

ایران توشه

- رانلود نمونه سوالات امتحانی

- رانلود گام به گام

- رانلود آزمون گاج و قلم چی و سنجش

- رانلود فیلم و مقاله انگلیزی

- رانلود و مشاوره



IranTooshe.Ir



@irantooshe



IranTooshe



نوسان و امواج

مل

با درخت دانش گام به گام
بیشرفت خود را ارزیابی کنید





نوسان و امواج

نوسان دوره‌ای

۱

(۱) نوسان دوره‌ای

دنیای پیرامون ما پر از نوسان است. مطالعه و کنترل نوسان‌ها دو هدف اصلی فیزیک‌دان‌ها و مهندسان است. نوسان‌ها به دو صورت دوره‌ای و یا غیردوره‌ای هستند. نوسان‌های دوره‌ای به نوسان‌هایی گفته می‌شود که هر دور آن در دوره‌های دیگر دقیقاً تکرار می‌شود. تپش قلب انسان مثالی از نوسان دوره‌ای است. در نوسان‌های دوره‌ای دو مفهوم مهم دوره تناوب و بسامد (فرکانس) وجود دارد.

دوره تناوب (T):

به مدت زمان یک چرخه (سیکل)، دوره تناوب گفته می‌شود و با T نشان داده می‌شود. یکای دوره تناوب ثانیه (s) است.

بسامد یا فرکانس (f):

به تعداد نوسان‌های انجام شده (تعداد چرخه) در واحد زمان بسامد (فرکانس) گفته می‌شود. و با f نشان داده می‌شود. یکای بسامد در SI، هرتز (Hz) که معادل با عکس ثانیه ($\frac{1}{s}$) است.

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

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

نکته ۱: بین دوره تناوب و بسامد، رابطه مهم مقابل وجود دارد:

نکته ۲: هر گاه در مدت زمان t ثانیه، N نوسان انجام شود:



مثال ۱) قلب یک جانور در مدت زمان دو و نیم دقیقه، ۱۰۰ بار می‌تپد.

(مرتبط با پرسش ۳-۱ صفحه ۵۴ کتاب درسی)

الف) دوره تناوب ضربان قلب این جانور چند ثانیه است؟

ب) بسامد ضربان قلب این جانور چند هرتز است؟

پاسخ ✓

الف) $T = \frac{t}{N} \Rightarrow T = \frac{2 / 5 \times 60}{100} = 12 \text{ s}$

ب) $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12} = \frac{1}{12} \text{ Hz}$

۲ حرکت هماهنگ ساده

به حرکت نوسانی سینوسی، حرکت هماهنگ ساده گفته می‌شود.

حرکت هماهنگ ساده مبنایی برای درک هر نوع نوسان دوره ای است چرا که هر نوسان دوره ای را می‌توان از مجموع چند نوسان سینوسی ایجاد کرد.

حرکت جرمی که به فنر متصل باشد و روی یک پاره‌خط نوسان کند مثالی از حرکت هماهنگ ساده می‌باشد.

برای مطالعه حرکت هماهنگ ساده باید با مفاهیم زیر آشنا شویم:

۱- پاره‌خط نوسان: به پاره‌خطی که نوسانگر روی آن حرکت رفت و برگشتی انجام می‌دهد، پاره‌خط نوسان گفته می‌شود.

در پاره‌خط نوسان چند نکته مهم وجود دارد:

الف- نقطه تعادل (نقطه O)



به نقطه وسط پاره‌خط نوسان که نوسانگر حول آن حرکت رفت و برگشتی انجام می‌دهد، نقطه تعادل گفته می‌شود.

در این نقطه فنر در حالت تعادل قرار دارد و حالت کشیدگی یا فشردگی ندارد. در این حالت مکان نوسانگر $x=0$ می‌باشد.

ب- نقطه‌های دامنه (یا نقاط بازگشت)

دو نقطه انتهایی پاره‌خط که با $x = \pm A$ نشان داده می‌شوند، نقطه‌های دامنه (نقاط بازگشت حرکت) نام دارند.

دامنه حرکت به بیشینه جابه‌جایی نوسانگر نسبت به نقطه تعادل ($x_{\max}$) گفته می‌شود.

در این نقاط فنر در حداکثر کشیدگی یا فشردگی خود قرار دارد و از آن جا که نوسانگر در این نقاط به طور لحظه‌ای متوقف

می‌شود و بازمی‌گردد ($v=0$) به این نقاط، نقاط بازگشت گفته می‌شود.



نکته: نوسانگر در هر نوسان دو بار پاره خط نوسان را می‌پیماید. یعنی اگر طول پاره خط نوسان $2A$ باشد، نوسانگر در هر نوسان مسافت $4A$ را طی می‌کند.

مثال ۲) اگر نوسانگری که روی پاره خطی حرکت نوسانی ساده دارد، در هر دقیقه 20 بار این پاره خط را بپیماید، دوره آن چند ثانیه است؟

(مرتبط با صفحه ۵۵ کتاب درسی) (سراسری تجربی - ۷۷)

$$6 \text{ (۴)}$$

$$3 \text{ (۳)}$$

$$\frac{1}{3} \text{ (۲)}$$

$$\frac{1}{6} \text{ (۱)}$$

پاسخ

به ازای هر دو بار طی شدن پاره خط نوسان، یک نوسان رخ می‌دهد. پس نوسانگر 10 نوسان انجام داده است:

$$T = \frac{t}{N} \rightarrow T = \frac{60}{10} = 6 \text{ s}$$

گزینه ۴ صحیح است.

پ- بسامد زاویه‌ای (ω) :

در حرکت هماهنگ ساده بسامد زاویه‌ای عبارت است از:

یکای بسامد زاویه‌ای در SI رادیان بر ثانیه $\left(\frac{rad}{s}\right)$ است.

ت- معادله مکان- زمان نوسانگر:

در حرکت هماهنگ ساده تغییرات مکان نسبت به زمان رفتار سینوسی دارد یعنی مکان را می‌توان به صورت تابعی سینوسی و یا کسینوسی از زمان نوشت. در این کتاب برای سادگی تابع کسینوس را بررسی می‌کنیم.

یعنی فرض بر این است که نوسانگر از $x = +A$ رها می‌شود و شروع به حرکت نوسانی می‌کند. در این صورت معادله مکان- زمان نوسانگر به صورت مقابل تعریف می‌شود:

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

که در آن A ، دامنه و ω ، بسامد زاویه‌ای است و ωt بر حسب رادیان، شناسه حرکت نوسانگر را نشان می‌دهد.

مثال ۳) معادله حرکت هماهنگ ساده نوسانگری در SI به صورت $x = 0.2 \cos(20\pi t)$ است.

(مرتبط با صفحه ۵۵ کتاب درسی) (نهایی تجربی دی ۸۷ - مشابه نهایی تجربی اسفند ۸۳)

الف) دامنه و دوره حرکت را معین کنید.

ب) مکان نوسانگر را در لحظه $t = 2.5$ به دست آورید.

پاسخ

الف) با توجه به معادله مکان - زمان نوسانگر $x(t) = A \cos \omega t$ داریم:

$$x(t) = 0.2 \quad 2\pi \rightarrow A = m \quad \omega = 20\pi \rightarrow \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{s} \quad \therefore T = \frac{1}{10} \text{ s}$$

ب)

$$x(2) = 0.2 \cos(2\pi \times 2) = +0.2 \text{ m}$$

مثال ۴) معادله حرکت هماهنگ ساده نوسانگری در SI به صورت $x = 0.06 \cos(\frac{\pi}{3}t)$ است. این نوسانگر در فاصله زمانی $0 < t < 3$ چند سانتی‌متر مسافت را پیموده است؟

(مرتبط با صفحه ۵۶ کتاب درسی) (سراسری تجربی - ۸۵)

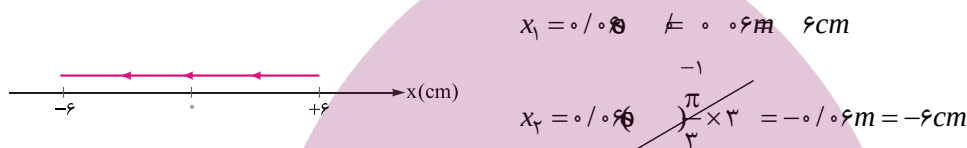
۱۲ (۴)

۹ (۳)

۶ (۲)

۳ (۱)

پاسخ ابتدا با توجه به معادله مکان-زمان نوسانگر $x(t) = A \cos \omega t$ ، دامنه و دوره تناوب آن را مشخص می‌کنیم؛
 $x = A \cos \omega t \rightarrow \begin{cases} A = 0.06 \text{ m} \\ \omega = \frac{\pi}{3} = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = 6 \text{ s} \end{cases}$
 اکنون مکان نوسانگر را روی پاره‌خط نوسان در $t_1 = 0$ و $t_2 = 3$ معین می‌کنیم. توجه کنید که مدت زمان مر نظر سؤال $\frac{T}{2}$ است؛



پس نوسانگر در مدت $\frac{T}{2}$ مسافت 12 cm را طی کرده است.

گزینه ۴ صحیح است.

اگر مسافت طی شده توسط متحرک در فاصله زمانی $0 < t < 9 \text{ s}$ خواسته شود، پاسخ چه خواهد بود؟
 با پاسخ به این سؤال می‌توانید به این نکته پی ببرید که چرا اندازه T را حساب کردیم.

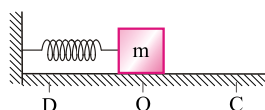
نکته: همواره نوسانگر در مدت $\frac{T}{2}$ به اندازه $2A$ مسافت طی می‌کند.

نکته: بررسی نوع حرکت در حرکت هماهنگ ساده:

در حرکت هماهنگ ساده در لحظاتی که نوسانگر به سمت نقطه تعادل حرکت می‌کند، حرکتش تند شونده است و در لحظاتی که از نقطه تعادل دور می‌شود و به سمت دو انتهای پاره‌خط نوسان (نقاط بازگشت) می‌رود، حرکتش کند شونده است.

مثال ۵) مطابق شکل زیر، یک نوسانگر وزنه- فنر روی یک سطح افقی بدون اصطکاک، حول نقطه O حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد حرکت این نوسانگر نادرست است؟

(مرتبط با صفحه ۵۶ کتاب درسی) (آزمون کلان - ۹۱)



- (۱) در حرکت از نقطه C به نقطه O ، علامت سرعت نوسانگر منفی است.
- (۲) در حرکت از نقطه O به نقطه D ، علامت سرعت نوسانگر منفی است.
- (۳) حرکت نوسانگر از نقطه C به نقطه O ، تندشونده است.
- (۴) حرکت نوسانگر از نقطه O به نقطه D ، تندشونده است.

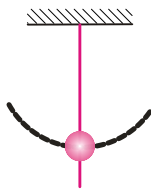


پاسخ به کمک جهت حرکت نوسانگر می‌توانیم به علامت سرعت آن دست پیدا کنیم. در لحظاتی که جسم در فلاف جهت محور X ها حرکت می‌کند، علامت سرعت منفی است.

