_{\max}$	$\pm \frac{\sqrt{2}}{2}v_{\max}$	$\pm \frac{1}{2}v_{\max}$	$0$	سرعت
$a_{\max}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}a_{\max}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}a_{\max}$	$\frac{1}{2}a_{\max}$	$0$	$-\frac{1}{2}a_{\max}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}a_{\max}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}a_{\max}$	$-a_{\max}$	شتاب
$0$	$\frac{1}{4}K_{\max}$	$\frac{1}{2}K_{\max}$	$\frac{3}{4}K_{\max}$	$K_{\max}$	$\frac{3}{4}K_{\max}$	$\frac{1}{2}K_{\max}$	$\frac{1}{4}K_{\max}$	$0$	انرژی جنبشی
$U_{\max}$	$\frac{3}{4}U_{\max}$	$\frac{1}{2}U_{\max}$	$\frac{1}{4}U_{\max}$	$0$	$\frac{1}{4}U_{\max}$	$\frac{1}{2}U_{\max}$	$\frac{3}{4}U_{\max}$	$U_{\max}$	انرژی پتانسیل
$E$	$E$	$E$	$E$	$E$	$E$	$E$	$E$	$E$	انرژی مکانیکی

گروه آموزشی ماز

۲- متحرکی روی پاره‌خطی به طول ۱۲cm حول مبدأ، نوسان می‌کند. اگر حداقل بازه زمانی دو عبور متوالی از مکان  $x = +3\text{cm}$  برابر  $\frac{1}{75}$  ثانیه باشد،

سرعت متحرک در لحظه  $t = 0.3\text{s}$  چند متر بر ثانیه است؟ (متحرک در مبدأ زمان در مکان  $x = +A$  قرار دارد.)

- (۱) صفر (۲)  $3\pi$  (۳)  $1/5\pi$  (۴)  $1/5\sqrt{2}\pi$

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۳)

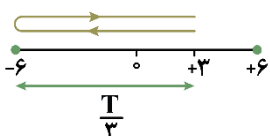
پاسخ: گزینه ۲

طول پاره‌خط نوسان ۱۲cm است؛ پس دامنه نوسان ۶cm می‌باشد.

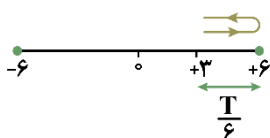
$$A = \frac{\text{طول پاره‌خط نوسان}}{2} = \frac{12}{2} = 6\text{cm} = 0.06\text{m}$$

دو عبور متوالی از مکان  $x = +3\text{cm}$  دو حالت دارد:

حالت اول:



حالت دوم:

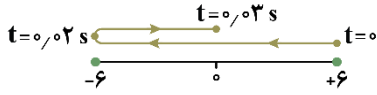




با توجه به مسیر، زمان حالت (۲) کم تر است.

$$T = \frac{1}{\frac{3}{75}} \Rightarrow T = \frac{3}{75} = 0.04 \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.04} = 50\pi \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$



$$v_m = A\omega = 0.06 \times 50\pi = 3\pi \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

در لحظه  $t = 0.03 \text{ s}$  نوسانگر در مرکز نوسان قرار دارد و سرعت آن بیشینه است.

گروه آموزشی ماز

۳- نوسانگری در هر دقیقه ۲۴۰ بار طول پاره خط نوسان را طی می کند. در لحظه  $t = \frac{5}{12} \text{ s}$  شتاب این نوسانگر  $\frac{48}{s^2} \text{ m}$  است. دامنه نوسان چند سانتی متر

است؟  $(\pi^2 = 10)$

۶۰ (۴)

۳۰ (۳)

۴۰ (۲)

۲۰ (۱)

(متوسط - مفهومی/محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۴

گام اول:

نوسانگر در مدت یک دقیقه ۲۴۰ بار طول پاره خط نوسان را طی کرده است، پس در این مدت ۱۲۰ نوسان انجام داده است:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{60}{120} = \frac{1}{2} \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{1}{2}} = 4\pi \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

گام دوم:

مکان متحرک در لحظه  $t = \frac{5}{12} \text{ s}$  را محاسبه می کنیم:

$$a = -\omega^2 x \Rightarrow -48 = -(4\pi)^2 x \Rightarrow x = \frac{48}{16\pi^2} \xrightarrow{\pi^2=10} x = 0.3 \text{ m}$$

گام آخر:

با استفاده از معادله مکان - زمان، دامنه را به دست می آوریم:

$$x = A \cos \omega t \Rightarrow 0.3 = A \cos \left(4\pi \times \frac{5}{12}\right)$$

$$\Rightarrow 0.3 = A \cos \left(2\pi - \frac{\pi}{3}\right) \Rightarrow A = 0.6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

نوسان دوره ای چیست؟

هر حرکت تکرارشونده ای که به صورت چرخه ای و پی در پی تکرار می شود، یک نوسان دوره ای است؛ مانند نفس کشیدن، ضربان قلب، بال زدن حشره و ...  
دوره تناوب: مدت زمانی که طول می کشد تا یک چرخه به طور کامل انجام شود را دوره تناوب می گوئیم و از رابطه زیر به دست می آید:

$$T = \frac{t}{n}$$

T: دوره تناوب (s)    t: زمان سپری شده (s)    n: تعداد چرخه

بسامد: تعداد چرخه های انجام شده در مدت یک ثانیه را بسامد می گوئیم و از رابطه زیر به دست می آید:

$$f = \frac{n}{t}$$

f: بسامد (Hz)    n: تعداد چرخه    t: زمان سپری شده (s)

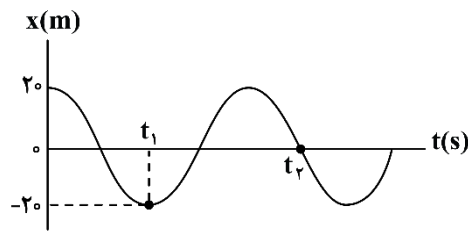
رابطه دوره تناوب و بسامد به صورت زیر است:

$$f = \frac{1}{T}$$

گروه آموزشی ماز



۴- نمودار مکان - زمان نوسانگری به جرم  $2\text{kg}$  مطابق شکل است. اگر معادله نیروی این نوسانگر در SI به صورت  $F = -0.18\pi^2 x$  باشد، شتاب متوسط این نوسانگر در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  چند متر بر مربع ثانیه است؟



- (۱)  $-1/2\pi$
- (۲)  $+1/2\pi$
- (۳)  $-2/4\pi$
- (۴)  $+2/4\pi$

(سخت - نموداری - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

با توجه به معادله نیرو - مکان، مقدار  $\omega$  را به دست می آوریم:

$$\left. \begin{aligned} F &= -0.18\pi^2 x \\ F &= -m\omega^2 x \end{aligned} \right\} \Rightarrow m\omega^2 = 0.18\pi^2 \Rightarrow \omega^2 = 0.18\pi^2 \Rightarrow \omega = \frac{3\pi}{10} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{3\pi}{10} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{20}{3} \text{ s}$$

در لحظه  $t_2$  سرعت نوسانگر بیشینه و منفی است.

$$v_2 = -A\omega = -2.0 \times \frac{3\pi}{10} = -6\pi \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

در لحظه  $t_1$  سرعت نوسانگر صفر است:

$$v_1 = 0$$

طول بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  برابر با  $\Delta t = \frac{3T}{4}$  است؛ بنابراین داریم:

$$\Delta t = \frac{3T}{4} = 3 \times \frac{3}{4} = 5 \text{ s}$$

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(-6\pi) - 0}{5} = -1.2\pi \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

گروه آموزشی ماز

۵- جسمی به جرم  $m$  به فنری با ثابت  $k$  بسته شده و روی یک سطح افقی بدون اصطکاک با دوره تناوب  $3/0$  ثانیه نوسان می کند. اگر وزنه ای به جرم  $700$  گرم به آن اضافه کنیم، دوره تناوب آن  $1/0$  ثانیه تغییر می کند. ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟ ( $\pi^2 = 10$ )

(۴) ۴۰۰

(۳) ۴۰

(۲) ۳۰۰

(۱) ۳۰

(آسان - محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۴

چون جرم وزنه زیاد شده است، دوره تناوب افزایش می یابد:

$$T_2 = T_1 + 0.1 = 0.3 + 0.1 \Rightarrow T_2 = 0.4 \text{ s}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow \frac{0.4}{0.3} = \sqrt{\frac{m_1 + 700}{m_1}}$$

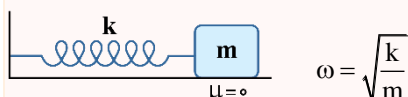
$$\Rightarrow \frac{16}{9} = \frac{m_1 + 700}{m_1} \Rightarrow m_1 = 900 \text{ g}$$

$$\text{دوره تناوب در حالت اول: } T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}} \Rightarrow 0.3 = 2\pi\sqrt{\frac{0.9}{k}}$$

$$\Rightarrow 0.09 = \frac{4\pi^2 \times 0.9}{k} \quad \pi^2 = 10 \rightarrow k = 400 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

نوسان هماهنگ ساده سامانه جرم - فنر

۱- بسامد زاویه ای نوسان برابر است با:





۲- دوره تناوب و بسامد نوسان برابر است با:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

۳- برای مقایسه دوره و بسامد دو نوسانگر می توان نوشت:

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1} \times \frac{k_1}{k_2}} \quad \frac{f_2}{f_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2} \times \frac{k_2}{k_1}}$$

گروه آموزشی ماز

۶- یک وزنه ۶۰۰ گرمی به انتهای فنری با ثابت  $15\pi^2 \frac{N}{m}$  بسته شده و روی یک سطح افقی بدون اصطکاک نوسان می کند. اگر کم ترین و بیش ترین طول

فنر در حین نوسان به ترتیب ۵۵cm و ۸۵cm باشد، معادله مکان - زمان این نوسانگر در SI کدام است؟

(۱)  $x = 0.3 \cos 25\pi t$  (۲)  $x = 0.3 \cos 5\pi t$  (۳)  $x = 0.15 \cos 25\pi t$  (۴)  $x = 0.15 \cos 5\pi t$

(آسان - محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۴

بسامد زاویه ای در نوسان وزنه - فنر از رابطه  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$  به دست می آید، پس:

$$\omega = \sqrt{\frac{15\pi^2}{0.6}} = 5\pi \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

$$\text{دامنه نوسان } A = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{2} = \frac{85 - 55}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow A = 0.15 \text{ m}$$

$$x = A \cos \omega t \Rightarrow x = 0.15 \cos(5\pi t)$$



در نوسان هماهنگ ساده اگر بیشینه و کمینه طول فنر به ترتیب برابر با  $L_{\max}$  و  $L_{\min}$  باشد داریم:

$$\begin{cases} L_0 = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} \\ A = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{2} \end{cases}$$

گروه آموزشی ماز

۷- ساعتی آونگ دار (با آونگ ساده) به اشتباه برای کار کردن با شتاب گرانش  $\frac{7}{2} \frac{m}{s^2}$  تنظیم شده است. اگر این ساعت را به شهرستان اقلید با شتاب

گرانش  $\frac{9}{8} \frac{m}{s^2}$  ببریم، در هر ساعت چند دقیقه جلو یا عقب می افتد؟

(۱) ۱۰ دقیقه جلو می افتد. (۲) ۱۰ دقیقه عقب می افتد. (۳)  $\frac{60}{7}$  دقیقه جلو می افتد. (۴)  $\frac{60}{7}$  دقیقه عقب می افتد.

(سخت - مفهومی/محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

ابتدا نسبت دوره ها را در دو حالت به دست می آوریم:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{g_2}{g_1}} = \sqrt{\frac{9/8}{7/2}} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{7}{6}$$

$$\text{میزان عقب یا جلو افتادن ساعت: } \Delta t = t\left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right) = 60 \min \left(\frac{7}{6} - 1\right) \Rightarrow \Delta t = 10 \min$$

پس ساعت ۱۰ دقیقه جلو می افتد.



۱- دوره تناوب یک آونگ ساده از رابطه  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  به دست می آید. در این رابطه،  $L$  طول آونگ و  $g$  شتاب گرانش است.



- ۲- در ساعت آونگ‌دار، هرگاه از عقب یا جلو افتادن ساعت صحبت شد، باید دوره آونگ را مدنظر گرفته و به صورت زیر با آن برخورد کنیم:
- الف) اگر دوره افزایش یابد ← ساعت عقب می‌افتد.
- ب) اگر دوره کاهش یابد ← ساعت جلو می‌افتد.

گروه آموزشی ماز

- ۸- وزنه‌ای به جرم ۴۰۰ گرم به انتهای فنری با ثابت  $200 \frac{N}{m}$  بسته شده و روی یک سطح افقی بدون اصطکاک نوسان می‌کند. اگر در لحظه‌ای که تندی نوسانگر  $3 \frac{m}{s}$  است، انرژی پتانسیل  $2/2$  ژول باشد، این نوسانگر در هر دوره چه مسافتی را بر حسب سانتی‌متر طی می‌کند؟
- ۴۰ (۱)      ۶۰ (۲)      ۸۰ (۳)      ۱۶۰ (۴)

(متوسط - مفهومی/محاسباتی - ۱۲۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

می‌دانیم  $E = K + U$  است؛ بنابراین داریم:

$$U = E - K \Rightarrow U = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow 2/2 = \frac{1}{2} \times 200 \times A^2 - \frac{1}{2} \times 0.4 \times 3^2$$

$$\Rightarrow 2/2 = 100A^2 - 1/8$$

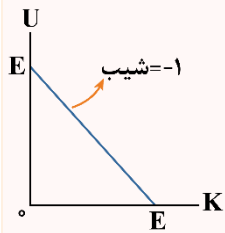
$$\Rightarrow A = 0.2m = 20cm$$

$4A = 80cm =$  مسافت طی شده در هر دوره

انرژی در حرکت هماهنگ ساده

یک نوسانگر وزنه - فنر را در نظر بگیرید. این دستگاه دارای انرژی پتانسیل کشسانی (U) و انرژی جنبشی (K) است. در مورد انرژی نوسانگر به نکات زیر توجه کنید.

۱- مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی نوسانگر برابر انرژی مکانیکی آن است که مقدار ثابتی است:



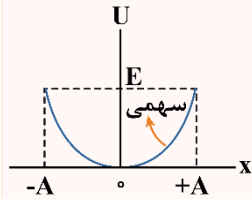
ثابت

$$U + K = E$$

۲- انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر برابر است با:

$$U = \frac{1}{2}kx^2 \xrightarrow{k=m\omega^2} U = \frac{1}{2}m\omega^2x^2$$

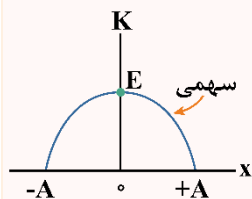
البته توجه داشته باشید که رابطه  $U = \frac{1}{2}kx^2$  از کتاب درسی حذف شده است و طرح سؤال مستقیم از آن در کنکور مجاز نمی‌باشد، اینجا برای این که موضوع را بهتر متوجه شوید از این رابطه استفاده کرده‌ایم.



