



گزینه ۴

۱

یک نوسان کامل، حرکت رفت و برگشت بین دو نقطه M و N است. باتوجه به آنکه حرکت از M تا N ، ۴۰۰ بار انجام شده است، یعنی در مدت زمان ۴ ثانیه ۲۰۰ نوسان کامل توسط آونگ انجام شده است. در این صورت می‌توان نوشت:

$$T = \frac{\Delta t}{n} \Rightarrow T = \frac{۴}{۲۰۰} = ۰/۰۲ \text{ s}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{۰/۰۲} = ۵۰ \text{ Hz}$$

گزینه ۴

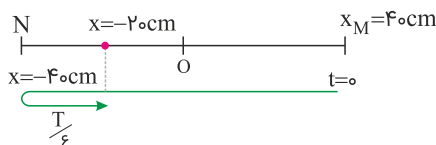
۲

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \xrightarrow{c=\lambda f} \lambda f = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \Rightarrow f \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow [f \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}] = \frac{1}{m}$$

گزینه ۲

۳

چون حرکت باید تندشونده باشد نوسانگر باید از M شروع به حرکت کرده و پس از یک تغییر جهت به مکان $x = -۲۰ \text{ cm}$ برسد.



$$\Delta t = \frac{T}{۲} + \frac{T}{۶} = \frac{۴T}{۶} = \frac{۲T}{۳} \quad \text{و} \quad \omega = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow \frac{\pi}{۳} = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow T = ۶ \text{ (s)}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{۲}{۳} \times ۶ = ۴ \text{ (s)}$$

گزینه ۲

۴

با دور شدن چشمه نور از آشکارساز ساکن بماند نور دریافتی آشکارساز کمتر از f_0 خواهد بود. اما طول موج دریافتی بیشتر از هنگامی است که منبع نور ساکن است زیرا آشکارساز در عقب چشمه نور قرار می‌گیرد.

بیشینه تندی نوسانگر را از رابطه $v_{\max} = A\omega$ به دست می‌آوریم:

$$x = \frac{4}{100} \cos 20\pi t \Rightarrow \begin{cases} A = \frac{4}{100} \text{ m} \\ \omega = 20\pi \text{ Rad/s} \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_{\max} = A\omega = \frac{4}{100} \times 20\pi = 2/5 \text{ m/s}$$

در لحظه‌ای که نوسانگر از نقطه تعادل (مرکز نوسان) عبور می‌کند، تندی آن بیشینه است. از طرفی نوسانگر در لحظه‌هایی که مضرب فردی از $\frac{1}{4}$ دوره تناوب است از نقطه تعادل می‌گذرد؛ پس داریم:

$$20\pi = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{10} \text{ s} \Rightarrow \frac{T}{4} = \frac{1}{40} \text{ s}$$

در گزینه "۳"، $t = \frac{1}{8} = 5 \frac{1}{40} \text{ s}$ یعنی مضرب فردی از $\frac{1}{4}$ دوره تناوب است.

فقط مورد سوم درست است. وقتی نوسانگر از مرکز نوسان دور می‌شود، حرکت کندشونده بوده و سرعت و نیرو مخالف هستند؛ پس گزینه ۱ صحیح است.

در حرکت نوسانی ساده باید نیروی وارد بر نوسانگر اولاً متناسب با مکان بوده و ثانیاً از نظر علامت قرینه آن باشد، همانند نیروی کشسانی فنر ($F = -kx$) بنابراین تنها گزینه (۲) صحیح است.

$$k\Delta\ell = mg \Rightarrow \frac{k}{m} = \frac{g}{\ell} = \frac{10}{0.4} = 25$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{25} = 5 \text{ rad/s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{6}{5} = 1.2 \Rightarrow T = \frac{t}{n} \Rightarrow n = \frac{60}{1.2} = 50$$

تعداد نوسان ۵۰ تا و تعداد دفعاتی که طول پاره خط طی می‌شود ۱۰۰ بار است.

$$E = U_1 + K_1 = 10 + 30 = 40 \text{ J}$$

$$\left. \begin{array}{l} E = U_v + K_v \\ U_v = K_v \end{array} \right\} \Rightarrow vK_v = E \Rightarrow K_v = \frac{E}{v} = \frac{40}{v} = 20 \text{ J}$$

$$K_v = \frac{1}{2}mv_v^2 \Rightarrow 20 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times v^2 \Rightarrow v^2 = 400 \Rightarrow v = 20 \text{ m/s}$$

$$t_1 = \frac{T}{f} + \frac{T}{v} + \frac{T}{s} = \frac{11T}{12} = 1/1 \Rightarrow T = 1/2 \text{ (s)}$$

$$\omega = \frac{v\pi}{T} = \frac{2 \times \pi}{1/2} = 4 \text{ rad/s}$$

$$|F| = m\omega^2 x = 0.2 \times 2\omega \times \frac{10\sqrt{2}}{100} = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ (N)}$$