در حرکت از C به O و از O به D نوسانگر در فلاف جهت محور X ها در حال حرکت است، پس علامت سرعت آن منفی می‌باشد. از طرف دیگر، در بازه زمانی که نوسانگر به نقطه تعادل نزدیک می‌شود، انرژی سرعت آن افزایش می‌یابد و این یعنی نوسانگر دارای حرکت تند شونده است. با دور شدن نوسانگر از نقطه تعادل انرژی سرعت نوسانگر کاهش می‌یابد در نتیجه حرکت آن کند شونده خواهد بود. پس در حرکت از C به O حرکت نوسانگر تند شونده و در حرکت از O به D حرکت نوسانگر کند شونده است.

گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۶ در طرح واره‌ی روبه‌رو، فرض بر این است که یک طرف پر از شن بدون کاهش دامنه، نوسان می‌کند و از سوراخ پایین آن شن ریزه‌ها با آهنگ ثابتی خارج شده و روی یک سطح افقی می‌ریزند. وضعیت توزیع و تراکم شن‌ها روی سطح افقی را به صورت تقریبی رسم نموده و توضیح دهید این طرح‌واره بازگوکننده‌ی کدام ویژگی فیزیکی در حرکت نوسانی است؟



(مرتبط با صفحه ۵۴ کتاب درسی) (نهایی ریاضی ۸۴)



پاسخ نوسانگر در هنگام حرکت به سمت نقطه تعادل دارای حرکت تند شونده و در هنگام دور شدن از این نقطه و نزدیک شدن به نقاط بازگشت دارای حرکت کند شونده است. در نتیجه نوسانگر از نقطه تعادل خیلی سریع‌تر از نقطه بازگشت عبور می‌کند. این یعنی به دلیل فرصت بیشتر در دو انتها شن بیش‌تری در مقایسه با نقطه تعادل خواهیم داشت. از این طرح‌واره به نوع حرکت تند شونده یا کند شونده در حرکت نوسانی پی می‌بریم.



نکته: در دو انتهای پاره خط نوسان، اندازه سرعت نوسانگر به صفر و در نقطه تعادل یعنی در $X = 0$ ، اندازه سرعت نوسانگر به بیشینه مقدار خود می‌رسد.

$$\begin{array}{ccc} x = -A & x = 0 & x = +A \\ v = 0 & v = A\omega & v = 0 \end{array}$$

مثال ۷ معادله‌ی سرعت-مکان نوسانگری در SI به صورت $\frac{25}{\pi^2}v^2 + 2500x^2 = 1$ می‌باشد. بسامد نوسان چند هرتز است؟

(مرتبط با صفحه ۵۶ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۹۴)

۵ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

۱ (۱)



پاسخ در حرکت هماهنگ ساده، هنگامی که نوسانگر از نقطه تعادل می‌گذرد بیشینه سرعت را دارد؛

$$x = 0 \rightarrow v = v_m = A\omega$$

همچنین در دو انتهای پاره خط نوسان (نقاط بازگشت)، سرعت نوسانگر صفر است؛

$$x = \pm A \rightarrow v = 0$$



الکتون در معادله داده شده این دو وضعیت را در نظر می‌گیریم:

$$x=0 \rightarrow v=v_m \rightarrow \frac{25}{\pi^2} v_m^2 = 1 \rightarrow v_m^2 = \frac{\pi^2}{25} \rightarrow v_m = \frac{\pi}{5} \text{ m/s}$$

$$x=\pm A \rightarrow v=0 \rightarrow 2500 \cdot A^2 = 1 \rightarrow A^2 = \frac{1}{2500} \rightarrow A = \frac{1}{50} \text{ m}$$

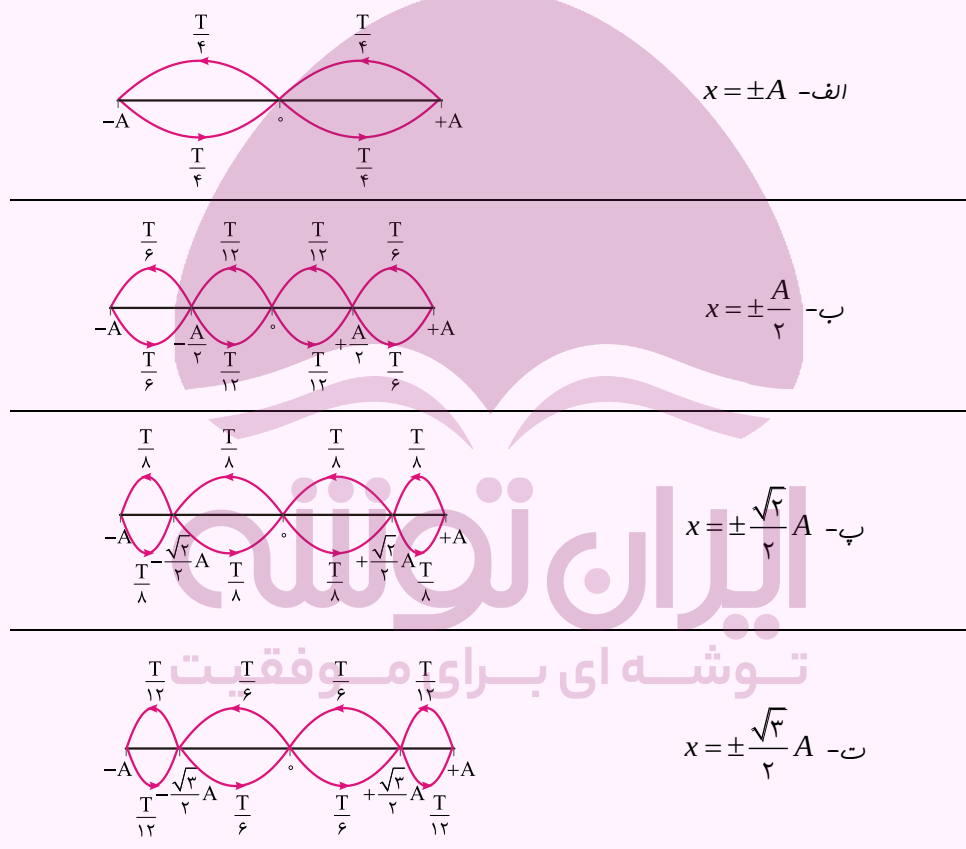
$$v_m = A\omega \rightarrow \frac{\pi}{5} = \frac{1}{50} \omega \rightarrow \omega = 10\pi = 2\pi f \rightarrow f = 5 \text{ Hz}$$

گزینه ۴ صحیح است.



نکته: آشنایی با چند نقطه مهم روی پاره خط نوسان:

در این جا با چند نقطه مهم و مدت زمان لازم برای رسیدن به آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. یادگیری و به خاطر سپردن این نقاط و مدت زمان‌ها برای حل تست‌های این بخش بسیار ضروری است:



مثال ۸) در شکل روبه‌رو، اگر متحرکی بین دو نقطه‌ی A و A' حرکت هماهنگ

$$OB=BA=OB'=B'A'$$

ساده انجام دهد و فاصله‌ی OB را در مدت $\frac{1}{300}$ ثانیه طی کند، بسامد نوسان چند

هرتز است؟

(مرتبط با تمرین ۳-۱ صفحه ۵۶ کتاب درسی) (فاز از کشور ریاضی - ۹۵)

پاسخ همان‌طور که گفته شد مکان‌های $x = \pm \frac{A}{2}$ یکی از مکان‌های معروف و پرکاربرد در سؤالات تستی هستند:

$$\frac{T}{12} = \frac{1}{300} \rightarrow \frac{12}{300} = \frac{4}{100} = \frac{1}{25}$$

$$f = \frac{1}{T} = 25 \text{ Hz}$$

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۹ x و A به ترتیب، مکان و دامنه یک نوسانگر ساده است. در لحظه t_1 ، $x = \frac{+\sqrt{3}}{2} A$ است و جهت حرکت نوسانگر در آن لحظه به سمت مرکز نوسان است. اگر یک ثانیه بعد، نوسانگر برای اولین بار دوباره به همان مکان برسد، دوره این نوسانگر چند ثانیه است؟
(مرتبط با تمرین ۳-۱ صفحه ۵۶ کتاب درسی) (سراسری فارغ از کشور ریاضی - ۹۳)

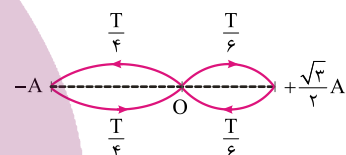
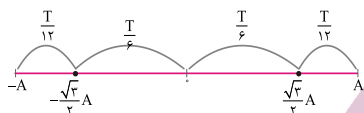
۳/۶ (۴)

۲/۴ (۳)

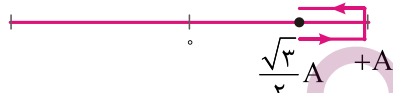
۱/۶ (۲)

۱/۲ (۱)

پاسخ همان‌طور که گفته شد مکان‌های $x = \pm \frac{\sqrt{3}}{2} A$ یکی از مکان‌های مهم در پاره‌فقط نوسان هستند؛ اکنون روی پاره‌فقط نوسان، حرکت مورد نظر سؤال را بررسی می‌کنیم:



$$\Delta t = \frac{T}{6} + \frac{T}{4} + \frac{T}{4} + \frac{T}{6} = \frac{T}{2} = \frac{5}{6} \rightarrow \frac{6}{5} \text{ s} = 1.2 \text{ s}$$



البته با کمی دقت می‌توانیم، با تناسبه‌ای کوتاه‌تر به جواب برسیم؛ در نظر بگیرید که اگر متحرک در ادامه حرکت به $+A$ می‌رفت و سپس از $+A$ به $+\frac{\sqrt{3}}{2} A$ برمی‌گشت، یک نوسان کامل اتفاق می‌افتاد و مدت زمان حرکت آن T می‌شد. اکنون کافی است تعیین کنیم قسمتی که اضافه کرده‌ایم، زمان می‌برد و آن را از T کم کنیم:

$$\Delta t = T - 2 \times \frac{T}{12} = \frac{\Delta T}{6} = 1 \text{ s} \rightarrow T = \frac{6}{5} = 1.2 \text{ s}$$

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۱۰ اگر دامنه ارتعاش یک نوسانگر 1 cm و دوره آن $1/25 \text{ s}$ و ثانیه باشد، اندازه سرعت متوسط آن، وقتی که بدون تغییر جهت از نقطه $y = -5 \text{ cm}$ به نقطه $y = +5 \text{ cm}$ می‌رسد، چند متر بر ثانیه است؟ (نوسانات روی محور y ها می‌باشد و y بعد نوسانگر ساده است.)