۳- بیشینه انرژی پتانسیل کشسانی همان انرژی مکانیکی نوسانگر است.

$$E = U_{max} = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = 2\pi^2A^2f^2m$$

۴- اگر انرژی پتانسیل را از انرژی مکانیکی کم کنیم، انرژی جنبشی نوسانگر به دست می‌آید:



$$\begin{cases} K = E - U \\ U = \frac{1}{2}kx^2 \end{cases} \rightarrow K = E - \frac{1}{2}kx^2 = E - \frac{1}{2}m\omega^2x^2$$

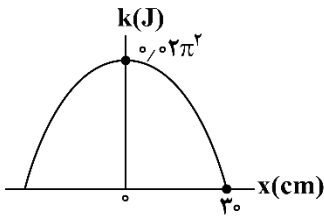
البته اگر سرعت نوسانگر را بدانیم، می‌توانیم از رابطه  $K = \frac{1}{2}mv^2$  هم برای محاسبه انرژی جنبشی کمک بگیریم.

۵- هنگامی که متحرک در  $x = 0$  (مرکز نوسان) است، همه انرژی به صورت جنبشی است. هنگامی که متحرک در  $x = \pm A$  (نقاط بازگشتی) قرار دارد، همه انرژی به صورت انرژی پتانسیل کشسانی است. هنگامی که متحرک در مکان  $x = \pm \frac{\sqrt{2}}{2}A$  است، انرژی‌های جنبشی و پتانسیل برابرند و هریک نصف انرژی مکانیکی هستند.

گروه آموزشی ماز



۹- نمودار انرژی جنبشی یک نوسانگر به جرم  $4\text{ kg}$  بر حسب مکان، مطابق شکل زیر است. در  $7$  ثانیه اول حرکت، تندی متوسط نوسانگر چند برابر بزرگی سرعت متوسط آن است؟ (متحرک در لحظه  $t=0$  در مکان  $x=30\text{ cm}$  قرار دارد.)



- ۱ (۱)
- ۵ (۲)
- ۹ (۳)
- ۱۱ (۴)

(سخت - نموداری - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

### گام اول:

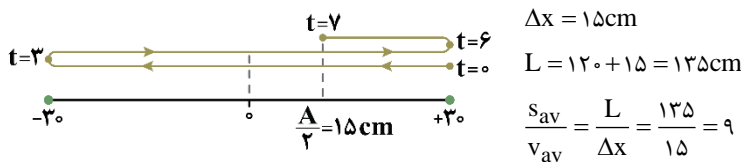
با توجه به نمودار متوجه می‌شویم که  $A=30\text{ cm}$  و  $E=0.2\pi^2\text{ J}$  است.

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \Rightarrow 0.2\pi^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times \omega^2 \times (0.3)^2 \Rightarrow \omega = \frac{\pi}{3} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{\pi}{3} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 6\text{ s}$$

### گام آخر:

حال طبق الگوی زمانی، مسیر حرکت را در  $7$  ثانیه اول حرکت رسم کرده و مسافت طی شده و جابه‌جایی را به دست می‌آوریم:



### گروه آموزشی ماز

۱۰- چند مورد از موارد زیر نادرست است؟

الف: اگر چه تشدید در بسامد مشخصی رخ می‌دهد، اما دامنه نوسان در نزدیکی این بسامد همچنان بزرگ است.

ب: شرط تشدید این است که بسامد نوسان واداشته با بسامد طبیعی نوسانگر برابر شود.

پ: اگر یک تاب را با بسامدهایی بیش تر یا کم تر از بسامد طبیعی آن هل دهیم، دامنه نوسان کوچک تر از حالتی خواهد شد که آن را با بسامد طبیعی اش هل می‌دهیم.

ت: در آونگ‌های بارتون هرچقدر طول یک آونگ به طول آونگ وادارنده نزدیک تر باشد، دامنه آن بیش تر خواهد شد.

ث: اگر یک تاب با بسامد طبیعی خودش نوسان کند به دلیل انرژی تلف شده بر اثر اصطکاک و مقاومت هوا، نوسان‌های تاب، میرا شده و سرانجام متوقف می‌شود.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

صفر (۱)

(آسان - خطبه‌خط کتاب درسی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

با توجه به متن کتاب درسی تمامی موارد، صحیح است.

### تشدید

#### ۱- بسامد طبیعی:

اگر یک سامانه جرم - فنر یا یک آونگ ساده را از وضع تعادل خارج کرده و رها کنیم با بسامد معینی شروع به نوسان می‌کند که به بسامد این حرکت، بسامد طبیعی گویند و با  $f_0$  نشان داده می‌شود.

#### ۲- نوسان واداشته:

اگر به وسیله اعمال یک نیروی خارجی، نوسانگرهایی مانند سامانه جرم - فنر یا آونگ ساده را وادار به حرکت کنیم، حرکت انجام شده را نوسان واداشته می‌گویند و بسامد آن را با  $f_d$  نشان می‌دهند.

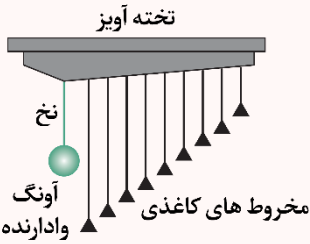


۳- تشدید:

اگر به یک نوسانگر، یک نیروی خارجی دوره‌ای وارد شود و بسامد نیروی خارجی ( $f_d$ ) برابر بسامد طبیعی نوسانگر ( $f_0$ ) باشد، دامنه نوسان‌های جسم، بزرگ و بزرگ‌تر می‌شود که به این پدیده، تشدید یا رزونانس می‌گویند.

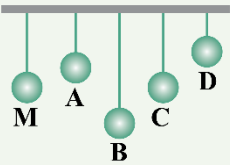
برای بررسی پدیده تشدید از وسیله آزمایشگاهی مقابل استفاده می‌شود که به آن آونگ‌های **بارتون** می‌گویند. در این آزمایش اگر آونگ وادارنده شروع به نوسان کند، انرژی آن از طریق نخ به سایر آونگ‌ها منتقل شده و همگی شروع به حرکت می‌کنند

اما آونگی که با آونگ وادارنده هم طول است با دامنه بیش‌تری حرکت خواهد کرد، زیرا طبق رابطه  $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$  آونگ‌های هم طول دارای بسامد و بسامد زاویه‌ای یکسانی هستند و در نتیجه در آونگی که با آونگ وادارنده هم طول است، تشدید روی می‌دهد.



مثال

طبق شکل زیر، چند آونگ را از سیم افقی آویخته‌ایم. با به نوسان درآوردن آونگ M، کدام آونگ با دامنه بیش‌تری به نوسان واداشته می‌شود؟



- A (۱)
- B (۲)
- C (۳)
- D (۴)

پاسخ تشریحی:

با نوسان گلوله M، گلوله‌ای دچار تشدید می‌شود که هم طول آونگ M باشد، زیرا در این صورت بسامدهای یکسان خواهند داشت؛ بنابراین آونگ C دچار تشدید می‌شود.

پاسخ: گزینه ۳

گروه آموزشی ماز

۱۱- چند مورد از موارد زیر در مورد موج نادرست است؟

الف: به موج‌هایی که از نقطه‌ای به نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی خود را با خود منتقل می‌کنند موج‌های پیش‌رونده گفته می‌شود.

ب: در انتشار موج در یک فنر این موج است که از یک سر به سر دیگر حرکت می‌کند نه ماده‌ای که موج در آن حرکت می‌کند.

پ: در موج عرضی، جابه‌جایی هر جزء نوسان‌کننده‌ای از موج، عمود بر جهت حرکت موج است.

ت: به‌رغم متفاوت بودن منشأ امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی، همگی آن‌ها مشخصه‌های یکسانی دارند و رفتار آن‌ها از قاعده‌هایی کلی پیروی می‌کند.

ث: به موج‌های صوتی و موج‌های روی سطح آب که برای انتشار خود به یک محیط مادی نیاز دارند امواج مکانیکی می‌گویند.

- (۱) صفر      (۲) ۱      (۳) ۲      (۴) ۳

(آسان - خطبه‌خط کتاب درسی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

بررسی موارد:

- الف (✓)
- ب

در انتشار موج، ماده همراه با موج منتقل نمی‌شود و فقط در مکان خود یک حرکت ارتعاشی انجام می‌دهند در واقع این انرژی موج هست که منتقل می‌شود نه ماده. (✓)

پ

در موج عرضی راستای نوسان ذرات بر راستای انتشار موج عمود است ولی در موج طولی راستای نوسان ذرات و راستای انتشار موج در یک راستا هستند. (✓)

ت و ث

موج‌های الکترومغناطیسی برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند و در خلأ نیز منتشر می‌شوند ولی امواج مکانیکی برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند ولی

همه امواج، مشخصه‌های یکسانی دارند و قاعده‌های کلی آن‌ها یکسان است؛ مثلاً رابطه  $\lambda = \frac{v}{f}$  برای همه امواج برقرار است. (✓)

انواع موج از نظر منشأ

۱- مکانیکی: برای انتشار خود نیاز به محیط مادی دارد و در خلأ منتشر نمی‌شود.

مثال) موج‌های روی سطح آب، موج صوتی

وجود محیط کشسان برای موج‌های مکانیکی لازم است.



۲- الکترومغناطیسی: امواجی که برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند و در خلأ هم منتشر می‌شوند.

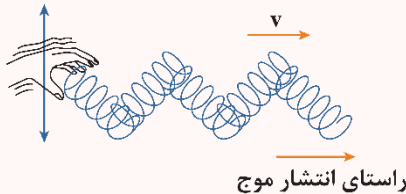
- مثال:** نور مرئی، موج‌های رادیویی و تلویزیونی، پرتوهای X و ...  
امواج الکترومغناطیسی اصلاً نیازی به محیط مادی ندارند که بخواهد کشسان یا غیرکشسان باشند، آنچه مهم است پیوستگی نواحی مختلف محیط است.  
**شباهت:** مشخصه‌های یکسانی دارند و رفتار آن‌ها از قاعده‌های کلی پیروی می‌کند.  
**تفاوت:** منشأ امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی متفاوت است.

**انواع موج از نظر شکل**

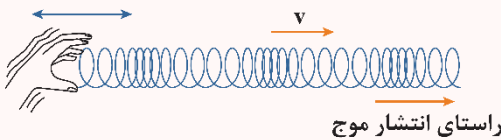
۱- **عرضی:** جابه‌جایی هر جزء نوسان‌کننده‌ای از محیط، عمود بر جهت حرکت موج است.

**مثال:** امواج الکترومغناطیسی، موج عرضی در طناب و فر

راستای نوسان هر جزء فنر



راستای نوسان هر جزء فنر



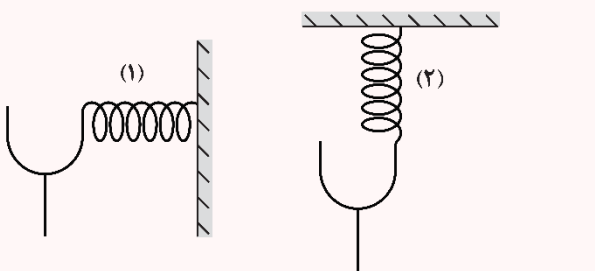
۲- **طولی:** جابه‌جایی هر جزء نوسان‌کننده‌ای از محیط در راستای حرکت موج است.

**مثال:** موج صوتی

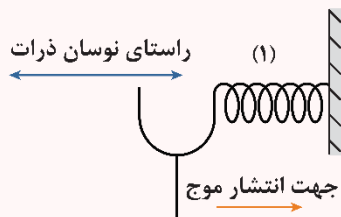
**تمرین**

در شکل مقابل با ارتعاش دیپازون در فر (۱) و (۲) به ترتیب، چه نوع موجی تولید می‌شود؟

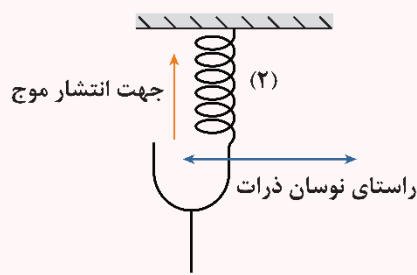
- (۱) طولی، عرضی
- (۲) عرضی، طولی
- (۳) طولی، طولی
- (۴) عرضی، عرضی



**پاسخ تشریحی:**



موج طولی است.



موج عرضی است.

**پاسخ: گزینه ۱**

**گروه آموزشی ماز**

۱۲- سیمی آهنی به چگالی  $\frac{8}{3} \frac{g}{cm^3}$  را با نیروی  $240N$  می‌کشیم. اگر فاصله دو قلۀ متوالی یک موج عرضی با بسامد  $100Hz$  که درون این سیم منتشر می‌شود  $20cm$  باشد، قطر مقطع سیم چند سانتی‌متر است؟ ( $\pi \approx 3$ )

۲ (۴)

۱/۵ (۳)

۱ (۲)

۰/۵ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۳)

**پاسخ: گزینه ۲**

**گام اول:**

فاصله دو قلۀ متوالی همان طول موج است که برابر  $\lambda = 20cm$  است؛ بنابراین تندی انتشار موج برابر است با:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 20 \times 10^{-2} = \frac{v}{100} \Rightarrow v = 20 \frac{m}{s}$$



گام دوم:

برای محاسبه سطح مقطع سیم می توان نوشت:

$$\begin{cases} v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \Rightarrow 20 = \sqrt{\frac{240}{8 \times 10^{-3} A}} \\ \mu = \rho A \end{cases}$$

$$\Rightarrow 400 = \frac{240}{8 \times 10^{-3} A} \Rightarrow A = \frac{3}{4} \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = \pi R^2 \Rightarrow \frac{3}{4} \times 10^{-4} = \pi R^2 \Rightarrow R = \frac{1}{2} \times 10^{-2} \text{ m} = 0.5 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \text{قطر: } 2R = 1 \text{ cm}$$

گام آخر:

بنابراین قطر مقطع سیم برابر است با:

تندی انتشار امواج عرضی در تار یا فنر کشیده شده

تاری به طول  $L$ ، جرم  $m$ ، چگالی  $\rho$ ، مساحت مقطع  $(A)$  و قطر  $(D)$  را در نظر بگیرید که توسط نیروی  $F$  از طرفین مورد کشش قرار می گیرد و در آن موج عرضی ایجاد می شود. تندی انتشار این امواج در تار (فنر) از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}$$

نکته

۱-  $\mu$  در این روابط، چگالی خطی جرم طناب یا جرم واحد طول طناب است که از رابطه  $\mu = \frac{m}{L}$  به دست می آید و یکای آن در SI،  $\frac{\text{kg}}{\text{m}}$  است.