گام اول: از نمودار انرژی جنبشی- سرعت کمیت p را به دست می‌آوریم:

$$K_{\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \Rightarrow 1/6 = \frac{1}{2}m \times (\lambda)^2 \Rightarrow m = \frac{2 \times 1/6}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda^2} \text{ kg}$$

$$k = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow p = \frac{1}{2} \times \frac{1}{\lambda^2} \times (6)^2 = \frac{36}{\lambda^2} \Rightarrow p = 0.9 \text{ J}$$

$$v_{\max} = A\omega = A\omega = \lambda \quad (I)$$

گام دوم: از نمودار مکان- زمان ω را به دست آورده، سپس با استفاده از رابطه (I)، دامنه نوسان را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\Delta T}{4} = \frac{\pi}{16} \Rightarrow T = \frac{\pi}{20} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{20}} = 40 \text{ rad/s}$$

$$(I): A\omega = \lambda \Rightarrow A \times 40 = \lambda \Rightarrow A = \frac{\lambda}{40} = 0.2 \text{ m}$$

گام سوم: با معلوم شدن A و ω معادله مکان- زمان را مشخص می‌کنیم و سپس با استفاده از آن کمیت مجهول q را محاسبه می‌کنیم:

$$x = A \cos \omega t = 0.2 \cos 40t$$

$$q \text{ در نقطه } q: 0.1 = 0.2 \cos 40q \Rightarrow \cos 40q = \frac{1}{2} = \cos \frac{\pi}{3} \Rightarrow 40q = \frac{\pi}{3} \Rightarrow q = \frac{\pi}{120}$$

$$\beta = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$30 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I_1}{I_0} = 3 \quad (b)$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{E_2}{E_1} \times \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{\Delta E_1}{E_1} \times \frac{1^2}{2^2} = \frac{\Delta}{4} \Rightarrow I_2 = \frac{\Delta}{4} I_1$$

$$\beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \log \frac{\Delta}{4} \times \frac{I_1}{I_0} = 10 \log \frac{\Delta}{4} + 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$= 10 \log \frac{10}{4} + 30 \Rightarrow \beta_2 = 10(1 - 3 \times 0.3) + 30 \Rightarrow \beta_2 = 31 \text{ (db)}$$

چون همجنس هستند، پس چگالی آن‌ها برابر است. همچنین نیروی کشش در هر دو طناب برابر است؛ بنابراین:

$$v = \frac{1}{d} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}$$

با عوض شدن محیط، تندی تغییر می‌کند، اما بسامد ثابت است.

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 4, \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \times \frac{f_1}{f_2} \xrightarrow{f_1=f_2} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 4$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_0}{\lambda_1} = 4 \Rightarrow \lambda_1 = 20 \text{ cm}$$

کمتر است $80 - 20 = 60 \text{ cm}$

می‌دانیم با پیشروی موج بسامد ثابت می‌ماند.

$$\text{طبق رابطه } v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \text{ داریم:}$$

$$\frac{v_C}{v_B} = \sqrt{\frac{F_C}{F_B}}$$

با فرض اینکه جرم کل طناب برابر با m باشد، باتوجه به یکسان بودن فواصل ($AB = BC = CD = DE = \ell$) جرم این قطعات نیز مساوی است. حال نیروی وزن در نقاط C و B متناسب با جرمی از طناب است که از آن نقطه آویزان است:

$$F_C = \frac{3}{4}mg, \quad F_B = \frac{1}{4}mg$$

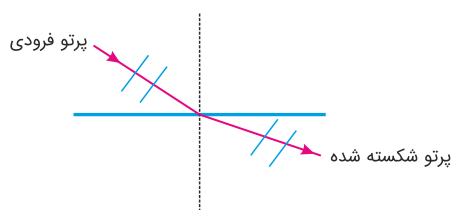
بنابراین:

$$\frac{v_C}{v_B} = \sqrt{\frac{F_C}{F_B}} = \sqrt{\frac{\frac{3}{4}mg}{\frac{1}{4}mg}} = \sqrt{3} \Rightarrow v_C = \sqrt{3}v_B \Rightarrow \lambda_C = \sqrt{3}\lambda_B \Rightarrow \lambda_C = \sqrt{3}\lambda$$

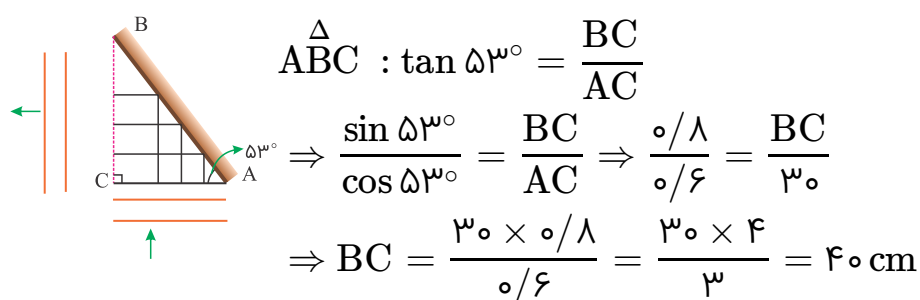
پس بسامد ثابت و طول موج $\sqrt{3}$ برابر می‌شود.