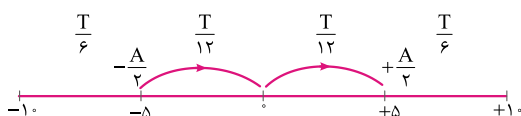
(مرتبط با صفحه ۵۶ کتاب درسی) (سراسری تجربی - ۷۴)

۱/۲۵ (۴)

۲/۵ (۳)

۱۰ (۲)

۵ (۱)



پاسخ برای تناسبه‌ای اندازه سرعت متوسط $(\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t})$ به جابه‌جایی و مدت زمان آن نیاز داریم. در صورت سؤال x_1 و x_2 داده شده

است. اکنون مدت زمان حرکت نوسانگر را تعیین می‌کنیم:

$$\frac{T}{12} = \frac{1}{100} = 0.01s \rightarrow \Delta t = 0.02s$$

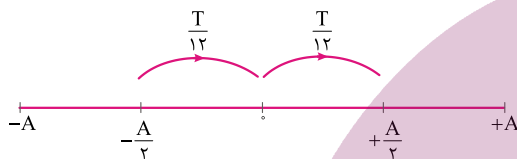
$$|\bar{v}| = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.05 - (-0.05)}{0.02} = \frac{0.1}{0.02} = 5 m/s$$

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۱۱) نوسانگری روی پاره‌خطی به طول $12cm$ حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. این نوسانگر دو جابه‌جایی مساوی و متوالی را بدون تغییر جهت انجام می‌دهد که مجموع آن‌ها برابر دامنه‌ی نوسان است. اگر هر یک از این جابه‌جایی‌ها در مدت 0.04 ثانیه انجام شود، بیشینه‌ی سرعت این نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟ ($\pi=3$)

(مرتبط با صفحه ۵۶ کتاب درسی) (سراسری تهرانی - ۹۴)

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



پاسخ در حرکت هماهنگ ساده جابه‌جایی‌های یکسانی که نسبت به نقطه تعادل متقارن هستند در مدت زمان یکسان نیز انجام می‌شوند، پس نوسانگر دو جابه‌جایی متوالی به اندازه $\frac{A}{2}$ که نسبت به نقطه تعادل متقارن هستند انجام می‌دهد:

$$\frac{T}{12} = \frac{4}{100} \rightarrow T = \frac{48}{100} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3}{\frac{48}{100}} = \frac{100}{8} rad/s$$

$$A = \frac{12}{2} = 6m$$

طول دامنه نوسان، نصف پاره‌خط نوسان است:

$$v_m = A\omega = 6 \times \frac{100}{8} = \frac{6}{8} \times \frac{100}{1} = \frac{3}{4} \times 100 = 75 m/s$$

گزینه ۳ صحیح است.

نکته: تعیین حداکثر و حداقل مسافت طی شده در یک مدت زمان معین

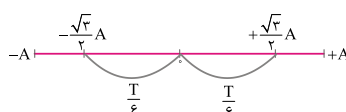
در حرکت هماهنگ ساده، هرچه به نقطه تعادل نزدیک‌تر باشیم حرکت تندتر است و با نزدیک شدن به دو انتها، حرکت کندتر می‌شود. پس برای آن‌که نوسانگر در یک مدت معین حداکثر مسافت ممکن را طی کند کافی است تا حد امکان به نقطه تعادل نزدیک باشیم. این یعنی باید مدت زمان را به طور متقارن نسبت به نقطه تعادل تقسیم کنیم. اما برای آن‌که در یک مدت معین حداقل مسافت را طی کنیم باید مدت زمان را به طور متقارن نسبت به یکی از دو انتهای پاره‌خط نوسان تقسیم کنیم تا از حرکتی کندتر بهره بگیریم.

مثال ۱۲) در یک حرکت هماهنگ ساده با دوره‌ی T و دامنه‌ی A ، حداکثر جابه‌جایی نوسانگر در مدت $\frac{T}{3}$ ثانیه چه کسری از دامنه است؟

(مرتبط با صفحه ۵۶ کتاب درسی) (آزمون کلون - آذر ۹۶)

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

پاسخ برای تعیین حداکثر جابه‌جایی یک نوسانگر در یک فاصله زمانی معین کافی است مدت زمان مطرح شده را نصف کرده و نسبت به





نقطه تعادل به طور متقارن تقسیم کنیم:

$$\frac{T}{\frac{3}{2}} = \frac{T}{\frac{6}{2}} \rightarrow$$

$$\Delta x_m = \frac{\sqrt{3}}{2} A - \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} A\right) = +\sqrt{3} A$$

گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۱۳) نوسانگر هماهنگ ساده‌ای روی پاره خطی به طول d با دوره‌ی T نوسان می‌کند. بیش‌ترین اندازه سرعت متوسط نوسانگر در مدت $\frac{T}{6}$ کدام است؟

(مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب درسی) (آزمون کانون - بهمن ۹۶)

$$\frac{2d}{T} \quad (۴)$$

$$\frac{3d}{T} \quad (۳)$$

$$\frac{4d}{T} \quad (۲)$$

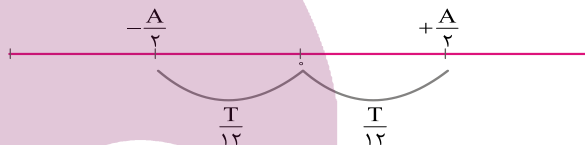
$$\frac{6d}{T} \quad (۱)$$

$$d = A \rightarrow A = \frac{d}{2}$$

پاسخ طول پاره خط دو برابر دامنه نوسان است:

برای پیدا کردن بیش‌ترین سرعت متوسط، مدت زمان داده شده را نصف می‌کنیم و به طور متقارن نسبت به نقطه تعادل تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{T}{\frac{6}{2}} = \frac{T}{\frac{12}{2}} \rightarrow$$



$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

پس نوسانگر از $-\frac{A}{2}$ تا $+\frac{A}{2}$ جابه‌جا می‌شود تا بیش‌ترین جابه‌جایی را در مدت $\frac{T}{6}$ طی کند:

$$\bar{v}_m = \frac{\frac{A}{2} - \left(-\frac{A}{2}\right)}{\frac{T}{6}} = \frac{6A}{T} = \frac{3d}{T}$$

ایران تونش

توشه‌ای برای موفقیت

گزینه ۳ صحیح است.

مثال ۱۴) در یک حرکت هماهنگ ساده، در مدت دلخواه $\frac{1}{4}$ دوره، کم‌ترین مسافتی که نوسانگر طی می‌کند چند برابر دامنه است؟

$$(\sqrt{2} = 1/4)$$

(مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب درسی) (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۳)

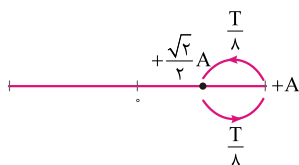
$$1/4 \quad (۴)$$

$$0/7 \quad (۳)$$

$$0/6 \quad (۲)$$

$$0/3 \quad (۱)$$

پاسخ زمانی که نوسانگر از نقطه تعادل دور می‌شود دارای حرکت کندشونده است. پس برای آن که نوسانگر کم‌ترین مسافت را در فاصله زمانی طی کند باید در اطراف انتهای پاره خط (نقاط بازگشت حرکت) نوسان کند. پس برای تعیین کم‌ترین مسافت، فاصله زمانی داده شده را نصف می‌کنیم و به طور متقارن نسبت به یکی از دو انتهای پاره خط نوسان تقسیم می‌کنیم:



$$\frac{T}{\frac{4}{2}} = \frac{T}{\frac{8}{2}}$$

$$\text{کمترین مسافت طی شده} = 2\left(A - \frac{\sqrt{2}}{2}A\right) = 2A - \sqrt{2}A = (2 - 1/\sqrt{2})A = 0.6A$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۱۵) اگر معادله نوسان های یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $x = 2 \cos(\frac{\pi}{4}t)$ باشد، کمترین مسافت طی شده توسط

این نوسانگر در مدت دلخواه $\frac{4}{3}S$ برابر با چند متر است؟

(مرتبط با صفحه ۵۶ کتاب درسی) (آزمون کانون - فردا ۹۳)

۴ - ۲√۳ (۴)

۲ - √۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

پاسخ برای تعیین کمترین مسافت طی شده در یک مدت زمان معین، کافی است فاصله زمانی داده شده را نصف کنیم و به طور متقارن نسبت به یکی از دو انتهای پاره فضا نوسان تقسیم کنیم:



$$\begin{cases} x = A \cos \omega t \\ x = 2 \cos \frac{\pi}{4} t \end{cases} \rightarrow A = 2m$$

$$\omega = \frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = 4s \rightarrow \frac{4}{3}s = \frac{T}{3} \rightarrow \frac{T}{3} = \frac{T}{6}$$

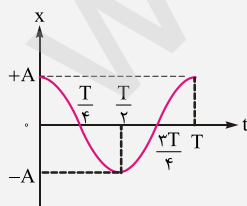
همان طور که در شکل دیده می شود، در این مدت نوسانگر دوبار فاصله $-\frac{A}{2}$ تا $-A$ طی می کند. پس مسافت معادل $A = 2m$ خواهد بود.

گزینه ۲ صحیح است.

ث - نمودار مکان-زمان حرکت هماهنگ ساده

برای رسم نمودار مکان-زمان یک نوسانگر هماهنگ ساده می توانیم از یک نوسان نگار استفاده کنیم. به خط موج داری که توسط نوسان نگار رسم می شود، نوسان نگاشت می گوئیم.

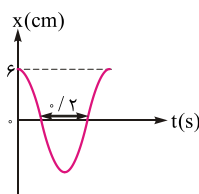
نمودار مکان - زمان حرکت هماهنگ ساده یک نمودار کسینوسی است. در شکل مقابل این نمودار برای یک دوره تناوب رسم شده است.



برای زمان های بیش تر از یک دوره تناوب می توان با ادامه ترسیم به نمودار موردنظر دست یافت.

مثال ۱۶) نمودار مکان- زمان یک نوسانگر هماهنگ ساده مطابق شکل زیر است.

(مرتبط با صفحه ۵۶ کتاب درسی) (امتحان سلامیان ۹۱)



الف) معادله‌ی حرکت این نوسانگر را بنویسید.

ب) در چه لحظه‌ای برای دومین بار، نوسانگر در $x = +3\text{cm}$ است؟



پاسخ الف) برای نوشتن معادله حرکت به A و ω نیاز داریم.

با توجه به نمودار $A = 0.06\text{m}$ است.

عدد 0.2s روی محور افقی برابر با $\frac{T}{2}$ است.