۲- اگر تمام کمیت های این روابط در SI عددگذاری شوند، تندی انتشار موج برحسب متر بر ثانیه به دست می آید.

۳- چون موج عرضی در طول تار با تندی ثابت حرکت می کند، در نتیجه برای پیش روی موج در تار با استفاده از رابطه حرکت یکنواخت می توان نوشت:

$$\Delta x = v \Delta t \xrightarrow{\Delta x = L} L = v \Delta t$$

در این رابطه، جابه جایی موج، برابر طول تار یعنی  $(L)$  است.

گروه آموزشی ماز

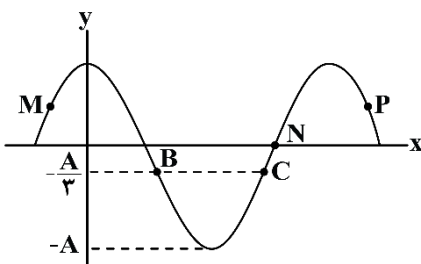
۱۳- نقش یک موج عرضی با دوره  $T$  و طول موج  $\lambda$  در لحظه  $t = 0$  مطابق شکل زیر است. اگر در این لحظه انرژی پتانسیل ذره  $P$  در حال کاهش باشد، چند مورد از موارد زیر در مورد این موج درست است؟

الف: در لحظه  $t = 0$  تندی ذره  $N$  الزاماً با تندی موج برابر است.

ب: در لحظه  $t = \frac{T}{4}$  ذره  $M$  در حال حرکت به سمت پایین است و شتاب آن در این لحظه منفی است.

پ: در مدتی که موج، مسافت  $\frac{\lambda}{4}$  را طی می کند، ذره  $B$  مسافت  $2A$  را طی خواهد کرد.

ت: پس از لحظه  $t = 0$  بزرگی تکانه و انرژی جنبشی ذره  $B$  زودتر از ذره  $C$  صفر می شود.



۱ (۴)

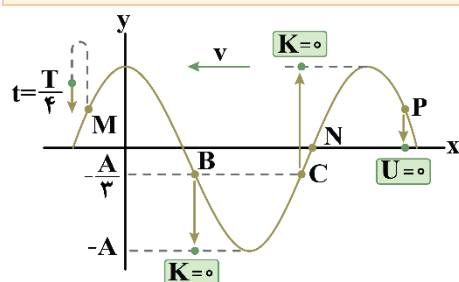
۲ (۳)

۳ (۲)

۴ (۱)

(سخت - نموداری - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۲



چون انرژی پتانسیل ذره  $P$  در حال کاهش است، ذره  $P$  در حال نزدیک شدن به نقطه تعادل است؛ یعنی ذره  $P$  به سمت پایین حرکت می کند. با توجه به حرکت ذره  $P$  متوجه می شویم که جهت انتشار موج خلاف جهت محور  $x$  است.



بررسی موارد:

الف

تندی انتشار موج مقداری ثابت است و از رابطه  $v = \lambda f$  به دست می آید ولی تندی نوسان ذرات مقداری است متغیر. مثلاً در نقطه تعادل تندی ذرات  $v_m = A\omega$  می باشد؛ پس تندی انتشار موج الزاماً با تندی نوسان ذرات برابر نیست.

$$\frac{\text{حداکثر تندی نوسان ذرات}}{\text{تندی انتشار موج}} = \frac{A\omega}{\lambda f} = \frac{A \times 2\pi f}{\lambda f} = \frac{2\pi A}{\lambda} \quad (*)$$

ب

در لحظه  $t = \frac{T}{4}$  ذره M در حال حرکت به سمت پایین است و مکان آن مثبت و شتاب آن منفی است. (✓)

پ

موج در مدت  $\Delta t = \frac{T}{2}$  مسافت  $\Delta x = \frac{\lambda}{2}$  را طی می کند که در این مدت، ذرات موج، مسافت  $L = 2A$  را طی می کنند. (✓)

ت

با توجه به شکل و جهت حرکت ذرات؛ تندی، تکانه و انرژی جنبشی ذره B زودتر از ذره C صفر می شود. (✓)

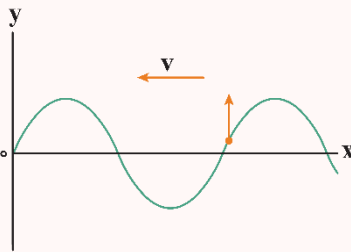
نمودار جابه جایی - مکان موج

در نمودار جابه جایی - مکان اگر بخواهیم مشخص کنیم که در این لحظه جهت حرکت یک ذره دلخواه از محیط در جهت محور نوسانی (رو به بالا) بوده یا در خلاف جهت این محور (رو به پایین)، به صورت زیر عمل می کنیم:

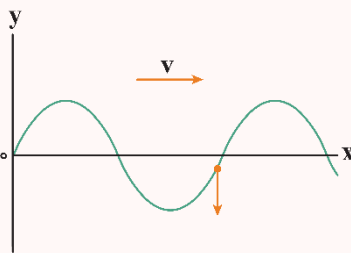
۱- با توجه به جهت انتشار موج، پشت سر هر نقطه را معین می کنیم. اگر موج به سمت راست می رود، پشت سر هر نقطه سمت چپ آن می شود و اگر موج به سمت چپ منتشر می شود، پشت سر هر نقطه سمت راست آن می شود.

۲- به پشت سر نقطه مورد نظر نگاه می کنیم:

الف) اگر اولین چیزی که می بینیم قله است ← ذره در آن لحظه در جهت محور (رو به بالا) حرکت می کند.



ب) اگر اولین چیزی که می بینیم دره است ← ذره در آن لحظه در خلاف جهت محور (رو به پایین) حرکت می کند.

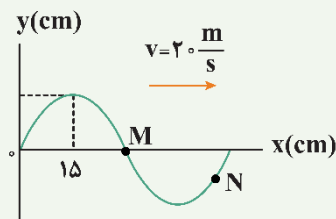


نکته

اگر در یک سؤال از مبحث موج، رفتار نوسانی فقط یک ذره از محیط، مورد بررسی قرار گرفت، آن سؤال در واقع ترکیبی از موج و نوسان است. کافی است به کمک روابط مربوط به موج، مقدار T را به دست آورده و سپس از مطالب مربوط به حرکت نوسانی استفاده کنیم.

مثال

نقش یک موج عرضی که در یک محیط در حال انتشار است در یک لحظه مطابق شکل زیر می باشد. ذره N از محیط در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می دهد و حداقل چند ثانیه طول می کشد تا بردار شتاب ذره M در جهت محور y و اندازه آن بیشینه شود؟





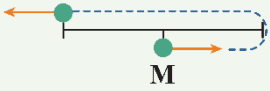
پاسخ تشریحی:

طبق نمودار داده شده می توان نوشت:

$$\frac{\lambda}{4} = 15 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$$

$$\lambda = vT \rightarrow 0.6 = 20 T \rightarrow T = 0.03 \text{ s}$$

$$T = \frac{t}{N} \rightarrow 0.03 = \frac{60}{N} \rightarrow N = \frac{60}{0.03} \rightarrow N = 2000$$



ذره M در لحظه کنونی در  $y = 0$  بوده و پشت آن قله است، پس  $v > 0$  می باشد. برای بیشینه شدن شتاب باید در  $x = \pm A$  باشد و چون شتاب، مختلف‌العلامت با مکان است برای آن که بردار شتاب در جهت محور  $y$  باشد باید جسم در  $x = -A$  قرار داشته باشد. طبق شکل:

$$\Delta t = \frac{3T}{4} = \frac{3 \times 0.03}{4} = \frac{9}{400} \text{ s}$$



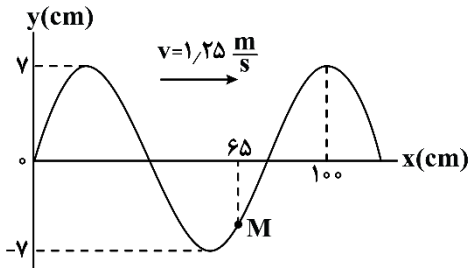
**الف)** هنگامی که هر ذره از محیط از مکان تعادل می‌گذرد، دارای سرعت و انرژی جنبشی بیشینه است.

**ب)** هنگامی که هر ذره از محیط در بیش‌ترین فاصله از مکان تعادل قرار می‌گیرد، نیرو و شتاب وارد بر آن بیشینه است.

**پ)** هنگامی که هر ذره از محیط درحال نزدیک شدن به مکان تعادل است، حرکت آن تندشونده است و هنگامی که درحال دور شدن از مکان تعادل است، حرکت آن کندشونده است.

گروه آموزشی ماز

۱۴- نقش یک موج عرضی در طناب در لحظه  $t = 0$  مطابق شکل زیر است. پس از لحظه  $t = 0$  چند ثانیه طول می‌کشد تا سرعت ذره M بیشینه و در جهت محور  $y$  شود؟



۱) ۱

۲) ۲

۳) ۴

۴) داده‌های سؤال کافی نمی‌باشد.

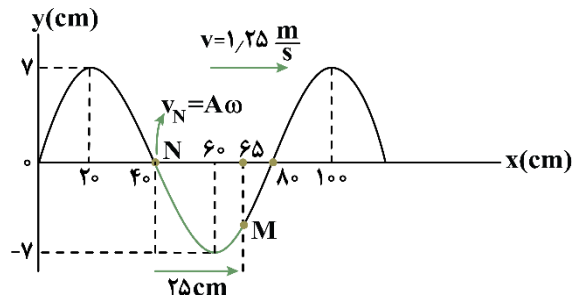
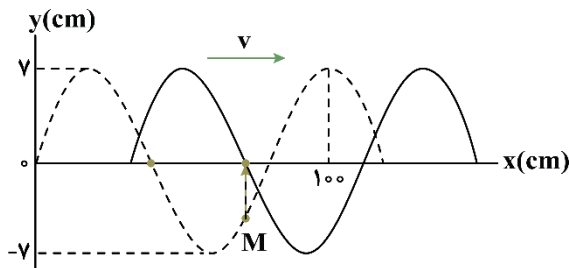
(متوسط - نموداری - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

با توجه به نمودار متوجه می‌شویم  $\frac{\Delta \lambda}{4}$  برابر ۱۰۰ cm است:

$$\frac{\Delta \lambda}{4} = 100 \Rightarrow \frac{\lambda}{4} = 20 \text{ cm}$$

با توجه به جهت انتشار موج متوجه می‌شویم برای این که سرعت ذره M بیشینه و مثبت شود، موج باید مسافت ۲۵ cm را طی کند، به دو شکل زیر دقت کنید که ذره M باید به موقعیت ذره N برسد و موج باید مسافت ۲۵ cm را طی کند.

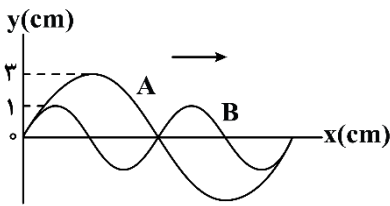


$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{0.25}{1.25} = 0.2 \text{ s}$$

گروه آموزشی ماز



۱۵- شکل زیر، نقش موج را برای دو موج A و B که در یک محیط منتشر می‌شوند، نشان می‌دهد. مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی برای موج A، چند برابر



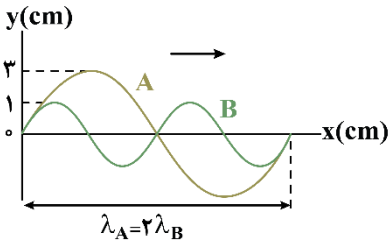
موج B است؟

- (۱)  $\frac{4}{9}$   
(۲)  $\frac{9}{4}$   
(۳)  $\frac{2}{3}$   
(۴)  $\frac{3}{2}$

(آسان - نموداری - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط) موج با مربع دامنه و مربع بسامد موج رابطه مستقیم دارد؛ بنابراین می‌توان نوشت:



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

$$\frac{P_A}{P_B} = \left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2 \times \left(\frac{f_A}{f_B}\right)^2 = \left(\frac{3}{1}\right)^2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{9}{4}$$

گروه آموزشی ماز

۱۶- در طیف امواج الکترومغناطیسی، پرتوهای گاما، فرسرخ و فرابنفش را در نظر بگیرید. در کدام گزینه، به ترتیب از راست به چپ، بسامد پرتوها بیش تر می‌شود؟

- (۱) گاما، فرابنفش، فرسرخ (۲) فرسرخ، فرابنفش، گاما (۳) فرابنفش، فرسرخ، گاما (۴) فرابنفش، گاما، فرسرخ

(آسان - خطه‌خط کتاب درسی - ۱۴۰۳)

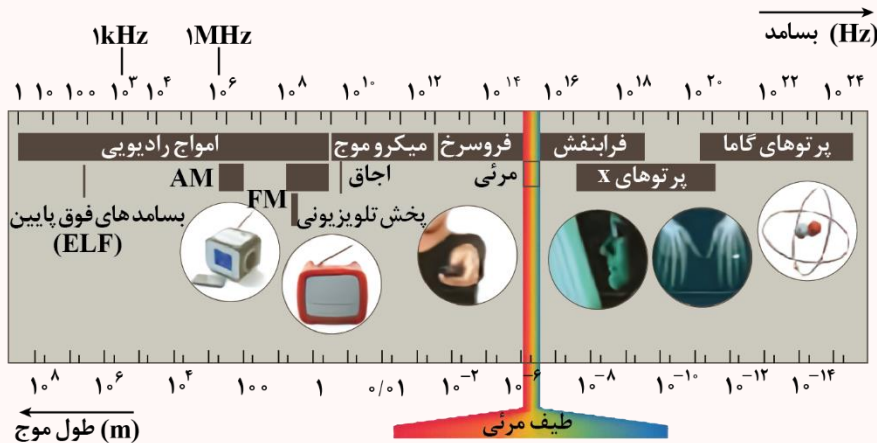
پاسخ: گزینه ۲

در بین پرتوهای داده‌شده، بسامد گاما از همه بیش تر و بسامد فرسرخ از سایر پرتوها کم تر است.

فرسرخ  $f$  > فرابنفش  $f$  > گاما  $f$

طیف امواج الکترومغناطیسی

این طیف شامل امواج رادیویی، میکروموج، فرسرخ، نور مرئی، فرابنفش، پرتوهای X و پرتوهای گاما می‌شود. همه این امواج با تندی نور در خلأ حرکت می‌کنند. طیف امواج الکترومغناطیسی به شکل زیر است که خوب است این طیف را به ترتیب بسامد و طول موج به خاطر بسپارید.