تندی موج در محیط (۱) بیشتر از محیط (۲) است باتوجه به ثابت بودن بسامد موج از رابطه $v = \lambda f$ می‌توانیم نتیجه بگیریم که هر چه تندی بیشتر باشد طول موج بیشتر است؛ پس انتظار داریم که فاصله جبهه‌های موج در محیط (۱) بیشتر از فاصله جبهه‌های موج در محیط (۲) باشد، بنابراین گزینه‌های (۱) و (۲) نمی‌تواند درست باشد.

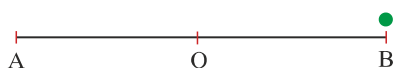
اگر شکست موج را براساس پرتوها برای گزینه‌های ۳ و ۴ رسم کنیم می‌بینیم که گزینه ۴ درست است.



مطابق شکل زیر، امواج تابش با پهنای AC پس از برخورد به مانع تخت AB و بازتاب از آن دارای پهنای BC خواهد شد:



ابتدا مسافت طی شده در مدت $\frac{7}{2}$ ثانیه را حساب می‌کنیم که باتوجه به مسیر نوسان داریم:



$$\begin{aligned} 2 \text{ دور نوسان} = 8 \text{ برابر دامنه} & \Rightarrow BA + AB + BA + AB = 8A \\ \Rightarrow 2T = 7/2 & \Rightarrow T = 3/6 \text{ s} \end{aligned}$$

وقتی نوسانگر $13/6$ متر طی کرده یعنی به اندازه $8/5 A$ طی کرده است ($A = 1/6 \text{ m}$):

$$A = 1/6 \Rightarrow 13/6 = 8/5 A$$

وضعیت نوسانگر را در طی مسافت $8/5 A$ بررسی می‌کنیم: ($8/5 A = 8A + 0/5 A$)
وقتی نوسانگر $8A$ اول مسافت را طی می‌کند، دوباره به مکان اول خود بازمی‌گردد بنابراین کافی است مسافت $0/5 A$ باقی‌مانده را بررسی می‌کنیم:

$$x = A \cos(\omega t) = \frac{A}{2} \Rightarrow \omega t = \frac{\pi}{3} \Rightarrow \frac{2\pi}{3/6} \times t = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t = 0/6 \text{ s}$$

بیشترین انرژی جنبشی در نقطه تعادل ($x = 0$) اتفاق می‌افتد:

$$x = 0 \Rightarrow A \cos(\omega t') = 0 \Rightarrow \omega t' = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \frac{2\pi}{3/6} t' = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t' = 0/9 \text{ s}$$

زمان موردنظر اختلاف دو لحظه t و t' است:

$$t' - t = 0/9 - 0/6 = 0/3$$

در حالت عادی مثل نقطه ۱ فشار هوا برابر با فشار طبیعی آن (فشار جو) است ولی در حین تراکم مثلاً در نقطه ۲ فشار هوا بیشتر از فشار جو و در انبساط مثل نقطه ۳ کمتر از فشار جو است.

چون موج الکترومغناطیس از هوا به محیط شفاف تابیده باید به خط عمود نزدیک شود.

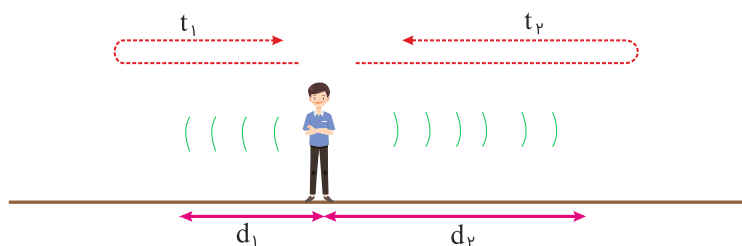
$$\theta = 45^\circ, \quad r = 45^\circ - 15^\circ = 30^\circ$$

$$\frac{\sin \theta}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{2} = 1/4$$

$$\begin{cases} \lambda_1 = 1/4 \lambda_2 \\ \lambda_1 - \lambda_2 = 200 \text{ km} \end{cases} \Rightarrow 3/4 \lambda_2 = 200 \Rightarrow \lambda_2 = 266.67 \text{ km} \\ \lambda_1 = 66.67 \text{ km}$$