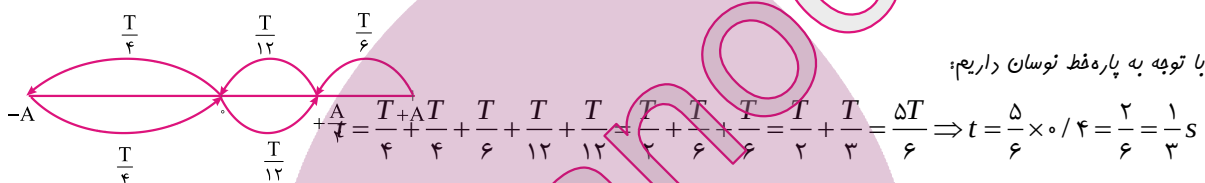
پس $T = 0.4\text{s}$ است:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{0.4} = 5\pi \text{ rad/s}$$

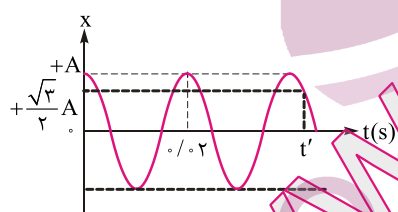
معادله حرکت نوسانی هماهنگ ساده به صورت مقابل است:

$$x = A \sin \omega t = 0.06 \sin 5\pi t$$

ب) مکان $x = +3\text{cm}$ همان $x = +\frac{A}{2}$ است



با توجه به پاره‌قط نوسان داریم:



مثال ۱۷) شکل مقابل نمودار حرکت هماهنگ ساده‌ی نوسانگری است. t' چند ثانیه

است؟

(مرتبط با صفحه ۵۶ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۷۸)

$$\frac{9}{20} \quad (2)$$

$$\frac{1}{24} \quad (1)$$

$$\frac{1}{120} \quad (4)$$

$$\frac{7}{50} \quad (3)$$



پاسخ همان طور که در شکل می‌بینید $T = 0.2\text{s}$ است تا لحظه t' دو نوسان کامل طی شده است. یعنی اکنون مقدار Δt را

تعیین کنیم و به فاصله کمتر $2T$ اضافه کنیم. حال با توجه به نکته‌ای که در باره‌ی مکان‌های مهم و معروف روی پاره‌قط نوسان آموختیم، می‌دانیم

اندازه‌ی بازه Δt برابر $\frac{T}{12}$ است. پس:

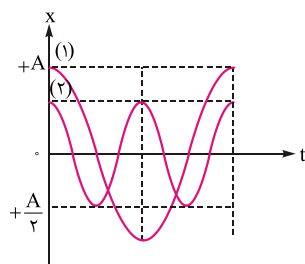
$$t' = 2T + \frac{T}{12} = \frac{25}{12}T \xrightarrow{T = \frac{2}{100}\text{s}} t' = \frac{25}{12} \times \frac{2}{100} = \frac{1}{24}\text{s}$$

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۱۸) نمودار مکان - زمان دو حرکت هماهنگ ساده مطابق شکل زیر است. بیشینه‌ی سرعت

نوسانگر (۱) چند برابر بیشینه‌ی سرعت نوسانگر (۲) است؟

(مرتبط با مثال ۳-۱ صفحه ۵۶ کتاب درسی) (سراسری فارغ از کشور ترمی - ۹۳)



$$4 \quad (2)$$

$$1 \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \quad (۴)$$

$$\frac{1}{4} \quad (۳)$$

پاسخ بیشینه‌ی سرعت نوسانگر از رابطه $v_m = A\omega$ به دست می‌آید.

با توجه به نمودار داریم:

$$\frac{A_{(1)}}{A_{(2)}} = 2, \quad \frac{T_{(1)}}{T_{(2)}} = 2$$

$$v_m = A\omega = A \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{v_{m(1)}}{v_{m(2)}} = \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{v_{m(1)}}{v_{m(2)}} = 2 \times \frac{1}{2} = 1$$

گزینه ۱ صحیح است.

نکته: بسامد زاویه‌ای و دوره تناوب نوسانگر جرم-فنر

در نوسانگر هماهنگ ساده جرم - فنر و برای دامنه‌های نوسانی که خیلی بزرگ نباشد داریم:

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

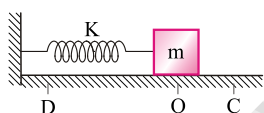
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

ثابت فنر = k

در این رابطه‌ها مشخص می‌شود که بسامد زاویه‌ای و دوره تناوب یک نوسانگر جرم - فنر فقط به جرم نوسانگر و ثابت فنر بستگی دارد و به پارامترهای دیگری همچون دامنه و ... وابسته نیست.

مثال ۱۹) در شکل زیر، سطح افقی بدون اصطکاک و جسم در نقطه O ساکن می‌باشد. جسم را یک بار تا نقطه C و بار دیگر تا نقطه D جابه‌جا کرده و سپس رها می‌کنیم تا نوسان کند. اگر $OD = 4OC$ باشد، دوره نوسان جسم در حالت دوم، چند برابر حالت اول است؟

(مرتبط با صفحه ۵۷ کتاب درسی) (آزمون کانون- ۹۱)



۱ (۱)

۲ (۲)

۴ (۳)

۱۶ (۴)

پاسخ در نوسان جرم- فنر دامنه نوسان برابر مقدار جابه‌جایی جسم از حالت تعادل آن است. در نتیجه دامنه نوسان در حالت دوم، ۴ برابر دامنه نوسان در حالت اول است.

اما بسامد زاویه‌ای (ω) ، دوره نوسان (T) و بسامد (f) نوسانگر جرم - فنر به دامنه نوسان بستگی ندارد.

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۲۰) در حرکت هماهنگ ساده جرم- فنری، ثابت فنر $\frac{N}{m}$ و جرم نوسانگر ۲۰۰ گرم می‌باشد.

(مرتبط با مثال ۳-۳ صفحه ۵۷ کتاب درسی) (نهایی تجربی شهریور ۸۵)

الف) بسامد زاویه‌ای آن را به دست آورید.

ب) دوره نوسان را حساب کنید.

$$2 \text{ } \omega = 1/g$$

پاسخ الف)



$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{180}{0.2}} = 30 \text{ rad/s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 30 = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{30} = \frac{\pi}{15} \text{ s}$$

(ب)

مثال ۲۱) دامنه یک نوسانگر وزنه-فنر 4 cm است. اگر جرم وزنه 20 g و ثابت فنر $32 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ باشد، بیشینه سرعت نوسانگر چند متر بر

ثانیه است؟

(مرتبط با صفحه ۵۷ کتاب درسی) (فیزیک پیش ریاضی و تجربی- فصل ۳- مثال ۳-۲) (سراسری فارغ از کشور ریاضی- ۸۷)

$$1/6 \text{ (۴)}$$

$$1/2 \text{ (۳)}$$

$$0/8 \text{ (۲)}$$

$$0/4 \text{ (۱)}$$

پاسخ ✓

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{32}{0.02}} = \sqrt{1600} = 40 \text{ rad/s} \Rightarrow v_m = A\omega = \frac{4}{100} \times 40 = 1/6 \text{ m/s}$$

گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۲۲) وزنه 400 g گرمی را به فنری که ثابت آن k و جرم آن ناچیز است آویخته و با دامنه کم به نوسان درمی آوریم. وزنه ی چند گرمی به وزنه ی قبلی اضافه کنیم تا دوره ی نوسانات $1/5$ برابر شود؟

(مرتبط با صفحه ۵۷ کتاب درسی) (سراسری تجربی- ۸۹)

$$900 \text{ (۴)}$$

$$600 \text{ (۳)}$$

$$500 \text{ (۲)}$$

$$200 \text{ (۱)}$$

پاسخ ✓ دوره تناوب نوسانگر جرم و فنر از رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ به دست می آید؛

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow \frac{2}{1} = \sqrt{\frac{m_2}{400}} \Rightarrow \frac{4}{1} = \frac{m_2}{400} \Rightarrow m_2 = 1600 \text{ g}$$

سؤال از ما خواسته تعیین کنیم تا چند گرم به وزنه قبلی اضافه کنیم؛

$$\Delta m = 1600 - 400 = 1200 \text{ g}$$

گزینه ۲ صحیح است.

۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده

در حرکت هماهنگ ساده، نوسانگر دارای انرژی جنبشی (k)، انرژی پتانسیل (U) و در مجموع انرژی مکانیکی (E) است:

$$E = U + K$$

در صورتی که نیروهای تلف کننده (مانند اصطکاک و ...) وجود نداشته باشد، انرژی مکانیکی پایسته است. می توان نشان داد که انرژی مکانیکی نوسانگر به صورت مقابل است:

$$E = \frac{1}{2} A^2 \quad \omega = 2\pi f \quad \omega^2 = 4\pi^2 f^2$$

همان طور که در رابطه مشاهده می کنیم، انرژی مکانیکی هر نوسانگر با مربع دامنه (A^2) و مربع بسامد (f^2) متناسب است.

نکته ۱: در $x = \pm A$ (دو انتهای پاره‌خط نوسان و (نقاط بازگشت) به دلیل صفر شدن سرعت و بیشینه بودن مکان، داریم:

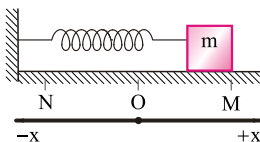
$$x = \pm A \rightarrow \begin{cases} K = 0 \\ U = U_m = \frac{1}{2} k A^2 = E = U_m = \frac{1}{2} k A^2 \end{cases}$$

نکته ۲: در $x = 0$ (نقطه تعادل) به دلیل صفر شدن U و بیشینه بودن سرعت نوسانگر داریم:

$$x = 0 \rightarrow \begin{cases} U = 0 \\ K = K_m = \frac{1}{2} m v_m^2 = E = K = \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{1}{2} k A^2 \end{cases}$$

مثال ۲۳) مطابق شکل روبه‌رو، یک دستگاه جرم - فنر در راستای محور x بین دو نقطه M و N در اطراف حالت تعادل خود (O) حرکت هماهنگ ساده و بدون اصطکاک انجام می‌دهد. خانه‌های خالی جدول زیر را با کلمه‌های «بیشینه»، «صفر» و «ثابت» پر کنید.

(مرتبط با صفحه ۵۸ کتاب درسی) (انتهای ریاضی دی ۸۷)



مکان نوسانگر	انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر	انرژی جنبشی نوسانگر	انرژی مکانیکی نوسانگر
نقطه O			
نقطه M			
نقطه N			

پاسخ با توجه به نکته فوق در دو انتهای مسیر (نقاط بازگشت حرکت) که در این نقاط M و N هستند، انرژی پتانسیل بیشینه و انرژی جنبشی صفر است. در نقطه تعادل انرژی جنبشی بیشینه و انرژی پتانسیل صفر است. چون انرژی تلف شده وجود ندارد در تمام نقاط مسیر انرژی مکانیکی ثابت است.

مکان نوسانگر	انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر	انرژی جنبشی نوسانگر	انرژی مکانیکی نوسانگر
نقطه O	صفر	بیشینه	ثابت
نقطه M		صفر	ثابت
نقطه N	بیشینه		ثابت

مثال ۲۴) معادله‌ی انرژی جنبشی - مکان یک نوسانگر که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، در SI به صورت

$$K = 0.16 - 400x^2 \text{ است. دامنه حرکت نوسانگر چند سانتی‌متر است؟}$$

(مرتبط با صفحه ۵۸ کتاب درسی) (سراسری تجربی - ۹۴)

۱۶ (۴)

۸ (۳)

۴ (۲)

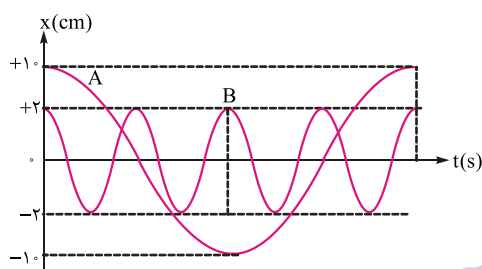
۲ (۱)

پاسخ در دو انتهای پاره‌خط نوسان ($x = \pm A$) که نقاط بازگشت حرکت نامیده می‌شوند، سرعت و انرژی جنبشی نوسانگر صفر است؛



$$0 = 0.16 - 400A^2 \rightarrow 400A^2 = 0.16 \rightarrow A^2 = 4 \times 10^{-4} \rightarrow A = 2 \times 10^{-2} = 2 \text{ cm}$$

گزینه ۱ صحیح است.