نکته

- گستره تقریبی طول موج نور مرئی ۴۰۰nm (نور بنفش) تا ۷۰۰nm (نور قرمز) است.
- در گستره نور مرئی، نور قرمز بیش‌ترین طول موج و کم‌ترین بسامد و نور بنفش کم‌ترین طول موج و بیش‌ترین بسامد را دارد.
- در طیف امواج الکترومغناطیسی، پرتوی گاما بیش‌ترین بسامد و کم‌ترین طول موج و امواج رادیویی کم‌ترین بسامد و بیش‌ترین طول موج را دارد.

گروه آموزشی ماز

۱۷- طول موج نورهای مرئی بنفش و قرمز، در هوا به ترتیب ۴۰۰nm و ۷۵۰nm است. اختلاف بسامد این دو نور چند تراهرتز است؟ ( $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

- (۱) ۳۵۰ (۲) ۳۵ (۳) ۴۰۰ (۴) ۴۰



(آسان - محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

بسامد هریک از دو نور را محاسبه می‌کنیم:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \begin{cases} f_{\text{بنفش}} = \frac{c}{\lambda_{\text{بنفش}}} = \frac{3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} = 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz} = 750 \text{ THz} \\ f_{\text{قرمز}} = \frac{c}{\lambda_{\text{قرمز}}} = \frac{3 \times 10^8}{750 \times 10^{-9}} = 4 \times 10^{14} \text{ Hz} = 400 \text{ THz} \end{cases}$$

بنابراین اختلاف بسامد آن‌ها برابر است با:

$$f_{\text{بنفش}} - f_{\text{قرمز}} = 750 - 400 = 350 \text{ THz}$$

### در مورد مشخصه‌های امواج و مفاهیم اولیه مرتبط با آن‌ها به نکات زیر توجه کنید

- ۱- امواج پیش‌رونده (طولی یا عرضی) در یک محیط، پیش‌روی می‌کنند و باعث انتقال انرژی می‌شوند. دقت کنید که موج، در محیط پیش‌روی می‌کند، ولی ذره‌های محیط فقط در جای خود نوسان می‌کنند.
- ۲- تندی انتشار امواج به ویژگی‌های محیط انتشار مرتبط است؛ بنابراین با تغییر محیط انتشار یک موج می‌توان تندی انتشار آن را تغییر داد.
- ۳- دامنه، دوره تناوب و بسامد مربوط به یک موج، همگی وابسته به چشمه تولیدکننده موج هستند و ربطی به محیط انتشار ندارند. در ادامه تعریف هریک از کمیت‌ها را مرور می‌کنیم.
- (الف) دامنه موج (A):** بیش‌ترین فاصله یک ذره از مکان تعادل آن است. به عبارتی هنگام عبور موج، هریک از ذرات محیط حرکت نوسانی انجام می‌دهند که دامنه این نوسان‌ها همان دامنه موج است.
- (ب) دوره تناوب (T):** مدت زمانی است که طول می‌کشد تا هر ذره از محیط، یک نوسان کامل انجام دهد.

$$T = \frac{t}{N}$$

t: مدت زمان      N: تعداد نوسانات کامل

**(پ) بسامد (f):** تعداد نوسان‌های کاملی است که هر ذره از محیط در یک ثانیه انجام می‌دهد.  $f = \frac{N}{t}$  بسامد و دوره تناوب عکس یکدیگر هستند.

$$f = \frac{1}{T}$$

۴- تا این‌جا دیدیم که سرعت انتشار موج را محیط آن تعیین می‌کند و دامنه، بسامد و دوره آن را چشمه موج مشخص می‌کند. کمیت دیگر مربوط به موج که هم به محیط و هم به چشمه موج بستگی دارد، طول موج است. طول موج برابر مسافتی است که موج در مدت یک دوره تناوب پیش‌روی می‌کند و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\lambda = v T = \frac{v}{f} \rightarrow \begin{array}{l} \text{وابسته به محیط} \\ \text{طول موج} \end{array}$$

### گروه آموزشی ماز

۱۸- یک دستگاه لرزه‌نگاری از یک زمین‌لرزه به فاصله ۳۰۰ کیلومتری از خود، اولین موج طولی و عرضی را با اختلاف زمانی ۲۵ ثانیه ثبت می‌کند. اگر سرعت

انتشار موج طولی برابر  $\frac{8 \text{ km}}{\text{s}}$  باشد، سرعت انتشار موج عرضی، چند کیلومتر بر ثانیه است؟

۹/۶ (۴)

۶ (۳)

۴/۸ (۲)

۲/۴ (۱)

(آسان - محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

با توجه به اختلاف زمانی رسیدن دو موج طولی و عرضی، می‌توان نوشت:

$$t_S - t_P = \Delta t \Rightarrow \frac{\Delta x}{v_S} - \frac{\Delta x}{v_P} = \Delta t \Rightarrow \frac{300}{v_S} - \frac{300}{8} = 25$$

$$\Rightarrow \frac{300}{v_S} - \frac{75}{2} = 25 \Rightarrow \frac{12}{v_S} - \frac{3}{2} = 1 \Rightarrow \frac{12}{v_S} = 1 + \frac{3}{2} = \frac{5}{2} \Rightarrow v_S = \frac{24}{5} = 4.8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

### امواج S و P در زمین‌لرزه

وقتی زمین‌لرزه رخ می‌دهد، دو نوع موج در مرکز آن تولید شده و با تندی ثابت به اطراف منتشر می‌شود. نوع اول، امواج عرضی است که آن را با (S) نشان می‌دهند و نوع دوم امواج طولی است که آن را با (P) نمایش می‌دهند. تندی امواج عرضی (S) همواره کمتر از تندی امواج طولی (P) است، در نتیجه امواج طولی (P) همواره زودتر به مقصد می‌رسند. اگر فرض کنیم نقطه‌ای در فاصله  $\Delta x$  از مرکز زمین‌لرزه باشد، امواج P در مدت  $t_P$  و امواج S، در مدت  $t_S$  این فاصله را طی می‌کنند، چون همواره  $t_S > t_P$  است، پس اختلاف زمانی رسیدن دو موج به مقصد برابر خواهد بود با:

$$\Delta t = t_S - t_P$$



از طرفی چون این امواج با تندی ثابت حرکت می‌کنند، در نتیجه می‌توان نوشت:

$$t_S = \frac{\Delta x}{v_S}, \quad t_P = \frac{\Delta x}{v_P}, \quad \Delta t = t_S - t_P \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v_S} - \frac{\Delta x}{v_P}$$

این رابطه فقط برای امواج زلزله برقرار نیست. هرگاه دو موج با تندی‌های مختلف، فاصله یکسانی را طی کنند، می‌توانیم به همین ترتیب سؤال را حل کنیم. در کتاب درسی شما این مسئله به سه حالت بیان شده است.

- ۱- امواج زلزله: امواج اولیه و ثانویه با تندی‌های مختلف فاصله بین کانون زلزله تا دستگاه لرزه‌نگار را طی می‌کنند.
- ۲- امواج صوتی درون یک لوله: امواج صوتی یک بار از طریق دیواره لوله و بار دیگر از طریق هوای درون آن، طول لوله را طی می‌کنند.
- ۳- امواج دریافتی از طعمه توسط عقرب: امواج طولی و عرضی با تندی‌های مختلف فاصله طعمه تا عقرب ماسه‌ای را طی می‌کنند.

### مثال ۱

یک دستگاه لرزه‌نگاری از یک زمین‌لرزه، دو موج، یکی طولی و دیگری عرضی به فاصله زمانی ۵۰ ثانیه ثبت می‌کند. اگر سرعت انتشار این دو موج به ترتیب  $8 \frac{km}{s}$  و

$4/8 \frac{km}{s}$  باشد، زلزله در چند کیلومتری از محل لرزه‌نگار رخ داده است؟

- ۱) ۱۶۰۰ (۲) ۱۲۰۰ (۳) ۸۰۰ (۴) ۶۰۰

پاسخ تشریحی:

موج طولی و اولیه: P، موج عرضی و ثانویه: S

$$\Delta t = \Delta x \left( \frac{1}{v_S} - \frac{1}{v_P} \right)$$

$$\Rightarrow 50 = \Delta x \left( \frac{1}{4/8} - \frac{1}{8} \right) \Rightarrow \Delta x = 50 \times \frac{4/8 \times 8}{8 - 4/8} = 60 \text{ km}$$

دقت کنید که سرعت‌ها برحسب  $\frac{km}{s}$  داده شده‌اند و با جایگذاری آن‌ها در رابطه بالا، فاصله برحسب km به دست می‌آید.

پاسخ: گزینه ۴

### مثال ۲

یک طعمه که در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از یک عقرب ماسه‌ای قرار دارد، بر اثر حرکت خود دو موج طولی و عرضی تولید می‌کند، که تندی موج طولی ۴ برابر تندی موج عرضی است. اگر این دو موج با اختلاف زمانی  $3/75 \text{ ms}$  به پای عقرب برسند، مدت زمانی که طول می‌کشد، موج طولی از طعمه به عقرب برسد چند میلی‌ثانیه است؟

- ۱) ۱/۲۵ (۲) ۱/۲۵ (۳) ۵ (۴) ۵/۵

پاسخ تشریحی:

موج عرضی:  $v_1$

موج طولی:  $v_2 = 4v_1$

طبق داده‌های سؤال اختلاف زمانی رسیدن دو موج به پای عقرب  $3/75 \text{ ms}$  می‌باشد، پس:

$$t_1 - t_2 = 3/75 \times 10^{-3} \xrightarrow{t = \frac{x}{v}} \frac{x}{v_1} - \frac{x}{v_2} = 3/75 \times 10^{-3}$$

$$\xrightarrow{\frac{x=0.2m}{v_2=4v_1}} \frac{0.2}{v_1} - \frac{0.2}{4v_1} = 3/75 \times 10^{-3} \Rightarrow \frac{0.6}{4v_1} = 3/75 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow v_1 = 40 \frac{m}{s}, \quad v_2 = 4v_1 = 160 \frac{m}{s}$$

حال مدت‌زمان رسیدن موج طولی به پای عقرب را محاسبه می‌کنیم:

$$t_2 = \frac{x}{v_2} = \frac{0.2}{160} = \frac{1}{800} = 1/25 \times 10^{-3} \text{ s} = 1/25 \text{ ms}$$

پاسخ: گزینه ۱

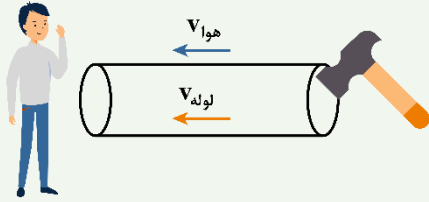


مثال ۳

به یک سر لوله توخالی بلندی به طول ۲۴۰ متر ضربه محکمی می‌زنیم. اختلاف زمانی بین دریافت دو صدا در گوش شنونده‌ای که در طرف دیگر این لوله قرار دارد، چند ثانیه است؟ (تندی صوت در هوا و لوله به ترتیب  $320 \frac{m}{s}$  و  $4800 \frac{m}{s}$  می‌باشد.)

- (۱) ۰/۰۵ (۲) ۰/۷۵ (۳) ۰/۸ (۴) ۰/۷

پاسخ تشریحی:



$$\Delta t_{\text{لوله}} - \Delta t_{\text{هوا}} = \frac{\Delta x}{v_{\text{لوله}}} - \frac{\Delta x}{v_{\text{هوا}}} = \frac{240}{320} - \frac{240}{4800} = 0.75 - 0.05 = 0.7 \text{ s}$$

پاسخ: گزینه ۴

گروه آموزشی ماز

۱۹- به یک سر میله فلزی به طول  $L$  با چکش ضربه‌ای می‌زنیم. شخصی که در سر دیگر میله ایستاده است، صدایی که از طریق هوا به او می‌رسد را  $0.6 \text{ s}$  دیرتر از صدایی که از طریق میله می‌آید، می‌شنود. اگر تندی صوت در میله فلزی، ۴ برابر تندی صوت در هوا باشد، صوت از طریق هوا چند ثانیه پس از ضربه به شخص رسیده است؟

- (۱) ۰/۶ (۲) ۰/۲ (۳) ۰/۸ (۴) باید طول میله معلوم باشد.

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول:



مطابق شکل مقابل پس از ضربه به میله ۲ صدا از طریق هوا و میله به شنونده می‌رسد؛ یعنی به دلیل اختلاف تندی انتشار صوت در میله و هوا، این دو صوت با اختلاف زمانی  $0.6$  ثانیه به شخص می‌رسد.

گام دوم:

می‌توان برای هر کدام از صداهای رسیده به شخص طبق رابطه  $L = vt$  نوشت:

$$\begin{cases} L = v_{\text{هوا}} t_1 \\ L = v_{\text{میله}} t_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{v_{\text{میله}}}{v_{\text{هوا}}} = \frac{t_1}{t_2} = 4 \Rightarrow t_1 = 4t_2 \quad (1)$$

گام سوم:

طبق گفته سؤال  $t_1 = t_2 + 0.6$ ، پس داریم:

زمان رسیدن صوت به شنونده از طریق میله:

$$\begin{cases} t_1 = t_2 + 0.6 \\ t_1 = 4t_2 \end{cases} \Rightarrow 4t_2 = t_2 + 0.6 \Rightarrow 3t_2 = 0.6 \Rightarrow t_2 = 0.2 \text{ s} \quad (2)$$

گام آخر:

خواسته سؤال، زمان رسیدن صوت به شنونده از طریق هوا ( $t_1$ ) می‌باشد:

$$\xrightarrow{(1),(2)} t_1 = 4t_2 = 4(0.2) = 0.8 \text{ s}$$

گروه آموزشی ماز

۲۰- یک گیرنده صوتی به مساحت  $2 \text{ cm}^2$  در فاصله ۵ متری از یک منبع صوتی و عمود بر راستای انتشار صوت قرار دارد. اگر تراز شدت صوت در مکان گیرنده برابر ۸۹ دسی‌بل باشد، توان منبع چند میلی‌وات است؟ ( $\log 2 = 0.3$ ,  $\pi = 3$ ,  $I_0 = 10^{-6} \frac{\mu\text{W}}{\text{m}^2}$  و از جذب انرژی صوتی توسط محیط صرف نظر شود.)

- (۱) ۱۲۰ (۲) ۲۴۰ (۳)  $1/6 \times 10^{-4}$  (۴)  $3/2 \times 10^{-4}$

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

ابتدا شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 89 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 8.9 = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$\Rightarrow 8 + 3 \times 0.3 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow \log 10^8 + \log 2^3 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 8 \times 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$



سپس با داشتن فاصله گیرنده از منبع صوت، توان منبع صوت را به دست می آوریم:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow 8 \times 10^{-2} = \frac{P}{4 \times 3 \times 5^2}$$

$$P = 0.24 \text{ W} = 240 \text{ mW}$$

### شدت صوت و تراز شدت صوت

شدت یک موج صوتی (I) در یک سطح برابر با آهنگ متوسط انرژی ای است که توسط موج به واحد سطح، عمود بر راستای انتشار صوت می رسد.

$$I = \frac{E}{At} = \frac{P_{av}}{A}$$

### تراز شدت صوت:

کمیتی است که برای درک انسان از بلندی صوت به صورت رابطه زیر تعریف می شود:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (dB)} \quad (I_0 \text{ شدت صوت مبنا})$$

یکای تراز شدت صوت دسی بل (dB) است.