باتوجه به تندی موج، نقطه Q به سمت پایین حرکت می‌کند و بعد از گذشت $\frac{1}{4}T$ به نقطه A - می‌رسد؛ بنابراین به اندازه A - جابه‌جا شده است:

$$\Delta x = -A - 0 = -A$$



$$d_1 + d_2 = 1700 \text{ m}$$

$$2d_1 = 340t_1 \Rightarrow d_1 = 170t_1$$

$$2d_2 = 340t_2 \Rightarrow d_2 = 170t_2$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 2 \text{ (s)} \Rightarrow d_2 - d_1 = 170(t_2 - t_1) \Rightarrow d_2 - d_1 = 170 \times 2 = 340$$

$$\begin{cases} d_1 + d_2 = 1700 \\ d_2 - d_1 = 340 \end{cases} \Rightarrow 2d_2 = 2040 \Rightarrow d_2 = 1020 \text{ (m)}$$

بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر از رابطه $F_m = mA\omega^2$ به دست می‌آید. تندی بیشینه نوسانگر نیز از رابطه $v_m = A\omega$ به دست می‌آید. باتوجه به این دو رابطه، داریم:

$$F_m = mA\omega^2 \Rightarrow F_m = m(A\omega)\omega \Rightarrow ۱۶۰ = ۰/۴ \times v_m \times (۲\pi f)$$

$$\Rightarrow ۱۶۰ = ۰/۴ \times v_m \times (۲\pi \times ۱۰۰) \Rightarrow v_m = \frac{۲}{\pi} \text{ m/s}$$

اگر جرم کل طناب را M فرض کنیم، داریم:

$$F_A = \frac{۲}{۵}mg$$

$$F_B = \frac{۴}{۵}mg \Rightarrow \frac{F_A}{F_B} = ۲ \Rightarrow \frac{v_B}{v_A} = \sqrt{\frac{F_B}{F_A}} = \sqrt{۲}$$

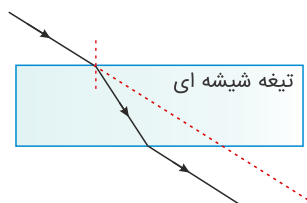
با پیشروی موج بسامد موج ثابت است.

$$\frac{f_A}{f_B} = ۱$$

$$\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{۱}{۲}} = \frac{\sqrt{۲}}{۲}$$

$$x = \frac{1}{2} \cos(\pi t)$$

ضریب شکست تیغه شیشه‌ای برای نور آبی بیشتر از نور زرد است. بنابراین نور آبی بیشتر از زرد منحرف می‌شود و به خط عمود بر مرز مشترک نزدیک‌تر می‌شود. (رد گزینه‌های "۱" و "۳")
 هنگام خروج پرتوها از تیغه در همان راستای اولیه پرتوها از تیغه خارج می‌شوند. (رد گزینه "۱")
 بنابراین هر دو پرتوی خروجی با یکدیگر و با پرتوی اولیه موازی هستند.
 نکته: اگر پرتویی وارد یک تیغه متوازی‌السطوح شود، پرتوی خروجی از تیغه با پرتوی ورودی به آن موازی هستند.



فاصله منبع تا سطح مایع: h_1
 عمق مایع: h_2

زمان حرکت نور در هوا: $\Delta t_1 = \frac{2h_1}{v_{\text{هوا}}} = \frac{6}{3 \times 10^8} = 2 \times 10^{-8} \text{ s}$

زمان حرکت نور در مایع: $\Delta t_2 = 3 \times 10^{-8} - 2 \times 10^{-8} = 10^{-8} \text{ s}$

$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{2} = \frac{3}{2} \times 10^8 \text{ m/s}$

$2h_2 = v\Delta t_2 = 2h_2 = \frac{3}{2} \times 10^8 \times 10^{-8} \Rightarrow 2h_2 = \frac{3}{2} \Rightarrow h_2 = \frac{3}{4} \text{ m} = 75 \text{ cm}$

نورهای آبی و قرمز در یک طیف امواج الکترومغناطیسی، دارای تندی یکسانی در خلأ هستند:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{f_R}{f_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_R} = \frac{4}{7}$$

در گام اول نحوه تغییر شدت صوت دریافتی را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \xrightarrow{P=\text{ثابت}} \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{r_2=\frac{r_1}{2}} \frac{I_2}{I_1} = 2^2 = 4$$

حالا نحوه تغییر تراز شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 10 \log 4 = 10 \log 2^2 = 20 \log 2$$

$$\xrightarrow{\log 2 = 0.3} \Delta\beta = 20 \times 0.3 = 6 \text{ dB}$$

یعنی تراز شدت صوت ۶ dB افزایش می‌یابد.