مثال ۲۵ شکل روبه‌رو، نمودار مکان- زمان دو نوسانگر A و B را نشان می‌دهد. اگر جرم نوسانگر B، پنج برابر جرم نوسانگر A باشد، انرژی مکانیکی نوسانگر A چند برابر انرژی مکانیکی نوسانگر B است؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری تهرانی - ۹۳)

$$\begin{array}{ll} \frac{16}{5} & (2) \quad \frac{5}{16} & (1) \\ \frac{16}{25} & (4) & \frac{5}{9} & (3) \end{array}$$

پاسخ ☒ از نمودار می‌توانیم ببینیم که:

$$\frac{A_A}{A_B} = 5 \quad \text{و} \quad \frac{T_A}{T_B} = 4 \rightarrow \frac{f_A}{f_B} = \frac{1}{4}$$

با توجه به معادله $E = 2\pi^2 m A^2 f^2$ ، خواهیم داشت:

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2 \times \left(\frac{f_A}{f_B}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_A}{E_B} = 5 \times \left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{5}{16}$$

گزینه ۱ صحیح است.

نکته: در حرکت هماهنگ ساده بزرگی بیشینه انرژی جنبشی (K_m) و بیشینه انرژی پتانسیل (U_m) و انرژی مکانیکی با یکدیگر برابرند.

مثال ۲۶ معادله حرکت نوسانگر ساده جرم- فنری در SI به صورت $x(t) = 0.05 \cos 2\pi t$ می‌باشد. اگر بیشینه انرژی جنبشی آن $J \times 10^{-2} \times 6$ باشد، ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۲)

$$\begin{array}{llll} 480 & (4) & 120 & (3) & 48 & (2) & 12 & (1) \end{array}$$

پاسخ ☒ با توجه به نکته فوق داریم:

$$K_m = U_m \Rightarrow K_m = \frac{1}{2} k A^2 \Rightarrow 6 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} k \times (5 \times 10^{-2})^2 \rightarrow k = 48 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۲۷ معادله حرکت نوسانگر ساده جرم- فنری به جرم ۵۰ گرم در SI به صورت $x(t) = 0.04 \cos(10t)$ است. انرژی جنبشی متحرک در لحظه‌ی $t = \frac{\pi}{4} \text{ s}$ چند ژول است؟

(مرتبط با صفحه ۵۸ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۸۸)

$$\begin{array}{llll} 0.200 & (4) & 0.020 & (3) & 0.004 & (2) & 0.10 & (1) \end{array}$$

پاسخ ☒

$$x\left(\frac{\pi}{4}\right) = 0.04 \cos\left(10 \times \frac{\pi}{4}\right) = 0.04 \cos\left(\frac{5\pi}{2}\right) = 0.04$$

در لحظه $t = \frac{\pi}{4}$ متحرک در حال عبور از نقطه تعادل است. در نقطه تعادل انرژی جنبشی متحرک بیشینه است:

$$K_m = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \times \frac{5}{2} \times \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 = 0.4 \text{ J}$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۲۸) نوسانگری به جرم ۱۰۰ گرم، روی پاره‌خطی به طول ۲۰ cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و در مدت $\frac{1}{4}$ ثانیه از انتهای

مسیر به نقطه تعادل می‌رسد. انرژی جنبشی نوسانگر در نقطه تعادل، چند میلی‌ژول است؟ ($\pi^2 = 10$)

(مرتبط با صفحه ۵۸ کتاب درسی) (سراسری تجربی - ۹۵)

۲۵ (۴)

۲۰ (۳)

۸ (۲)

۲ (۱)

طول پاره‌خط نوسان دو برابر دامنه نوسان است:

$$2A = \frac{1}{4} \Rightarrow A = \frac{1}{8} \text{ m}$$

مدت زمانی که طول می‌کشد تا نوسانگر انتهای مسیر تا نقطه تعادل را طی کند $\frac{T}{4}$ است:

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

انرژی جنبشی در نقطه تعادل بیشینه است:

$$K_m = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{8} \times (2\pi)^2 = 0.4 \text{ J}$$

گزینه ۳ صحیح است.

مثال ۲۹) انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگری در یک لحظه معین به ترتیب برابر 0.12 J و 0.06 J است. اگر جرم نوسانگر 10 g و دامنه حرکت 4 cm باشد، دوره حرکت چند ثانیه است؟

(مرتبط با مثال ۳-۳۳ صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۸۴)

$$\frac{4\pi}{3\sqrt{10}} \text{ (۴)}$$

$$\frac{\pi}{75} \text{ (۳)}$$

$$\frac{4\pi}{3} \text{ (۲)}$$

$$30.0\pi \text{ (۱)}$$

پاسخ

$$E = U + K \Rightarrow E = 0.06 + 0.12 = 0.18 = 18 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \Rightarrow 18 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times 10^{-2} \times (4 \times 10^{-2})^2 \omega^2 \Rightarrow \omega^2 = \frac{9}{4 \times 10^{-4}} \Rightarrow \omega = 150 = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{\pi}{75}$$

گزینه ۳ صحیح است.

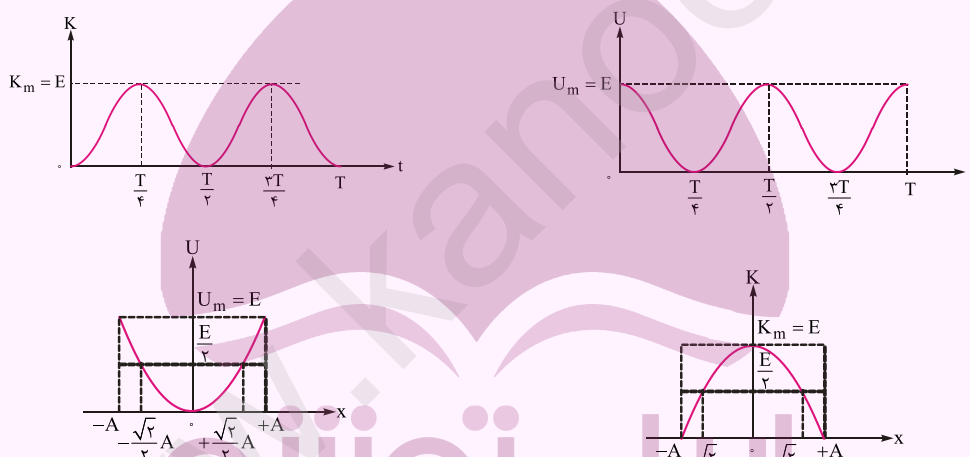
نکته: رابطه بسیار مهم میان x ، v ، U ، K و E

با در نظر گرفتن $\varphi = \omega t$ ، معادله مکان-زمان به صورت $\frac{x}{A} = \cos \varphi$ در می‌آید. می‌توان نشان داد $U = \frac{1}{2} kx^2$ است. U در $x = \pm A$ بیشینه می‌شود. از طرف دیگر $E = U + K = U_m = K_m$ به کمک رابطه‌ای که میان $\cos \varphi$ و $\sin \varphi$ وجود دارد، می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{x}{A} = \cos \varphi \rightarrow \frac{U}{U_m} = \frac{U}{E} = \cos^2 \varphi = \frac{U_m - K}{E} \rightarrow U = \frac{1}{2} E (1 + \cos 2\varphi)$$

$$\frac{v}{v_m} = \sin \varphi \rightarrow \frac{K}{K_m} = \frac{K}{E} = \sin^2 \varphi = \frac{U_m - U}{E} \rightarrow K = \frac{1}{2} E (1 - \cos 2\varphi)$$

نکته ۱: نمودارهای انرژی یک نوسانگر هماهنگ ساده:

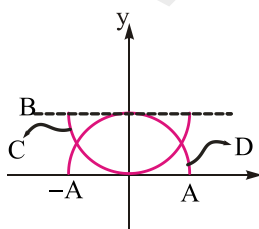


نکته ۲: در $x = \pm \frac{\sqrt{2}}{2} A$ انرژی پتانسیل و جنبشی با یکدیگر برابرند و هر کدام نصفی از انرژی مکانیکی هستند: $U = K = \frac{1}{2} E$

نوسانگر در لحظه‌های $\frac{T}{8}$ ، $\frac{3T}{8}$ ، $\frac{5T}{8}$ ، $\frac{7T}{8}$ و ... در این مکان‌ها قرار دارد.

مثال ۳۰ با توجه به نمودارهای تغییرات انرژی بر حسب مکان در یک حرکت هماهنگ ساده، معین کنید هر یک از نمودارهای B ، C و D نشان دهنده کدام انرژی جسم هستند؟

(مرتبط با صفحه ۵۸ کتاب درسی) (نهایی تجربی دی و اسفند ۸۷)



پاسخ

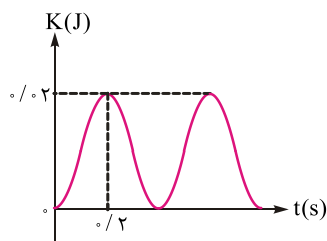
با توجه به ثابت بودن انرژی مکانیکی یک نوسانگر در تمام مسیر، نمودار B مربوط به انرژی مکانیکی است. انرژی پتانسیل از

$U = \frac{1}{2} Kx^2$ به دست می‌آید. پس نمودار y بر حسب x باید به صورت یک سهمی باشد. این یعنی نمودار C مربوط به انرژی پتانسیل

است. نمودار D که یک سهمی وارون است نیز مربوط به انرژی جنبشی است.

مثال ۳۱ نمودار انرژی جنبشی - زمان یک نوسانگر ساده مطابق شکل است. در چه لحظه‌ای برای اولین بار انرژی جنبشی و پتانسیل با هم برابر می‌شوند؟

(مرتبط با صفحه ۵۸ کتاب درسی) (سراسری فارغ از کشور ریاضی - ۸۶)



- (۱) $t = 0.05 \text{ s}$ (۲) $t = 0.1 \text{ s}$
(۳) $t = 0.2 \text{ s}$ (۴) $t = 0.25 \text{ s}$

پاسخ مدت زمانی که طول می‌کشد انرژی جنبشی و پتانسیل یک نوسانگر از مقدار صفر به بیشینه برسد $\frac{T}{4}$ است:

$$\frac{T}{4} = 0.1 \text{ s} \rightarrow T = 0.4 \text{ s}$$

در لحظات $t = (2n-1)\frac{T}{4}$ $n=1, 2, \dots$ انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگر با یکدیگر برابر هستند:

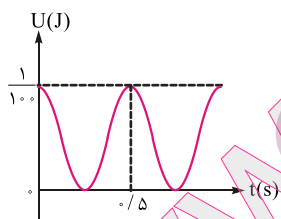
پس برای اولین بار در $t = \frac{T}{4}$ این دو با یکدیگر برابر می‌شوند:

$$t = \frac{T}{4} = \frac{0.4}{4} = 0.1 \text{ s}$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۳۲ نمودار انرژی جنبشی بر حسب زمان برای نوسانگر ساده‌ای که با دامنه 5 cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، مطابق شکل زیر است. جرم این نوسانگر چند گرم است؟ ($\pi^2 = 10$)

(مرتبط با صفحه ۵۸ کتاب درسی) (آزمون کانون - ۸۸)



- (۱) ۵
(۲) ۵۰
(۳) ۲۰
(۴) ۲۰۰

پاسخ

$$\frac{T}{2} = 0.5 \text{ s} \rightarrow T = 1 \text{ s}$$

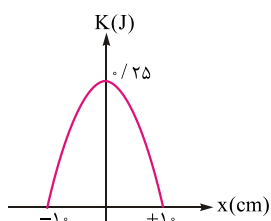
$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{1} = 2\pi \text{ rad/s}$$

$$U_m = E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{1}{2} \times m \times \left(\frac{5}{100}\right)^2 \times (2\pi)^2 \Rightarrow m = 0.2 \text{ kg} = 200 \text{ g}$$

گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۳۳ نمودار تغییرات انرژی جنبشی بر حسب مکان نوسانگر ساده‌ای، مطابق شکل زیر است. در چند سانتی‌متری از مبدأ نوسان، انرژی جنبشی این نوسانگر برابر با 0.16 J است؟

(مرتبط با صفحه ۵۸ کتاب درسی) (آزمون کانون - دی ۹۱)





(۱) $3/6$

(۲) 6

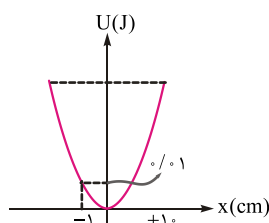
(۳) $6/4$

(۴) $4\sqrt{5}$

پاسخ مطابق نمودار $E = K_m = 0/25 J$ و $A = 10 cm$ است.

$$\frac{K}{K_m} = \frac{1}{2} \left(\frac{v}{v_m} \right)^2 = \frac{0/16}{0/25} = \frac{16}{25} \Rightarrow \frac{v}{v_m} = \frac{4}{5} \Rightarrow \frac{v}{A} = \frac{4}{5} \times \frac{3}{10} = \frac{12}{50} = \frac{6}{25} \text{ m/s}$$

گزینه ۲ صحیح است.