### مقایسه شدت و تراز شدت صوت

۱- برای مقایسه تراز شدت دو صوت داریم:

$$\begin{cases} \beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \\ \beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} \end{cases} \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

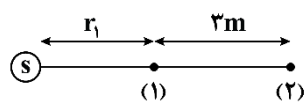
۲- شدت یک صوت به بسامد منبع صوت، دامنه صوت و همین طور فاصله شنونده از منبع بستگی دارد.

$$I \propto \frac{A^2 f^2}{r^2} \rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

با کمک رابطه فوق می توانیم شدت دو صوت را مقایسه کنیم.

### گروه آموزشی ماز

۲۱- در شکل زیر، تراز شدت صوت منبع S در نقطه (۱) برابر ۱۰۵dB و شدت صوت در نقطه (۲) برابر  $\frac{W}{m^2} \times 10^{-3} / 8 \times 4$  می باشد.  $r_1$  برابر چند متر است؟



$$\left( I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}, \log 3 = 0.5 \right) \text{ و از جذب انرژی صوتی توسط محیط صرف نظر شود.}$$

۳ (۲)

۴ (۱)

۱ (۴)

۲ (۳)

(سخت - محاسباتی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

ابتدا شدت صوت را در نقطه (۱) محاسبه می کنیم:

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow 105 = 10 \log \frac{I_1}{10^{-12}}$$

$$\Rightarrow 10 + 0.5 = \log \frac{I_1}{10^{-12}} \Rightarrow \log 10^1 + \log 3 = \log \frac{I_1}{10^{-12}} \Rightarrow I_1 = 3 \times 10^{-2} \frac{W}{m^2}$$

می دانیم که شدت صوت با مجذور فاصله از چشمه رابطه عکس دارد، پس:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{4/8 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-2}} = \left(\frac{r_1}{r_1 + 3}\right)^2$$

$$\Rightarrow 0.16 = \left(\frac{r_1}{r_1 + 3}\right)^2 \Rightarrow 0.4 = \frac{r_1}{r_1 + 3} \Rightarrow r_1 = 2 \text{ m}$$

### گروه آموزشی ماز



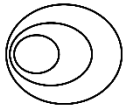
۲۲- شکل زیر، جبهه‌های موج حاصل از چشمه صوت که با تندی  $v$  حرکت می‌کند را نشان می‌دهد. اگر  $f_s$  و  $\lambda_s$  به ترتیب بسامد و طول موج صوت انتشار یافته از چشمه صوت در حالت ساکن و  $f_0$  و  $\lambda_0$  به ترتیب بسامد و طول موج دریافتی توسط شنونده می‌باشد. کدام گزینه صحیح است؟

(۱) صوت  $\lambda_0 > \lambda_s$  ،  $f_0 < f_s$  ،  $v > v$

(۲) صوت  $\lambda_0 > \lambda_s$  ،  $f_0 < f_s$  ،  $v < v$

(۳) صوت  $\lambda_0 = \lambda_s$  ،  $f_0 < f_s$  ،  $v < v$

(۴) صوت  $\lambda_0 = \lambda_s$  ،  $f_0 > f_s$  ،  $v > v$



(آسان - مفهومی - ۱۴۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

**گام اول:**

با توجه به جبهه‌های موج متوجه می‌شویم که چشمه موج در حال حرکت به سمت چپ می‌باشد و تندی آن از تندی انتشار صوت نیز کم‌تر است.  
صوت  $v < v$

**گام دوم:**

از آنجاکه چشمه موج در حال دور شدن از شنونده می‌باشد پس طبق نتایج اثر دوپلر  $f_0 < f_s$  می‌باشد و شنونده صدای بم‌تری از صدای تولیدی توسط چشمه را احساس می‌کند.

**گام آخر:**

چون چشمه صوت، در حال دور شدن از شنونده ساکن است،  $\lambda_0 > \lambda_s$  خواهد بود.  
با توجه به توضیحات فوق گزینه (۲) صحیح می‌باشد.

**اثر دوپلر**

هنگامی که شنونده (ناظر) و چشمه تولیدکننده صوت نسبت به یکدیگر در حال حرکت باشند، بسامدی که ناظر از موج تولیدشده دریافت می‌کند، متفاوت با بسامدی است که چشمه تولید کرده است، به این پدیده اثر دوپلر می‌گویند.

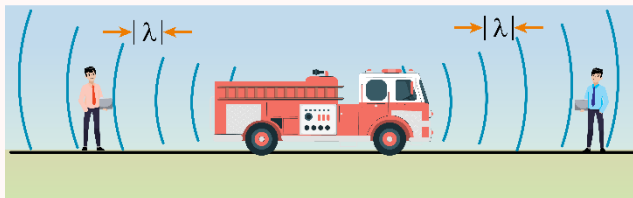
**نکته**

اثر دوپلر هم برای امواج صوتی صادق است هم امواج الکترومغناطیسی.

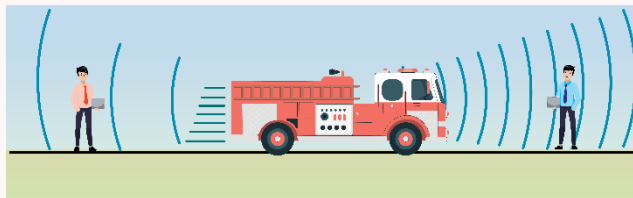
**طول موج دریافتی**

دو حالت کلی در مورد طول موج دریافتی توسط ناظر وجود دارد:

**حالت ۱:** اگر چشمه ساکن باشد، طول موج امواج در جلو و عقب چشمه برابر خواهد بود.



**حالت ۲:** اگر چشمه حرکت کند، فاصله جبهه‌های موج در جلوی چشمه، کمتر از پشت آن خواهد بود، در نتیجه ناظری که در جلوی چشمه قرار دارد، طول موج را کوتاه‌تر و ناظری که در پشت چشمه قرار دارد، طول موج را بلندتر دریافت خواهد کرد.



افزایش طول موج

کاهش طول موج

**نکته**

حرکت ناظر در تغییرات طول موج دریافتی تأثیری ندارد.

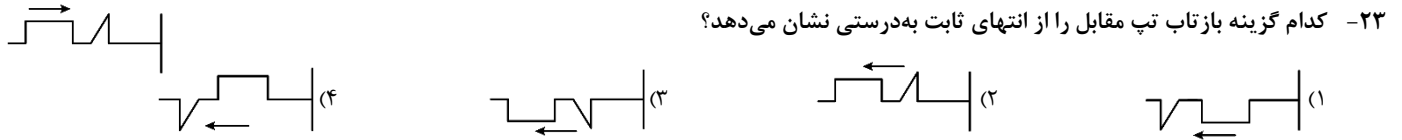
**بسامد دریافتی**

در مورد بسامد دریافتی توسط ناظر، هم حرکت ناظر مهم است، هم حرکت چشمه صوت. در این‌جا ۳ حالت کلی داریم:

**حالت ۱:** اگر فاصله ناظر و چشمه ثابت باشد، بسامد صوت دریافتی توسط ناظر با بسامد تولیدشده توسط چشمه برابر خواهد بود.

**حالت ۲:** اگر فاصله ناظر و چشمه افزایش یابد، بسامد صوت دریافتی توسط ناظر کمتر از بسامد تولیدشده توسط چشمه خواهد بود.

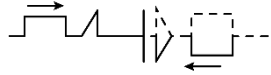
**حالت ۳:** اگر فاصله ناظر و چشمه کاهش یابد، بسامد صوت دریافتی توسط ناظر بیشتر از بسامد تولیدشده توسط چشمه خواهد بود.



(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

در یک طناب کشیده وقتی یک تپ عرضی از انتهای ثابت آن بازتاب می‌شود، آن قسمت از تپ که در جلو قرار دارد، همچنان در جلو قرار خواهد داشت. همچنین وقتی تپ به مرز می‌رسد، نیرویی به تکیه‌گاه وارد می‌کند که طبق قانون سوم نیوتون تکیه‌گاه نیز نیرویی با اندازه برابر و در جهت مخالف به طناب وارد می‌کند. این نیرو تپی در طناب ایجاد می‌کند که در جهت مخالف تپ تابیده، بازتاب می‌شود؛ بنابراین داریم:



**تذکره!**

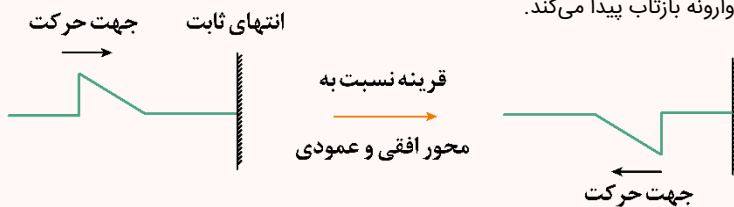
در حل چنین سؤالاتی کافی است شکل تپ را یک بار نسبت به محور افقی و بار دیگر نسبت به محور عمودی قرینه کنید:

۱- **تقارن نسبت به محور افقی:** در انتهای ثابت طبق قانون سوم نیوتون تپ به صورت وارونه بازتاب می‌شود.

۲- **تقارن نسبت به محور عمودی:** چون حرکت موج با تندی ثابت انجام می‌شود قسمتی از تپ که زودتر ساخته می‌شود همواره جلوتر است (هم در رفت و هم در برگشت).

### بازتاب امواج از انتهای ثابت

وقتی یک تپ به انتهای ثابت می‌رسد، طبق قانون سوم نیوتون، تپ به صورت وارونه بازتاب پیدا می‌کند.



برای رسم تپ بازتاب، کافیست تپ تابیده را نسبت به محور افقی و سپس عمودی، قرینه کنید.

تندی موج از رابطه  $v = \frac{l}{\Delta t}$  که  $l$  مسافت طی شده در مدت زمان  $\Delta t$  است، به دست می‌آید.

### گروه آموزشی ماز

۲۴- چند مورد از موارد زیر در مورد پدیده بازتاب نادرست است؟

الف: اگر مجموعه‌ای از پرتوهای موازی به یک سطح ناهموار بتابند، پرتوهای بازتاب موازی نخواهند بود. چون در سطح نامنظم زاویه تابش و بازتاب برابر نمی‌باشد.

ب: ناهمواری‌های کاغذ بسیار بزرگ‌تر از  $1 \mu\text{m}$  هستند و با توجه به این که طول موج نور مرئی در حدود  $0.5 \mu\text{m}$  است، پس سطح کاغذ برای نور مرئی، ناهموار محسوب می‌شود.

پ: در رادار دوپلری، از امواج فراصوت برای مکان‌یابی پژواکی و تعیین تندی خودروها استفاده می‌شود.

ت: از مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر می‌توان برای تعیین تندی شارش خون در رگ‌ها استفاده کرد.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

۱ (صفر)

(آسان - خطبه‌خط کتاب درسی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

با توجه به مطالب درس‌نامه زیر موارد «ب» و «ت» درست است.

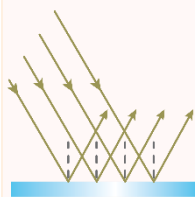
### بررسی موارد نادرست:

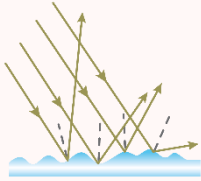
**الف** قانون بازتاب عمومی برای تمامی امواج و تمامی سطوح برقرار است.

**پ** در رادار دوپلری از امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌شود نه امواج فراصوت.

### درس‌نامه

هر سطحی مثل سطح کاغذ دارای ناهمواری‌هایی بسیار کوچک است که ممکن است با چشم دیده نشوند اگر این ناهمواری‌ها از طول موج نور کوچک‌تر باشند، آن سطح از نظر ما صیقلی و هموار (مثل آینه) به شمار می‌رود در این حالت اگر یک مجموعه از پرتوهای موازی به سطح بتابند، چنان‌که در شکل مقابل می‌بینید پرتوهای بازتاب نیز موازی خواهند بود. چنین بازتابی را **بازتاب آینه‌ای** یا **منظم** می‌نامیم.





در صورتی که ناهمواری‌های سطحی در مقایسه با طول موج نور تابیده به سطح، بزرگ باشند، آن سطح را ناهموار می‌دانیم و بازتابش نور از آن سطح را **بازتاب پخشنده** یا **نامنظم** می‌نامیم. در این حالت، اگر همانند شکل مقابل مجموعه‌ای از پرتوهای موازی به سطح بتابند، پرتوهای بازتاب موازی نخواهند بود و بسته به این که به کجای ناهمواری‌ها برخورد کنند با زاویه‌هایی متفاوت بازتابیده می‌شوند.

**فناوری و کاربرد: مکان‌یابی پژواکی**

مکان‌یابی پژواکی روشی است که بر اساس امواج صوتی بازتابیده از یک جسم، مکان آن جسم را تعیین می‌کند. مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آن‌ها به کار می‌رود.

**مثال ۱:** خفاش‌ها از مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر برای شناسایی و شکار طعمه‌های خود استفاده می‌کنند. برخی از جانوران نظیر خفاش و دلفین از مکان‌یابی پژواکی استفاده می‌کنند خفاش، فورانی از امواج فراصوتی را گسیل می‌کند که این بسته به نوع خفاش از دهان یا سوراخ‌های بینی آن گسیل می‌شود. این امواج از اشیایی که در مسیر خفاش قرار دارند باز می‌تابد و بدین ترتیب خفاش را از اشیایی که بر سر راه او قرار دارند آگاه می‌سازد. البته بسته به این که شیء بازتابنده، خود خفاش، یا هر دو متحرک باشند، خفاش تغییر بسامدی ناشی از اثر دوپلر را در موج بازتابیده ادراک می‌کند و بدین وسیله می‌تواند سرعت خود یا شیء متحرک را تعیین کند.

**مثال ۲:** در دستگاه سونار که در کشتی‌ها برای مکان‌یابی اجسام زیر آب به کار می‌رود و در سونوگرافی نیز از مکان‌یابی پژواکی استفاده می‌شود. از مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر می‌توان برای تعیین تندی شارش خون (گویچه‌های قرمز) در رگ‌ها استفاده کرد.

**امواج مکانیکی**

**۱-** تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آن‌ها، سونار، سونوگرافی، اندازه‌گیری تندی شارش خون، وال عنبر، خفاش: مکان‌یابی پژواکی امواج مکانیکی (فراصوت) به همراه اثر دوپلر

**۲-** میکروفون سهموی (ثبت صداهای ضعیف): استفاده از سطح کاو سهموی و کانونی کردن امواج صوتی در یک گیرنده  
اساس کار: بازتاب پرتوهای صوتی

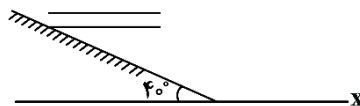
**۳-** دستگاه لیتوتریپسی (شکستن سنگ‌های کلیه): بازتابنده‌های بیضوی استفاده از امواج مکانیکی فراصوت

**امواج الکترومغناطیسی**

- ۱-** رادار دوپلری (تعیین تندی خودروها): مکان‌یابی پژواکی امواج الکترومغناطیسی (اصولاً فرسرخ و میکروموج) به همراه پدیده دوپلر
- ۲-** اجاق‌های خورشیدی (گرم کردن آب و مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی): بازتاب امواج الکترومغناطیسی (فروسرخ)
- ۳-** دریافت امواج رادیویی توسط آنتن‌های بشقابی

**گروه آموزشی ماز**

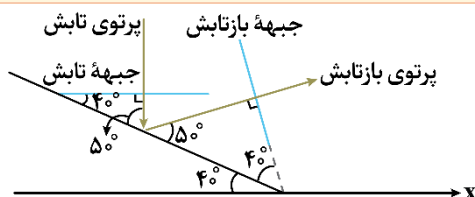
**۲۵-** مطابق شکل زیر، جبهه‌های موج تختی به سطح یک مانع تخت برخورد می‌کنند. اگر جبهه‌های موج فرودی موازی محور  $X$  باشند، زاویه تند بین جبهه‌های بازتابیده از مانع با محور  $X$  چند درجه است؟



- ۸۰ (۱)
- ۴۰ (۳)
- ۱۰ (۲)
- ۵۰ (۴)

(متوسط - مفهومی/محاسباتی - ۱۴۰۴)

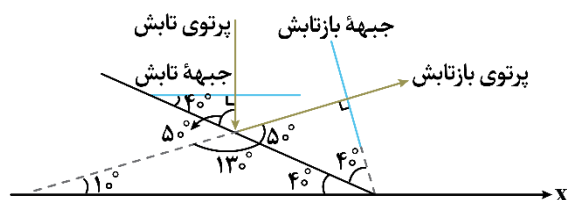
پاسخ: گزینه ۱



با توجه به شکل، زاویه تابش  $40^\circ$  درجه است. از قانون بازتاب می‌دانیم که زاویه تابش و بازتابش باهم برابرند، پس زاویه بازتابش هم  $40^\circ$  درجه است.

پس جبهه بازتابش با محور  $X$  زاویه  $80^\circ$  درجه ساخته است.

می‌توانستیم زاویه بازتابش با محور  $X$  را به دست آورده و آن را از  $90^\circ$  کم کنیم.

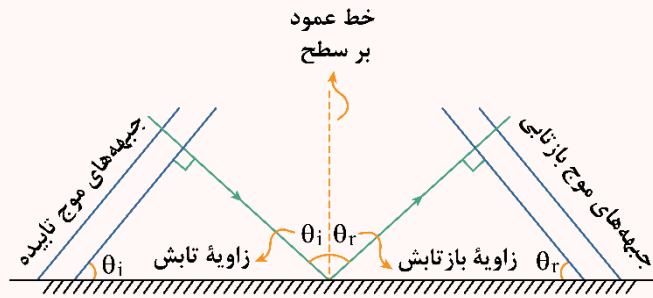


$80 = 90 - 10 = 90 - 10 = 80$  زاویه جبهه بازتابش با محور  $X \Rightarrow 10 =$  زاویه پرتو بازتابش و محور  $X$



بازتاب امواج

**قانون بازتاب عمومی:** در برخورد همه انواع موج به یک سطح، زاویه تابش و زاویه بازتابش باهم برابرند. پرتوی تابیده، پرتوی بازتابیده و خط عمود بر سطح، در هر تابش در یک صفحه قرار دارند.



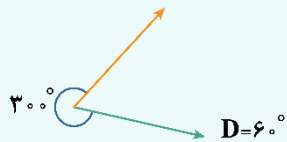
در مورد شکل بالا به دو مورد زیر توجه کنید:

- ۱- زاویه‌ای که پرتوی تابش با خط عمود بر سطح می‌سازد و زاویه‌ای که جبهه‌های موج تابشی با خود سطح می‌سازند باهم برابرند و هر دو مساوی زاویه تابش هستند.
- ۲- زاویه‌ای که پرتوی بازتابش با خط عمود بر سطح می‌سازد و زاویه‌ای که جبهه‌های موج بازتاب با خود سطح می‌سازند باهم برابرند و هر دو مساوی زاویه بازتابش هستند.

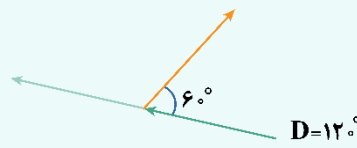
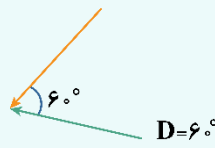
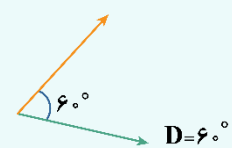
نکات مربوط به محاسبه زاویه‌ها

برای به دست آوردن زاویه بین دو بردار، دو قرارداد وجود دارد:

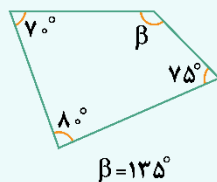
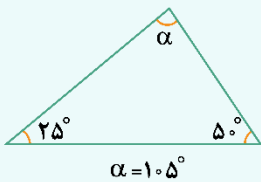
- ۱- زاویه بین دو بردار باید بین صفر و ۱۸۰ درجه باشد.



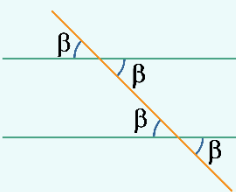
- ۲- زاویه بین دو بردار، همواره باید زاویه بین دو ابتدا یا انتها باشد.



مجموع زوایای داخلی یک مثلث، ۱۸۰ درجه و چهارضلعی، ۳۶۰ درجه است.



اگر یک خط مورب دو خط موازی را قطع کند، زوایای متقابل به رأس، دایره دو باهم برابر خواهند شد.

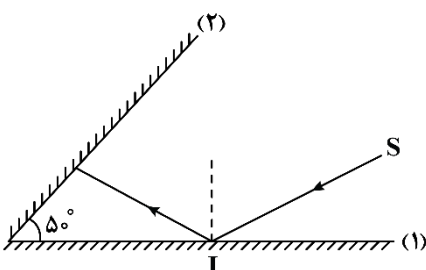


برای محاسبه زاویه انحراف پرتوی اولیه و پرتوی نهایی را ادامه می‌دهیم تا یکدیگر را قطع کنند. زاویه ساخته شده همان زاویه انحراف است.

گروه آموزشی ماز

- ۲۶- مطابق شکل زیر، پرتوی SI به آینه تخت (۱) می‌تابد و پس از بازتاب به آینه تخت (۲) می‌تابد. اگر در دومین بازتاب از آینه (۱)، پرتوی نور موازی آینه (۲) شود، زاویه انحراف بین پرتوی ورودی به مجموعه و خروجی از مجموعه چند درجه است؟

- ۸۰ (۱)
- ۱۳۰ (۲)
- ۱۶۰ (۳)
- ۱۸۰ (۴)

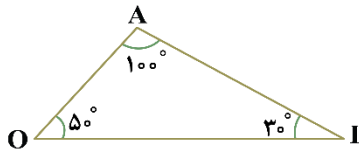
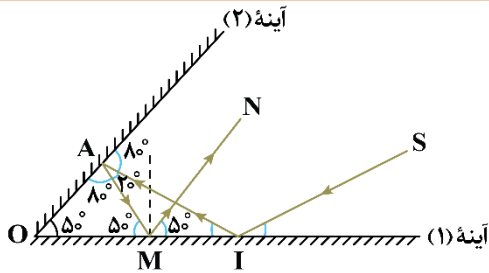




(سخت - مفهومی/محاسباتی - ۱۴۰۴)

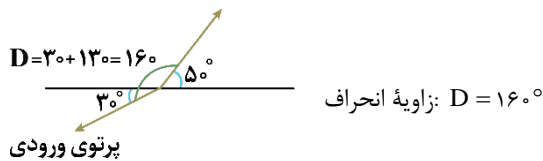
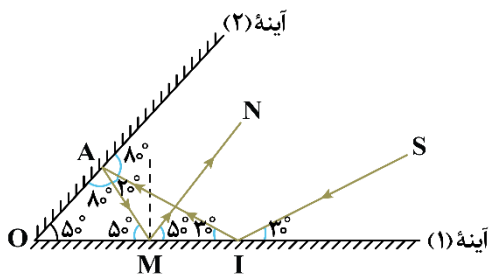
پاسخ: گزینه ۳

با توجه به این که پرتوی خروجی از مجموعه موازی آینه (۲) است، زاویه بین این پرتو و سطح آینه (۱) برابر  $50^\circ$  است و می توان نوشت:



حال با توجه به مثلث OAI متوجه می شویم زاویه بین پرتوی SI و آینه (۱) برابر  $30^\circ$  درجه است.

یعنی داریم:



حال زاویه انحراف بین پرتوی ورودی به مجموعه و خروجی از مجموعه را به دست می آوریم:

گروه آموزشی ماز

۲۷- پرتوی نوری از محیطی به ضریب شکست  $n_1$  وارد محیطی به ضریب شکست  $n_2$  می شود. اگر در اثر این تغییر محیط، ضریب شکست  $20\%$  درصد کاهش

یابد و تندی نور  $5 \times 10^7 \frac{m}{s}$  تغییر کند،  $n_1$  چقدر است؟ ( $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

۲ (۴)

۱/۵ (۳)

۱/۲ (۲)

۱ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

چون ضریب شکست کم شده پس تندی افزایش می یابد.

$$n_2 = n_1 - \frac{20}{100} n_1 = \frac{4}{5} n_1$$

$$v_2 = v_1 + 5 \times 10^7$$

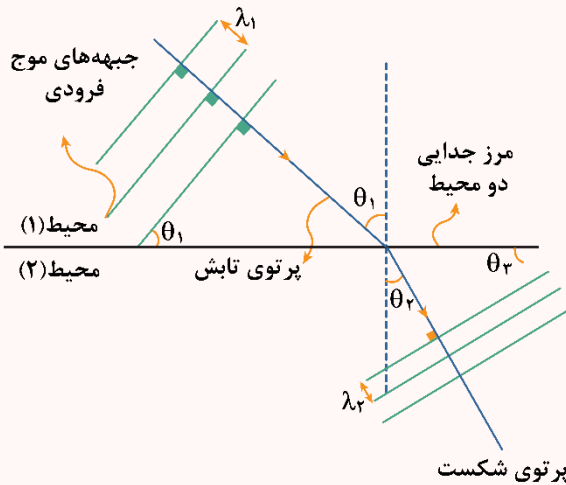
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\frac{4}{5} n_1}{n_1} = \frac{v_1}{v_1 + 5 \times 10^7} \Rightarrow v_1 = 2 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow n_1 = \frac{c}{v_1} \Rightarrow n_1 = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8} = 1/5$$



شکست موج

هنگامی که پرتوهای نور از یک محیط وارد محیط دیگری می‌شوند، به دلیل تغییر در تندی انتشار موج، از مسیر حرکت خود منحرف می‌شوند. همچنین تندی موج و طول موج تغییر پیدا می‌کنند. روابط بین این کمیت‌ها به صورت زیر است:



$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

قانون شکست اسنل  
قانون شکست عمومی

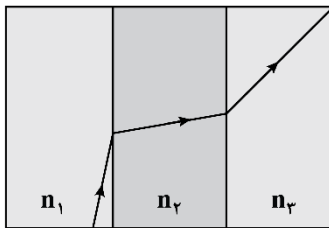
با توجه به رابطه بالا، اگر ضریب شکست محیط دوم از محیط اول بیشتر باشد ( $n_2 > n_1$ )، پرتوی شکست به خط عمود نزدیک می‌شود و برعکس.

تذکره

در حالت خاص، اگر پرتوی موج، عمود بر سطح جدایی دو محیط بتابد، بدون انحراف وارد محیط دوم می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۲۸- یک پرتوی موج الکترومغناطیسی مسیری مطابق شکل زیر را در سه محیط طی کرده است. چند مورد از موارد زیر در مقایسه طول موج، تندی، بسامد و ضریب شکست در سه محیط درست است؟



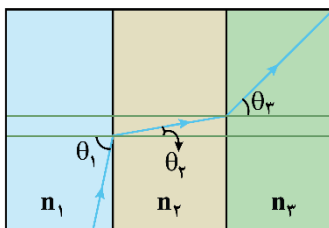
- ۳ (۲)
- ۱ (۴)

- الف:  $v_1 > v_3 > v_2$
- ب:  $\lambda_1 > \lambda_3 > \lambda_2$
- پ:  $n_1 < n_3 < n_2$
- ت:  $f_1 = f_3 = f_2$

- ۴ (۱)
- ۲ (۳)

(آسان - مفهومی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۱



برای مقایسه تندی، ابتدا خط عمود را رسم کرده و زاویه پرتو با خط عمود را در هر یک از محیط‌ها مشخص می‌کنیم:

با توجه به این که  $n \propto \frac{1}{\sin \theta} \propto \frac{1}{v} \propto \frac{1}{\lambda}$  می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت:

$$\theta_1 > \theta_3 > \theta_2 \Rightarrow \begin{cases} v_1 > v_3 > v_2 \\ \lambda_1 > \lambda_3 > \lambda_2 \\ n_1 < n_3 < n_2 \end{cases}$$

بسامد به محیط بستگی ندارد پس بسامد ثابت می‌ماند.

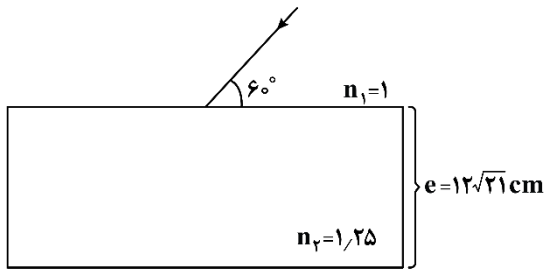
$$f_1 = f_3 = f_2$$

بنابراین هر چهار مورد درست است.