**مثال ۳۴** نمودار انرژی پتانسیل کشسانی یک نوسانگر هماهنگ ساده به جرم $200g$ بر حسب فاصله

آن از مرکز نوسان مطابق با شکل زیر است. دوره نوسان های این حرکت چند ثانیه طول می‌باشد؟

$(\pi^2 \approx 10)$

(مرتبط با صفحه ۵۸ کتاب درسی) (آزمون کانون - دی ۹۶)

(۱) $0/2$

(۲) $0/1$

(۳) $0/4$

(۴) $0/3$

پاسخ انرژی پتانسیل نوسانگر از رابطه $U = \frac{1}{2} kx^2$ به دست می‌آید.

$$U = \frac{1}{2} kx^2 \Rightarrow 0/25 = \frac{1}{2} k (0/1)^2 \Rightarrow k = \frac{200}{1} \frac{N}{m}$$

بسامد زاویه‌ای نوسانگر بر م - فنر عبارت است از:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{200}{0/2}} = 10\sqrt{10} \pi \approx 10 \frac{rad}{s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 10\pi = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 0/2 s$$

گزینه ۲ صحیح است.

ایران تونش

توشه‌ای برای موفقیت

مثال ۳۵ وزنه‌ای به جرم $0/5$ کیلوگرم به فنر سبکی با ثابت $200 \frac{N}{m}$ بسته شده و روی سطح افقی بدون اصطکاک نوسان می‌کند. اگردامنه $5cm$ باشد، سرعت وزنه در فاصله‌ی ۳ سانتی‌متری از مرکز نوسان چند متر بر ثانیه است؟

(مرتبط با مثال ۳-۳ صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۹۵)

(۱) $3/6$

(۲) $2/4$

(۳) $1/6$

(۴) $0/8$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{200}{0/5}} = 20 \frac{rad}{s}$$



با توجه به نکته فوق برای حل این سؤال می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{x}{A} = \sin(\omega t) \Rightarrow \frac{3}{5} = \sin(\omega t) \Rightarrow \omega t = \sin^{-1}\left(\frac{3}{5}\right) \Rightarrow t = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{3}{5}\right)}{\omega} = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{3}{5}\right)}{20} \approx \frac{0/6}{20} = 0/03 s$$



گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۳۶ در حرکت نوسانی ساده در لحظه‌ای که مکان نوسانگر $\frac{1}{5}$ بیش‌ترین فاصله‌ی نوسانگر از مبدأ مکان است، سرعت نوسانگر چه کسری از سرعت بیشینه است؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (آزاد تجربی - ۷۷)

$$\frac{16}{25} \quad (۴)$$

$$\frac{2\sqrt{5}}{5} \quad (۳)$$

$$\frac{\sqrt{24}}{5} \quad (۲)$$

$$\frac{4}{5} \quad (۱)$$

پاسخ با توجه به نکته فوق داریم:

$$\frac{x}{A} = \cos \varphi \rightarrow \varphi = \frac{1}{5} \xrightarrow{\cos \varphi = \frac{1}{5}} \varphi = \frac{\sqrt{24}}{5} \rightarrow \frac{v}{v_m} = \frac{\sqrt{24}}{5} \rightarrow v = \frac{\sqrt{24}}{5} v_m$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۳۷ رابطه‌ی انرژی جنبشی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای بر حسب زمان در SI به صورت $K(t) = 6 \sin^2(2\pi t)$ است. در لحظه‌ی $t = \frac{1}{3} \text{ s}$ انرژی پتانسیل نوسانگر چند ژول است؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (آزمون کانون - دی ۹۳)

$$\frac{4\sqrt{3}}{3} \quad (۴)$$

$$2\sqrt{3} \quad (۳)$$

$$1/5 \quad (۲)$$

$$4/5 \quad (۱)$$

پاسخ رابطه انرژی جنبشی بر حسب زمان به صورت $K(t) = K_m \sin^2 \omega t$ است:

$$K\left(\frac{1}{3}\right) = 6 \sin^2(2\pi \times \frac{1}{3}) = 4 \text{ J}$$

$$\left. \begin{aligned} E &= U + K \\ E &= K_m = 6 \end{aligned} \right\} \rightarrow 6 = 4/5 + U \rightarrow U = 1/5 \text{ J}$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۳۸ لحظه‌ای که انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر ساده‌ای، ۲۵ درصد انرژی مکانیکی آن است، بزرگی مکان نوسانگر چند برابر دامنه‌ی آن است؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری جامع از کشور تجربی - ۹۳)

$$\frac{1}{2} \quad (۴)$$

$$\frac{1}{4} \quad (۳)$$

$$\frac{1}{5} \quad (۲)$$

$$\frac{3}{4} \quad (۱)$$

$$\frac{U}{E} = \frac{25}{100} \xrightarrow{E=U_m} \frac{U}{U_m} = \frac{25}{100} = \cos^2 \varphi = \left(\frac{x}{A}\right)^2 \rightarrow \frac{x}{A} = \frac{5}{10} \rightarrow x = \frac{1}{2} A$$

پاسخ

گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۳۹ A دامنه و X مکان یک نوسانگر است. در لحظه‌ای که $X = A$ است، انرژی پتانسیل نوسانگر 36 J است. اگر $x = \frac{\sqrt{3}}{2} A$ شود، انرژی جنبشی نوسانگر چند ژول می‌شود؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری تجربی - ۸۹)

$$0/27 \quad (۴)$$

$$0/18 \quad (۳)$$

$$0/09 \quad (۲)$$

$$0/06 \quad (۱)$$



$$\frac{x}{A} = \cos \varphi \rightarrow \cos \varphi = \frac{\sqrt{3}}{2} \xrightarrow{\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1} \sin^2 \varphi = \frac{1}{4} \rightarrow \frac{K}{K_m} = \sin^2 \varphi \xrightarrow{K_m = U_m} \frac{K}{0.36} = \frac{1}{4} \rightarrow K = 0.09 J$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۴۰ بیشترین سرعت یک نوسانگر $\frac{m}{s}$ است. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل نوسانگر ۸ برابر انرژی جنبشی آن است، سرعت نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۷۸)

۳ (۴)

۲ (۳)

۱/۵ (۲)

۱ (۱)



$$\left. \begin{array}{l} U = \lambda K \\ E = U + K \end{array} \right\} \rightarrow E = \lambda K \xrightarrow{E = K_m} \frac{K}{K_m} = \frac{1}{\lambda} \rightarrow \left(\frac{v}{v_m}\right)^2 = \frac{1}{\lambda} \rightarrow \frac{v}{v_m} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \rightarrow v = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \times 6 = 2 m/s$$

گزینه ۳ صحیح است.

آونگ ساده

آونگ ساده، وزنه‌ای به جرم m است که از یک سر نخ بدون جرم و کش نیامدنی به طول L که سر دیگر آن ثابت شده، آویزان است. در صورتی که زاویه انحراف از راستای قائم این آونگ کوچک ($\theta < 60^\circ$) باشد، حرکت نوسانی آونگ یک حرکت هماهنگ ساده خواهد بود. در این صورت:

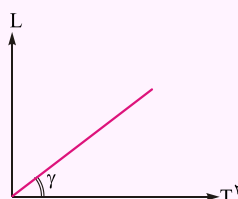
$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad \text{و} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

مشاهده می‌کنیم که بسامد زاویه‌ای و دوره تناوب آونگ ساده فقط به جذر g و L بستگی دارد.

توشه‌ای برای موفقیت

نکته: به کمک رابطه دوره تناوب می‌توان به تعیین مقدار g در هر مکان اقدام کرد:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$



$$L = \frac{g}{4\pi^2} T^2 \rightarrow \gamma = \frac{g}{4\pi^2}$$

مثال ۴۱ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.



(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (نهایی ریاضی دی ۸۹)

الف) دوره تناوب نوسان‌های آونگ ساده به جرم گلوله آن بستگی ندارد.

ب) دوره تناوب آونگ ساده با طول آن نسبت عکس دارد.

پ) اگر طول یک آونگ ساده را دو برابر کنیم، بسامد نوسان‌های آن $\sqrt{2}$ برابر خواهد شد.

ت) در آونگ ساده با افزایش طول آونگ، دوره تناوب افزایش می‌یابد.

پاسخ (الف) درست

ب) نادرست، دوره تناوب آونگ ساده با جرم طول آن نسبت مستقیم دارد.

پ) نادرست، اگر طول یک آونگ ساده را دو برابر کنیم، بسامد نوسان‌های آن $\frac{\sqrt{2}}{2}$ برابر خواهد شد.

ت) درست

مثال ۴۲) طول آونگ ساده کم‌دامنه‌ای $16/0$ متر است.الف) دوره حرکت نوسانی آونگ، چند ثانیه است؟ ($g = \pi^2 \frac{m}{s^2}$)

ب) این آونگ در مدت ۴۰ ثانیه، چند نوسان انجام می‌دهد؟

پ) به کمک یک گلوله به جرم m و قطعه نخ سبکی به طول L ، آونگ ساده‌ای ساخته و دوره آن را با زاویه انحراف ۶ درجه اندازه می‌گیریم. سپس جرم گلوله را دو برابر ($2m$) و طول آونگ را نصف می‌کنیم. دوره آن چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (نهایی تجربی بهار ۸۷)

پاسخ (الف)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0/16}{\pi^2}} = 2 \times 0/4 = 0/8 \text{ s}$$

ب)

$$T = \frac{t}{N} \rightarrow N = \frac{t}{T} = 50$$

پ) با توجه به $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ، دوره تناوب آونگ با دو برابر شدن جرم تغییری نمی‌کند، چرا که دوره تناوب آونگ به جرم آن بستگی ندارد.