گروه آموزشی ماز



۲۹- پرتوی نوری مطابق شکل زیر، به یک تیغه شیشه‌ای با ضریب شکست  $1/25$  برخورد می‌کند. این پرتو پس از چند نانوثانیه از تیغه شیشه‌ای خارج می‌شود؟ ( $C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

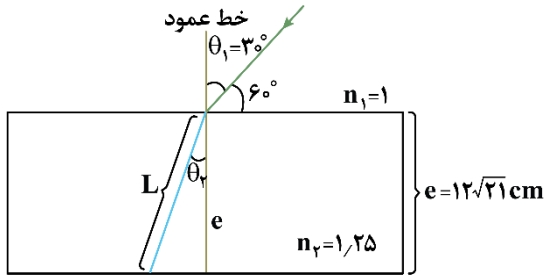


- می‌شود؟ ( $C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )
- ۱)  $2/5$
  - ۲)  $2/5\sqrt{21}$
  - ۳)  $1/25$
  - ۴)  $1/25\sqrt{21}$

(سخت - محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۱

مسیر نور را در تیغه شیشه‌ای رسم می‌کنیم:



حال طبق قانون شکست اسنل،  $\sin \theta_2$  را به دست می‌آوریم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \sin 3^\circ = 1/25 \sin \theta_2$$

$$\Rightarrow \sin \theta_2 = 0/4$$

$$\cos \theta_2 = \sqrt{1 - \sin^2 \theta_2} = \sqrt{1 - 0/16} \Rightarrow \cos \theta_2 = \sqrt{15/16}$$

$$\Rightarrow \cos \theta_2 = 0/2\sqrt{21}$$

$$\cos \theta_2 = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{e}{L} \Rightarrow L = \frac{e}{\cos \theta_2}$$

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n}$$

$$\text{مدت زمانی که نور در تیغه شیشه‌ای حرکت می‌کند.} \Delta t = \frac{L}{v} = \frac{L = \frac{e}{\cos \theta_2}}{v = \frac{c}{n}} \rightarrow \Delta t = \frac{e}{\frac{c}{n} \cos \theta_2} = \frac{en}{c \times \cos \theta_2}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{12\sqrt{21} \times 10^{-2} \times 1/25}{3 \times 10^8 \times 0/2\sqrt{21}} = 2/5 \times 10^{-9} s = 2/5 ns$$

گروه آموزشی ماز

۳۰- کدام گزینه در مورد پدیده سراب نادرست است؟

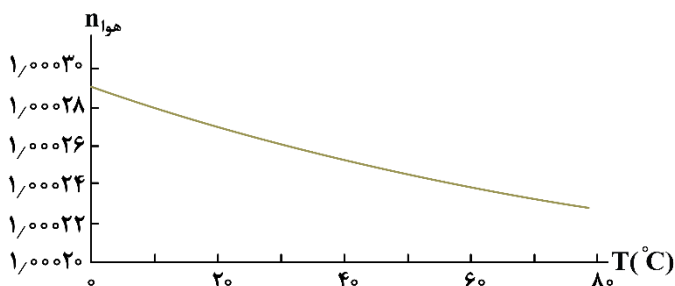
- ۱) تغییر جبهه‌های موج و خمیدگی مربوط به آن، به این دلیل رخ می‌دهد که انتهای پایین جبهه‌های موج در هوای گرم‌تر سریع‌تر حرکت می‌کنند.
- ۲) پدیده سراب اصولاً در روزهای گرم که هوای سطح زمین نسبتاً داغ است رخ می‌دهد.
- ۳) هرچه از سطح زمین بالا برویم، ضریب شکست هوا زیادتر می‌شود.
- ۴) هرچه دمای هوا بیشتر باشد، چگالی آن بیشتر است و به همین دلیل ضریب شکست کم‌تری نیز دارد.

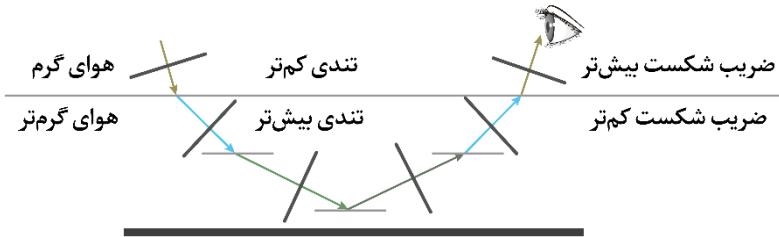
(آسان - خطبه‌خط کتاب درسی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

بررسی سایر گزینه‌ها:

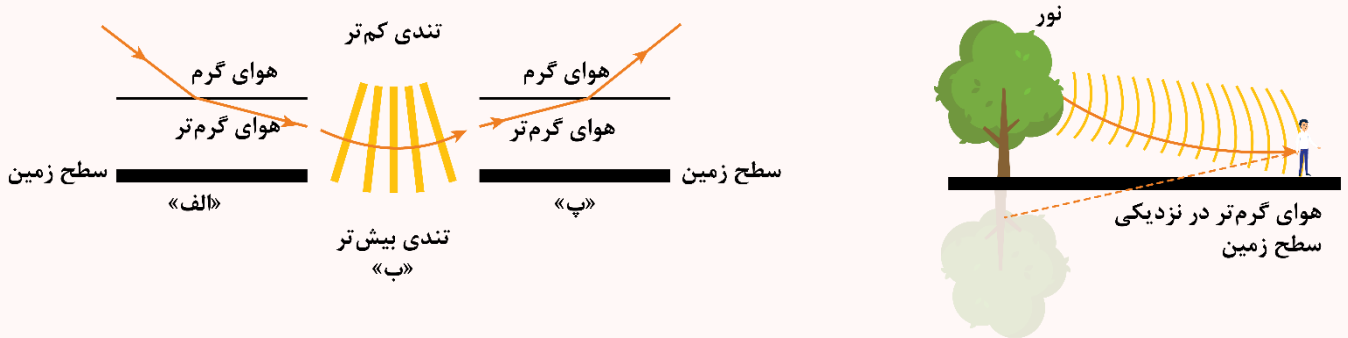
- ۴) هرچه دمای هوا بیشتر باشد چگالی (غلظت) آن کم‌تر است و به همین دلیل ضریب شکست کم‌تری نیز دارد. (×)



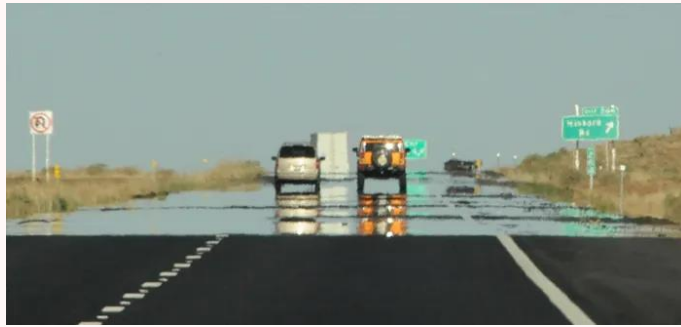


**سراب**

چگالی و ضریب شکست هوای گرم، کوچکتر از چگالی و ضریب شکست هوای سرد است. در روزهای گرم سال با پایین آمدن جبهه‌های موج (نور) و رسیدن آن‌ها به هوای گرم سطح زمین (ضریب شکست کوچکتر) پرتوهای موج از خط عمود دورتر شده و به سمت افق خم می‌شوند و پدیده سراب ایجاد می‌شود.



پدیده سراب را هم می‌توان دید هم از آن عکس گرفت.



◆ گروه آموزشی ماز ◆

۳۱- چه تعداد از عبارتهای زیر در مورد پدیده پراش صحیح است؟

الف: تحلیل نقش پراش مبتنی بر تداخل امواج است.

ب: هنگام برخورد امواج به مانعی با ابعاد حدود طول موج پدیده پراش مشاهده می‌شود.

پ: در برخورد نور مرئی به دیوار، پدیده پراش به وضوح رخ نمی‌دهد و سایه ایجاد می‌شود.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

۱ (صفر)

(آسان - خطبه خط کتاب درسی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۴

با توجه به متن کتاب درسی، هر سه عبارت صحیح هستند.

با توجه به این که ابعاد یک دیوار معمولی از طول موج نور مرئی خیلی بزرگتر است در برخورد نور مرئی به دیوار پدیده پراش رخ نمی‌دهد و سایه ایجاد می‌شود.

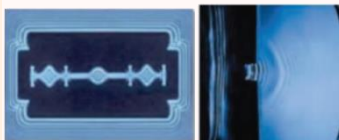
**پراش**

اگر در مسیر پیش‌روی یک موج، مانعی قرار گیرد، بخشی از موج در برخورد به مانع توسط آن جذب یا بازتاب می‌شود و به پشت مانع نمی‌رسد؛ اما بخش دیگری از موج از لبه‌های مانع و یا شکاف‌های موجود در آن می‌گذرد. اگر ابعاد مانع یا شکاف در حدود طول موج باشد، قسمتی از موج که از لبه‌ها یا شکاف عبور می‌کند، به وضوح به اطراف مانع یا شکاف گسترده می‌شود. این پدیده، پراش موج نامیده می‌شود. هر چه ابعاد مانع یا شکاف به طول موج نزدیکتر باشد، پدیده پراش واضح‌تر رخ می‌دهد. همچنین پراش برای همه انواع موج‌ها می‌تواند رخ دهد.

✓ پراش در واقع صرفاً یک گستردگی بیش‌تر موج است و مثلاً اگر پراش نوری تکفام

از یک شکاف باریک یا لبه تیز را مشاهده کنیم همواره نوارهای تاریک و روشنی

به نام «نقش پراش» را موازی با لبه‌های شکاف مشاهده خواهیم کرد.





مثال

یک موج الکترومغناطیسی با بسامد ۲GHz در محیط درحال انتشار است. اگر این موج در مسیر خود به یک مانع برخورد کند، ابعاد لبه‌های مانع در حدود چند سانتی‌متر می‌تواند باشد تا موج در برخورد به این لبه‌ها به‌وضوح پراشیده شود؟ ( $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

پاسخ تشریحی:

ابعاد لبه مانع باید در حدود طول موج باشد. پس ابتدا طول موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^9} = 0.15m = 15cm$$

پس چنانچه ابعاد لبه مانع در حدود ۱۵cm باشد پدیده پراش به‌وضوح رخ خواهد داد.

گروه آموزشی ماز

۳۲- در یک تار دو سر بسته، یکی از بسامدهای تشدید ۲۴۰Hz و بسامد تشدید پس از آن برابر ۳۰۰Hz است. بسامد ۳۰۰Hz هماهنگ چندم این تار محسوب شده و بسامد هماهنگ هشتم این تار چند هر تراز است؟

(۴) ششم، ۴۸۰

(۳) پنجم، ۴۸۰

(۲) ششم، ۴۲۰

(۱) پنجم، ۴۲۰

(آسان - مفهومی/محاسباتی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

اختلاف بسامد دو هماهنگ متوالی، برابر بسامد هماهنگ اصلی (اول) تار است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$f_1 = 300 - 240 = 60 \text{ Hz}$$

از طرفی می‌دانیم بسامد هماهنگ n ام یک تار دو سر بسته، n برابر بسامد اصلی آن است؛ بنابراین داریم:

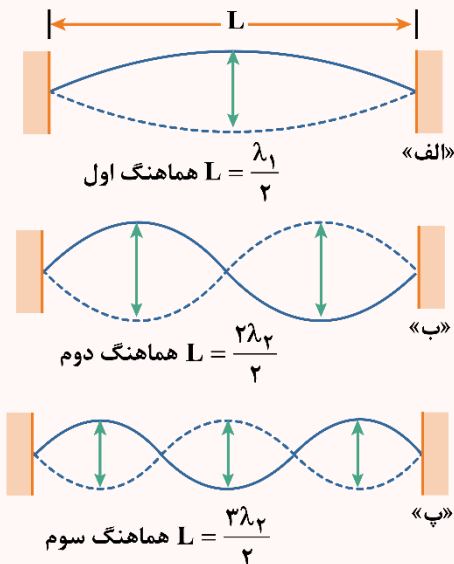
$$f_n = n f_1 \Rightarrow 300 = n \times 60 \Rightarrow n = 5 \text{ هماهنگ پنجم}$$

بسامد هماهنگ هشتم این تار برابر است با:

$$f_n = n f_1 = 8 \times 60 = 480 \text{ Hz}$$

تار دو سر بسته

یک ریسمان (تار) را درنظر بگیرید که دو سر آن محکم به نقاط ثابتی بسته شده است. هنگامی که موجی در این تار ایجاد شود، به دلیل تداخل موج اصلی با موج بازتاب، درون تار موج ایستاده ایجاد می‌شود. شکل زیر سه هماهنگ اول را در یک تار نشان می‌دهد.



در مورد موج ایستاده در تار دوسر بسته به نکات زیر توجه کنید:

۱- طول تار مضرب صحیحی از نصف طول موج است.

در رابطه بالا، n شماره هماهنگ است.

۲- بسامد هماهنگ n ام تار برابر است با:

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

$$f_n = \frac{nv}{2L}$$

بسامد هماهنگ n ام:  $f_n$

تندی انتشار موج در تار:  $v$  طول تار:  $L$



۳- در سؤالات ترکیبی، ممکن است نیاز باشد تندی انتشار موج در طناب ( $v$ ) را خودتان از رابطه  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$  محاسبه کنید.

$$\begin{cases} f_n = \frac{nv}{2L} \\ v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} \end{cases} \rightarrow f_n = \frac{n}{2L} \times \sqrt{\frac{FL}{m}} = \frac{n}{2} \sqrt{\frac{F}{Lm}}$$

نیازی به حفظ کردن رابطه فوق نیست و فقط یادتان باشد باید گاهی  $v$  را خودتان محاسبه کنید.

۴- هماهنگ اول تار را، هماهنگ اصلی آن می‌نامند. بسامد هماهنگ  $n$ ام،  $n$  برابر بسامد هماهنگ اصلی است.

$$f_1 = \frac{v}{2L}, f_n = nf_1$$

۵- اختلاف دو بسامد متوالی یک تار دوسر بسته، همواره برابر بسامد اصلی آن است؛ بنابراین اگر بسامدهای متوالی یک تار را به ما دادند، می‌توان با محاسبه اختلاف دو بسامد متوالی، بسامد اصلی تار را پیدا کرد.

۶- هنگامی که هماهنگ  $n$ ام یک تار نواخته می‌شود،  $n$  شکم و  $n+1$  گره در طول تار ایجاد می‌شوند. در دو سر بسته تار همواره گره ایجاد می‌شود.

### گروه آموزشی ماز

۳۳- توسط دیپازونی در یک ریسمان کشیده موج ایستاده‌ای با ۵ شکم ایجاد شده است. قطر مقطع ریسمان را چند درصد افزایش دهیم تا توسط همان دیپازون در ریسمان، موج ایستاده‌ای با ۷ گره ایجاد گردد؟ (نیروی کشش ریسمان، ثابت است.)