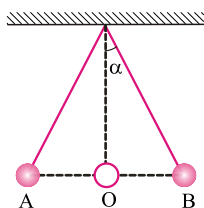
دوره تناوب آونگ با جرم طول آن رابطه مستقیم دارد. پس با نصف شدن طول آونگ، دوره تناوب کاهش می‌یابد.

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} T_1 \approx 0/707 T_1$$

مثال ۴۳) شکل زیر، آونگ ساده ای را نشان می‌دهد که بین دو مکان A و B با زاویه ی کوچک در اطراف وضع تعادل خود (O) حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. درستی یا نادرستی هر یک از عبارات‌های زیر را مشخص کنید.



(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (نهایی ریاضی شهریور ۹۳) (مشابه نهایی ریاضی دی ۹۰) (نهایی ترمی ویرانی دوم تیر ۹۰ صبیح)



- الف) در مکان (O) ، انرژی جنبشی نوسانگر به حداقل می‌رسد.
 ب) در مکان (A) ، انرژی پتانسیل نوسانگر بیشینه است.
 پ) انرژی مکانیکی نوسانگر در کل مسیر نوسان ثابت می‌ماند.
 ت) در مکان (B) ، انرژی جنبشی نوسانگر صفر می‌شود.



پاسخ

الف) نادرست ب) درست پ) درست ت) درست

توضیح: در حرکت نوسانی، در دو انتهای پاره‌خط نوسان $(x = \pm A)$ یا نقاط بازگشت سرعت و انرژی جنبشی نوسانگر کمینه $(= 0)$ و انرژی پتانسیل آن بیشینه است.

در نقطه تعادل انرژی پتانسیل صفر و انرژی جنبشی نوسانگر بیشینه است. در صورتی که اتلاف انرژی وجود نداشته باشد، انرژی مکانیکی در تمام نقاط مسیر ثابت است.

پس به غیر از بند الف که نادرست است، بقیه‌ی بندها درست هستند.

مثال ۴۴) آونگ ساده‌ای به طول $۲۴/۵$ سانتی‌متر در حال نوسان است. دوره‌ی تناوب آن چند ثانیه است؟ $(g = ۹/۸ \frac{m}{s^2})$ و $(\pi^2 = ۱۰)$

(سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۱) (مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی)

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)



پاسخ

دوره تناوب آونگ ساده از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{24.5 \times 10^{-2}}{9.8}} = 2\pi \sqrt{0.25} = 2\pi \times 0.5 = \pi \text{ s}$$

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۴۵) آونگ ساده‌ای به طول یک متر، نوساناتی کم دامنه انجام می‌دهد. گلوله این آونگ در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟ $(g = \pi^2)$

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۹۱)

۱۲۰ (۴)

۶۰ (۳)

۴۰ (۲)

۳۰ (۱)



پاسخ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{\pi^2 \times 1}{10}} = 2\pi \times 1 = 2\text{ s} \Rightarrow T = \frac{t}{N} \rightarrow N = \frac{60}{2} = 30$$

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۴۶) دو آونگ ساده‌ی A و B در کنار هم نوسان می‌کنند و به ازای هر ۴ نوسان آونگ A ، آونگ B ۵ نوسان انجام می‌دهد. طول آونگ A چند برابر طول آونگ B است؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری خارج از کشور ترمی - ۹۱)

 $\frac{۱۶}{۲۵}$ (۴) $\frac{۲۵}{۱۶}$ (۳) $\frac{۴}{۵}$ (۲) $\frac{۵}{۴}$ (۱)

پاسخ

به کمک رابطه $T = \frac{t}{N}$ در می‌یابیم که تعداد نوسان‌های یک نوسانگر با دوره تناوب آن رابطه وارون دارد:



$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{N_B}{N_A} \quad (۱)$$

از طرف دیگر $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ است:

$$\frac{T_A}{T_B} = \sqrt{\frac{L_A}{L_B}} \quad (۲)$$

از رابطه (۱) و (۲) نتیجه می‌گیریم:

$$\frac{N_B}{N_A} = \sqrt{\frac{L_A}{L_B}} \rightarrow \frac{5}{4} = \sqrt{\frac{L_A}{L_B}} \rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{25}{16}$$

گزینه ۳ صحیح است.

مثال ۴۷) دوره تناوب آونگ ساده‌ای ۳ ثانیه است. کاهش طول آونگ چه کسری از طول اولیه آونگ شود تا دوره تناوب آن یک ثانیه شود؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۸۳)

$$\frac{8}{9} \quad (۴)$$

$$\frac{5}{9} \quad (۳)$$

$$\frac{4}{9} \quad (۲)$$

$$\frac{2}{9} \quad (۱)$$

پاسخ ☒ با توجه به رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ داریم:

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \rightarrow \frac{1}{3} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{1}{9} \rightarrow L_2 = \frac{1}{9}L_1$$

$$\frac{\Delta L}{L_1} = \frac{L_2 - L_1}{L_1} = \frac{\frac{1}{9}L_1 - L_1}{L_1} = -\frac{8}{9}$$

علامت منفی کاهش یافتن طول را نشان می‌دهد.

گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۴۸) یک آونگ را در ارتفاع $h = R$ (شعاع کره زمین) از سطح زمین به نوسان در می‌آوریم. بسامد آن نسبت به حالتی که در سطح زمین نوسان می‌کند، چند برابر خواهد شد؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری تجربی - ۶۹)

$$4 \quad (۴)$$

$$2 \quad (۳)$$

$$\frac{1}{2} \quad (۲)$$

$$\frac{1}{4} \quad (۱)$$

پاسخ ☒ با توجه به رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ خواهیم داشت:

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} \xrightarrow{g = \frac{GM_e}{r^2}} \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{r_1^2}{r_2^2}} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{R+R}{R} = 2 \xrightarrow{f = \frac{1}{T}} \frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{2}$$

گزینه ۲ صحیح است.



مثال ۴۹ کدام تغییر می‌تواند حرکت یک آونگ ساده کم‌دامنه را کند نماید؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (آزمون کانون - ۹۱)

- (۱) افزایش جرم گلوله آونگ
(۲) افزایش طول نخ آونگ
(۳) افزایش زاویه انحراف آونگ کم‌دامنه از حالت قائم
(۴) افزایش شتاب گرانش در محل آونگ

پاسخ نکته کلیدی در این سؤال مفهوم «کند شدن» است. هرگاه دوره تناوب حرکت نوسانگر افزایش یابد، حرکت نوسانگر کندتر می‌شود. پس مفهوم سؤال این است که «چه تغییری باعث افزایش دوره تناوب می‌شود؟»

با توجه به $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ می‌توان گفت که با افزایش طول نخ آونگ، دوره تناوب آن افزایش می‌یابد و آونگ «کندتر» عمل می‌کند. گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۵۰ دوره‌ی تناوب آونگ ساده‌ای در یک مکان معین، برابر ۲ ثانیه است و در مدت ۲/۶ دقیقه، N نوسان کامل انجام می‌دهد، طول آونگ را چند درصد کاهش یا افزایش دهیم تا در همان مدت و در همان مکان، $N-18$ نوسان کامل انجام دهد؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۹۴)

- (۱) ۶۹ درصد کاهش
(۲) ۶۹ درصد افزایش
(۳) ۳۱ درصد کاهش
(۴) ۳۱ درصد افزایش

پاسخ ابتدا اندازه N_1 و N_2 را تعیین می‌کنیم:

$$T = \frac{t}{N} \rightarrow N = \frac{2/6 \times 60}{2} = 18 \quad N_2 = 18 - 60 = 42$$

اکنون به کمک $N = \frac{t}{T}$ و $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ داریم:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\sqrt{L_1}}{\sqrt{L_2}} \rightarrow \frac{18}{42} = \frac{\sqrt{L_1}}{\sqrt{L_2}} \rightarrow \frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{18}{42}\right)^2 = \frac{9}{49} \rightarrow \frac{L_1}{L_2} = \frac{9}{49} \rightarrow L_1 = \frac{9}{49} L_2$$

در نتیجه باید طول آونگ را ۶۹ درصد افزایش دهیم. گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۵۱ شخصی آونگ ساده‌ای به طول ۱۰۱ سانتی‌متر را که به انتهای آن وزنه‌ای به جرم ۱ kg متصل است، از سقف اتاق خود آویزان کرده و آن را از وضع تعادل خود (حالت قائم) دور می‌کند. اگر آونگ در مدت یک دقیقه ۳۰ نوسان کامل کم‌دامنه انجام دهد، اندازه شتاب گرانش زمین در محل انجام این آزمایش چند $\frac{m}{s^2}$ است؟ ($\pi^2 = 10$)

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (آزمون کانون - دی ۹۳)

- (۱) ۹/۸
(۲) ۱۰/۱
(۳) ۱۰
(۴) ۹/۹

پاسخ ابتدا دوره تناوب آونگ را محاسبه می‌کنیم:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{60}{30} = 2s$$

دوره تناوب آونگ از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow 2 = 2\sqrt{\frac{\pi^2 \times 1/01}{g}} \rightarrow g = 10 \times 1/01 = 10/1 m/s^2$$

گزینه ۲ صحیح است.



مثال ۵۲ معادله مکان-زمان یک آونگ ساده در SI به صورت $x(t) = 2 \times 10^{-2} \cos(2\pi t)$ است. طول این آونگ چند سانتی‌متر است؟
 $(g = 10 \frac{N}{kg} \text{ و } \pi^2 = 10)$

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (آزمون کانون - فرداد ۹۳)

۱۵ (۴)

۱۰۰ (۳)

۲۵ (۲)

۵۰ (۱)

پاسخ در یک آونگ ساده بسامد زاویه‌ای از رابطه $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$ به دست می‌آید؛

$$\omega^2 = \frac{g}{L} \Rightarrow \pi^2 \times 2 \rightarrow \frac{g}{L} = L \times \frac{1}{4} = 0.25 \Rightarrow L = 25 \text{ cm}$$

معادله مکان-زمان یک نوسانگر هماهنگ ساده به صورت زیر است:

$$x(t) = A \cos(\omega t) \quad \text{و} \quad x(t) = 2 \times 10^{-2} \cos(2\pi t)$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۵۳ طول یک آونگ ساده را ۳۶ درصد کاهش می‌دهیم. در این حالت اندازه تغییرات دوره نوسان‌های کم‌دامنه این آونگ ساده چند درصد است؟

(مرتبط با صفحه ۵۹ کتاب درسی) (آزمون کانون - دی ۹۳)

۸۰ (۴)

۸ (۳)

۲۰ (۲)

۶ (۱)

پاسخ

$$\frac{|\Delta L|}{L_1} = \frac{36}{100} \rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{64}{100}$$

دوره تناوب آونگ با فز طول آن رابطه مستقیم دارد:

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{64}{100}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{8}{10} \Rightarrow T_2 = 0.8 T_1$$

$$\frac{\Delta T}{T_1} \times 100 = \frac{0.8 T_1 - T_1}{T_1} \times 100 = -20\%$$

نکته مناسباتی تستی:

درصد تغییرات یک رویکرد این است که مقدار اولیه آن کمیت را ۱۰۰ در نظر بگیریم و بر این اساس مناسبات را انجام دهیم.