۴۰ (۴)

۲۵ (۳)

۲۰ (۲)

۱۰ (۱)

(سخت - محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۲

گام اول:

می‌دانیم تندی انتشار موج عرضی در ریسمان برحسب قطر مقطع آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$v = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho\pi}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

گام آخر:

چون در هر دو حالت، یک دیپازون در ریسمان تشدید ایجاد کرده است؛ بنابراین بسامد تشدید در دو حالت باهم برابر است.

$$\begin{aligned} f_n = \frac{nv}{2L} \Rightarrow f_{n_1} = f_{n_2} \Rightarrow \frac{n_1 v_1}{2L} &= \frac{n_2 v_2}{2L} \\ \Rightarrow n_1 v_1 = n_2 v_2 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{D_2}{D_1} &= \frac{n_2}{n_1} \\ \frac{n_2 = 7 - 1 = 6}{n_1 = 5} \rightarrow \frac{D_2}{D_1} = \frac{6}{5} = 1/2 \Rightarrow \frac{\Delta D}{D_1} \times 100 &= 20\% \end{aligned}$$

### گروه آموزشی ماز

۳۴- در آزمایش ینگ، اگر از نور A با طول موج ۴۵۰nm استفاده کنیم، پهنای هر نوار ۹mm می‌شود. اگر به جای نور A، از نور B با طول موج  $\lambda_B$  استفاده کنیم، در صورتی که سایر پارامترهای آزمایش ثابت بماند، فاصله مراکز دو نوار روشن متوالی از هم برابر ۲/۴cm می‌شود. طول موج نور B چند نانومتر

است؟ ( $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ )

۵۰۰ (۴)

۶۰۰ (۳)

۴۵۰ (۲)

۴۰۰ (۱)

(متوسط - مفهومی/محاسباتی - ۱۴۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول:

ابتدا پهنای نوار B ( $W_B$ ) را می‌یابیم:

$$فاصله دو نوار روشن متوالی = 2W_B \Rightarrow W_B = \frac{2/4}{2} = 1/2 \text{ cm} = 12 \text{ mm}$$

نکته

چون یک نوار تاریک بین دو نوار روشن متوالی وجود دارد، فاصله دو نوار روشن متوالی از هم به اندازه پهنای دو نوار است.



گام آخر:

طول موج نور B برابر است با:

$$W \propto \lambda \Rightarrow \frac{W_B}{W_A} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$$

$$\Rightarrow \frac{12}{9} = \frac{\lambda_B}{450} \Rightarrow \lambda_B = 600 \text{ nm}$$

گروه آموزشی ماز

۳۵- وقتی گالن آبی را خالی می‌کنیم، با خالی شدن آب، صدای گلوپ گلوپی را می‌شنویم. موقع خالی شدن گالن، بسامد این صدا ..... می‌شود.



- (۱) بیش‌تر - بم‌تر
- (۲) بیش‌تر - زیرتر
- (۳) کم‌تر - بم‌تر
- (۴) کم‌تر - زیرتر

(آسان - مفهومی - ۱۲۰۴)

پاسخ: گزینه ۳

در هنگام خالی شدن گالن، حجم فضای هوای داخل آن افزایش می‌یابد. هرچه فضای هوای خالی افزایش یابد، اندازه بسامدهای تشدید کم‌تر می‌شوند (این بسامدها با طول ستون هوا نسبت معکوس دارند).  
صدای حاصل از خالی شدن ظرف، گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه، یکی از آنها با بسامد تشدید هوای درون ظرف منطبق می‌شود؛ بنابراین موقع خالی شدن گالن، مدام صداهای بم‌تر و بم‌تری (با بسامد کم‌تری) را می‌شنویم.

گروه آموزشی ماز



«جمع بندی فشرده»

فصل ۳ فیزیک دوازدهم

نوسان‌هایی را که هر دور آن دقیقاً در دوره‌های بعدی تکرار می‌شود (مانند ضربان قلب انسان در یک مدت معین)، نوسان‌های دوره‌ای می‌نامیم که به هر دور آن چرخه (سیکل) گفته می‌شود. پس به نقشی که به‌طور منظم تکرار می‌شود، چرخه (سیکل) گفته می‌شود و به نوسان‌هایی که در آن یک چرخه عیناً تکرار می‌شود، نوسان دوره‌ای می‌گوییم.

نوسان دوره‌ای

معادله مکان - زمان:

$$x = A \cos(\omega t)$$

بسامد زاویه‌ای:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

معادله حرکت هماهنگ ساده را می‌توان به صورت سینوسی یا کسینوسی نوشت. اگر در لحظه  $t = 0$  نوسانگر در مکان  $x = +A$  باشد، معادله حرکت آن به صورت مقابل است:

حرکت هماهنگ ساده

بسامد زاویه‌ای:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

سامانه جرم - فنر

$$E = \frac{1}{2} k A^2$$

انرژی مکانیکی سامانه جرم - فنر

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \xrightarrow{\omega=mg} E = 2\pi^2 m A^2 f^2$$

انرژی مکانیکی نوسانگر هماهنگ ساده

انرژی در حرکت هماهنگ ساده

نوسان و موج

دوره تناوب:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

بسامد زاویه‌ای:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

آونگ ساده

اگر جسمی را که می‌تواند نوسان کند، از نقطه تعادل خارج و رها سازیم، این جسم شروع به نوسان در دو طرف نقطه تعادل می‌کند. بسامد نوسان جسم در این حالت را بسامد طبیعی می‌نامیم.

بسامد طبیعی

می‌دانیم که در دنیای واقعی، نیروهای تلف‌کننده مثل اصطکاک و مقاومت هوا وجود دارند و به همین دلیل وقتی یک سامانه را برای نوسان آزاد می‌گذاریم، به دلیل نیروهای تلفاتی، انرژی مکانیکی پایسته نبوده و کاهش می‌یابد و دامنه نوسان رفته‌رفته کاهش می‌یابد و سرانجام نوسانگر می‌ایستد و می‌گوییم نوسان، میرا می‌شود.

نوسان میرا

تشدید

حالا که نیروهای اتلافی، دامنه نوسان را کاهش می‌دهند پس ما هم برای پایدار ماندن نوسان مجبوریم سامانه را برای نوسان، آزاد نگذاریم و به آن یک نیروی دوره‌ای وارد کنیم. در این حال، نوسانگر با بسامدی غیر از بسامد طبیعی‌اش وادار به نوسان می‌شود. نوسان را در این حالت، نوسان واداشته می‌نامیم.

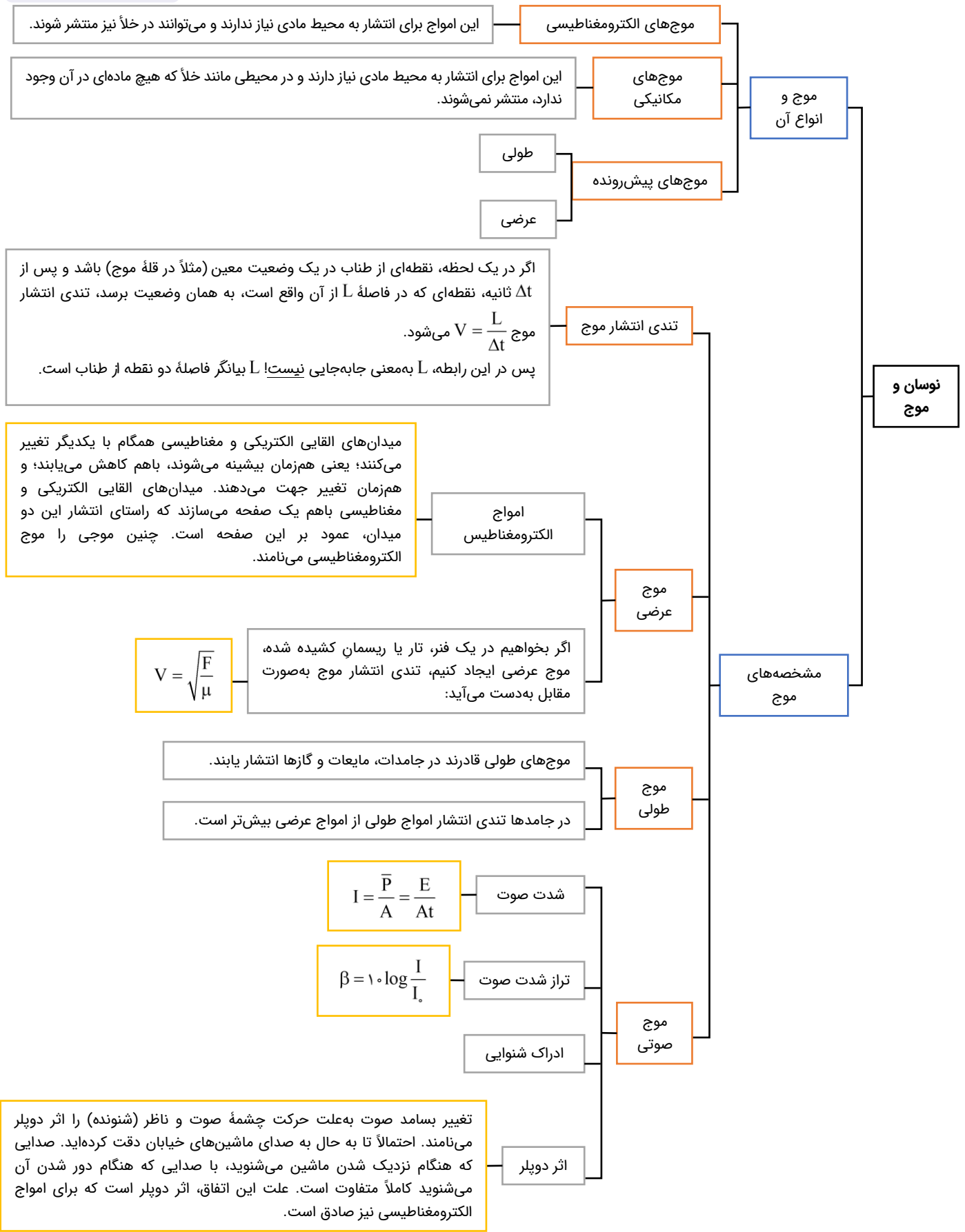
نوسان واداشته

اگر بسامد ناشی از نیروی دوره‌ای با بسامد طبیعی نوسانگر برابر باشد، انرژی‌ای که توسط آن نیرو به نوسانگر داده می‌شود سبب جبران اتلاف انرژی ناشی از اصطکاک می‌شود.

تشدید رزونانس



فصل ۳ فیزیک دوازدهم





فصل ۴ فیزیک دوازدهم

بازتاب موج

بازتاب امواج مکانیکی را در سه حالت:  
 ۱- بازتاب در یک بعد مانند بازتاب تپ از انتهای بسته طناب  
 ۲- بازتاب در دو بعد، مانند بازتاب امواج در تشت موج (سطح آب)  
 ۳- بازتاب در سه بعد، مانند بازتاب امواج صوتی، بررسی کرد.

برهم کنش های موج

قانون شکست عمومی

اگر تندی انتشار موج فرودی را  $V_1$  و تندی انتشار موج شکست را  $V_2$  بنامیم، طبق قانون شکست عمیق خواهیم داشت:  

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$

ضریب شکست

اگر تندی نور در خلأ  $C$  و در یک محیط شفاف  $V$  باشد، ضریب شکست این محیط به صورت  $n = \frac{C}{V}$  تعریف می شود. ضریب شکست، یک عدد بدون واحد است و همواره بزرگتر یا مساوی یک است. کمترین ضریب شکست مربوط به خلأ و هوا است که ضریب شکست آن ها یک است.

شکست موج

قانون شکست اسنل

پرتوی نوری را در نظر بگیرید که از محیط (۱) با ضریب شکست  $n_1$  وارد محیط (۲) با ضریب شکست  $n_2$  می شود.  

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_2 = \frac{C}{n_2}}{V_1 = \frac{C}{n_1}} \rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$
  
 این رابطه، همان قانون شکست اسنل است.

سراب

در روزهای گرم ممکن است برکه آبی را در دوردست ببینید که بر سطح زمین قرار دارد، اما وقتی به آن محل می رسید، آنجا را خشک می یابد. به این پدیده سراب گفته می شود. سراب نه تنها دیده می شود بلکه می توان از آن عکس هم گرفت.

پاشندگی نور

منشور محیطی شفاف است که تمایل دارد پرتوهای تابانده شده را به سمت قاعده منحرف کند. (البته اگر ضریب شکست منشور بزرگتر از محیط اطراف باشد). تجزیه نور خورشید (نور سفید) توسط منشور را پاشندگی نور می گوئیم و علت آن متفاوت بودن ضریب شکست منشور برای رنگ های مختلف است و برای نورهای با بسامد بزرگتر (طول موج کوچکتر) بیشتر است.



فصل ۴ فیزیک دوازدهم

برهم کنش های موج

پراش موج

هرگاه یک موج به مانع یا شکافی برخورد کند که ابعاد مانع یا شکاف در محدوده طول موج باشد، پدیده پراش رخ می دهد و به عبارتی موج در لبه های مانع و شکاف خم شده و گسترش می یابد.

تداخل سازنده: اگر تپها هنگام هم پوشانی، جابه جایی بزرگتری ایجاد کنند، تداخل سازنده است.

تداخل امواج: به هم پوشانی و ترکیب دو یا چند موج که در یک لحظه از یک نقطه عبور می کنند، تداخل می گوئیم. تداخل می تواند سازنده یا ویرانگر باشد.

تداخل ویرانگر: اگر در هنگام تداخل، دو تپ اثر همدیگر را خنثی کنند و در محل هم پوشانی جابه جایی کوچکتری ایجاد کنند، تداخل ویرانگر است.

تداخل موج

تداخل امواج صوتی

تداخل امواج نوری

پهنای هر نوار در آزمایش یانگ با طول موج نور استفاده در آزمایش رابطه مستقیم دارد:

$$w \propto \lambda \rightarrow \frac{w_2}{w_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

هرگاه جبهه موج حاصل از دو چشمه نور نقطه ای هم بسامد و هم فاز بر روی پرده ای که به فاصله مشخصی از چشمه ها قرار دارند، تداخل کنند، بر روی پرده ها نوارهای روشن و تاریکی تشکیل می شود که به آن نقش تداخلی می گویند.

آزمایش یانگ

پهنای نوارهای روشن و تاریک با یکدیگر برابر است:

$$w_{\text{تاریک}} = w_{\text{روشن}}$$

موج ایستاده

هرگاه یک تار دو انتها بسته را به ارتعاش درآوریم در صورتی در تار امواج ایستاده تشکیل می شود که بسامد نوسان ساز برابر با بسامد یکی از هماهنگ های  $n\pi$  ام تار باشد؛ در این حالت طول تار مضرب صحیحی از نصف طول موج نوسان ساز است:

$$f_n = \frac{nV}{2L}$$

$$L = n \frac{\lambda_n}{2}$$