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \rightarrow \frac{T_2}{100} = \sqrt{\frac{100-36}{100}} = \frac{8}{10} \rightarrow T_2 = 80 \Rightarrow \Delta T = 80 - 100 = -20\%$$

تشدید

۴



هر نوسانگری دارای یک بسامد طبیعی است. مثلاً بسامد طبیعی نوسان گر جرم- فنر از $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$ و بسامد طبیعی آونگ ساده از $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$ به دست می‌آید. با اعمال یک نیروی خارجی دورهای می‌توان دستگاه را با بسامدی مستقل از بسامد طبیعی آن به نوسان وا داشت. به این حرکت، نوسان واداشته گفته می‌شود و بسامد این نوسان را با f_d نشان می‌دهند. در صورتی که بسامد نوسان واداشته با بسامد طبیعی نوسان گر یکسان شود، دامنه نوسان بیشتر و بیشتر می‌شود. در این حالت به اصطلاح گفته می‌شود برای دستگاه تشدید (رزونانس) رخ داده است.

پدیده تشدید از میرا شدن نوسان جلوگیری می‌کند.

این پدیده می‌تواند باعث رخدادهایی مفید مورد انتظار و یا رخدادهای مخرب غیر منتظره گردد.



مثال ۵۴) به هر یک از سؤال‌های زیر پاسخ دهید:

(مرتبط با صفحه ۶۰ کتاب درسی) (نهایی ریاضی دی ۸۷ عمر)

الف) ساعت کوکی براساس چه پدیده‌ای در فیزیک نوسان، کار می‌کند؟ نقش این پدیده را توضیح دهید.

ب) یک اثر مفید و یک اثر مخرب پدیده تشدید را بنویسید.

پ) وقتی یک بالگرد از بالای ساختمان عبور می‌کند، مشاهده می‌کنید که شیشه‌های ساختمان به شدت می‌لرزد. لرزش شدید شیشه‌ها را چگونه توجیه می‌کنید؟



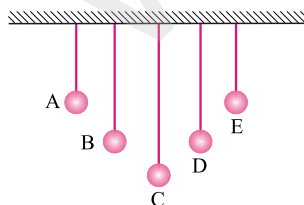
پاسخ الف) پرده تشدید- این پرده می‌تواند نقشی مفرب یا مؤثر و مفید داشته باشد. انرژی که یک نیروی قاربی نوسانی (دوره‌ای) می‌تواند به یک نوسانگر در حالت تشدید منتقل کند، بیشینه است.

ب) تاب خوردن مثالی از نقش مفید، اما فراب شدن پل‌های معلق در اثر تشدید میان باد و سازه پل یک مثال از نقش مفرب این پرده است.

پ) لرزش شیشه‌ها به دلیل وجود تشدید میان صدای بالگرد و شیشه رخ می‌دهد.

مثال ۵۵) مطابق شکل زیر، از یک نخ، آونگ‌های ساده‌ای با جرم‌های یکسان می‌آویزیم. اگر آونگ B را از وضع تعادل خارج و رها کنیم، کدام آونگ پس از مدت طولانی‌تری می‌ایستد؟

(فصل سوم- فعالیت ۳-۳) (مرتبط با صفحه ۶۰ کتاب درسی)



- | | |
|-------|-------|
| A (۱) | C (۲) |
| D (۳) | E (۴) |



پاسخ هرگاه بسامد نیروی قاربی اعمالی به یک نوسانگر با بسامد طبیعی آن یکسان باشد، برای آن نوسانگر تشدید رخ می‌دهد. این یعنی آن نوسانگر در مقایسه با نوسانگرهای دیگری که برای آن‌ها تشدید رخ نمی‌دهد، مدت زمان پیش‌تری به نوسان می‌پردازد. در آونگ‌هایی که در یک مکان در حال نوسان هستند اگر طول دو آونگ یکسان باشد، میان آن‌ها تشدید رخ می‌دهد. پس آونگ D که با آونگ B هم طول است، در مقایسه با بقیه آونگ‌ها پس از مدت زمان طولانی‌تری می‌ایستد.

گزینه ۳ صحیح است.



مثال ۵۶ بین حرکات نوسانگر هماهنگ ساده جرم- فنری و حرکات آونگ ساده کم دامنه ای تشدید رخ داده است. در صورتی که طول آونگ را نصف کنیم، ثابت فنر نوسانگر هماهنگ ساده را چند برابر کنیم تا دوباره بین حرکات آن‌ها تشدید رخ دهد؟

(مرتبط با صفحه ۶۰ کتاب درسی) (آزمون کانون- دی ۹۱)

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (۴)$$

$$\frac{1}{4} \quad (۳)$$

$$\sqrt{2} \quad (۲)$$

$$2 \quad (۱)$$

پاسخ ✓ هرگاه بسامد نوسان‌های دو نوسانگر هماهنگ ساده یکسان شود، میان آن دو نوسانگر تشدید رخ می‌دهد؛

$$\omega_{\text{جرم-فنر}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \xrightarrow{\omega_{\text{جرم و فنر}}} \omega_{\text{آونگ}} = \frac{k}{m} \frac{g}{l} \quad \text{و} \quad \omega_{\text{آونگ}} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

از آن‌جا که در این سؤال mg تغییر نمی‌کند پس kl باید ثابت بماند.

در صورتی که L را نصف کنیم باید k را دو برابر کنیم تا kl ثابت بماند و دو نوسانگر هم‌فاز در تشدید بمانند.

گزینه ۱ صحیح است.

۵ موج و انواع آن

به هرگونه آشفتگی که در یک محیط کشسان (قابل ارتجاع) بوجود می‌آید، موج گفته می‌شود. محیط کشسان محیطی است که اگر آن را از حالت تعادل خارج کنیم، با ایجاد یک نیروی برگرداننده در خود، دوباره به حالت اولیه‌اش برمی‌گردد. گازها (مثل هوا)، مایعات (مثل آب) و جامدات (مثل فنر) یک محیط کشسان هستند.

تذکره: انتشار موج در هر محیط با انتقال انرژی همراه است. در واقع یکی از روش‌های انتقال انرژی در محیط‌های مادی استفاده از امواج است.

تذکره: امواج به دو صورت وجود دارند:

۱- امواج مکانیکی: امواجی که برای انتشار احتیاج به محیط‌های مادی کشسان و بصورت پیوسته دارند. انتشار صدا در هوا و یا امواج تولید شده در سطح آب مثل موج دریا و یا انتشار موج در فنری که آن را کشیده و رها می‌کنیم، همه نمونه‌هایی از انتشار امواج مکانیکی می‌باشند.

امواج مکانیکی در خلاء منتشر نمی‌شوند. (صوت در خلاء شنیده نمی‌شود)

۲- امواج الکترومغناطیسی: امواجی که از برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی و میدان‌های مغناطیسی بر یکدیگر بوجود می‌آیند و برای انتشار خود احتیاج به محیط‌های مادی ندارند. این موج‌ها هم در خلاء و هم در مواد منتشر می‌شوند. مثل نورهای مرئی و امواج رادیویی و تلویزیونی.

تذکره: در امواج مکانیکی، ذرات مادی محیط در جای خود وادار به ارتعاش می‌شوند و انرژی خود را به ذرات مجاور منتقل می‌کنند و ذرات بصورت تک تک اما با تأخیر زمانی نسبت به هم وادار به ارتعاش می‌شوند و در نهایت موج در محیط منتشر خواهد شد. (البته فرض بر این است که انرژی پایسته مانده و در محیط تلف نمی‌شود)

تذکر: در امواج الکترومغناطیسی همان‌طور که در درس‌های جلوتر اشاره می‌شود، این ذرات محیط نیستند که در جای خود نوسان و ارتعاش می‌کنند بلکه از نوسان میدان‌های الکتریکی و میدان‌های مغناطیسی در هر لحظه انرژی و در نهایت موج در فضا منتشر خواهد شد.

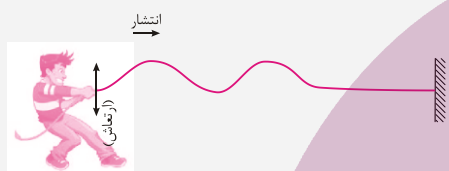
موج‌های پیش‌رونده:

موج‌های پیش‌رونده در یک محیط به دو صورت وجود دارند.

(۱) موج‌های عرضی (۲) موج‌های طولی

(۱) موج عرضی: اگر راستای حرکت و پیش روی موج در یک محیط، عمود بر راستای ارتعاش و یا نوسان تک‌تک ذرات آن محیط باشد، طریق انتشار این موج عرضی می‌باشد.

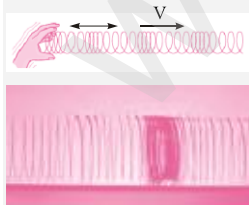
بطور مثال مطابق شکل مقابل هنگامی که یک طناب کشیده شده را با دست خود بالا و پایین می‌بریم، انتشار موج در طول طناب به طرف راست می‌باشد، در حالی که تک‌تک ذرات و نقاط طناب در جای خودشان بالا و پایین می‌روند.



در واقع حرکت یا انتشار موج در طول طناب با سرعت ثابت $\vec{v}$ به طرف راست بوده، ولی ارتعاش و یا نوسان ذرات طناب در جای خود به طرف بالا و پایین است یعنی ارتعاش ذرات بر انتشار موج عمود است و شبیه به یک موج سینوسی خواهد بود.



(۲) موج طولی: اگر راستای حرکت و یا انتشار موج در یک محیط هم راستا یا موازی با نوسان و یا ارتعاش ذرات آن محیط باشد انتشار موج به طریق طولی خواهد بود. یک فنر بلند که روی سطح افقی می‌زی قرار دارد را تصور کنید، حال اگر یک سر آزاد آن را به جلو و عقب حرکت دهیم، حلقه‌های فنر به سرعت این وضعیت کشیدگی و یا فشردگی را به نوبت به حلقه‌های مجاور در طول فنر منتقل می‌کنند در این صورت انتشار موج منطبق یا موازی با ارتعاش ذرات محیط است.



تذکر: در انتشار امواج به صورت عرضی با نقاطی بصورت برجستگی (قله) و فرورفتگی (دره) و در انتشار امواج به صورت طولی با نقاطی به صورت تراکم (نزدیک شدن حلقه‌های فنر) و انبساط (دور شدن حلقه‌های فنر) مواجه هستیم.

نکته مهم: سرعت انتشار موج ($\vec{v}$) در هر محیط مقدار ثابتی خواهد بود، که به جنس آن محیط بستگی دارد در حالیکه سرعت ارتعاش با نوسان تک‌تک ذرات محیط در جای خودش، دقیقاً مثل یک نوسانگر ساده به شرایطی مثل دامنه (A) و بسامد



(f) نوسان بستگی دارد.

تذکره: تمام نقاط و ذرات محیط با یک دامنه و یک بسامد نوسان ارتعاش می کنند که دقیقاً همان دامنه و بسامد چشمه تولید موج است. مثلاً اگر دست شخصی برای تولید موج عرضی در طول یک طناب در هر ثانیه ۴ بار بالا و پایین شده باشد ($f = 4\text{Hz}$) بسامد ارتعاش تمام نقاط طناب همین مقدار خواهد بود.

مثال ۵۷) به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) چه عاملی از یک محیط کشسان، باعث انتشار موج در آن می‌شود؟

ب) درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید.

۱) محیط کشسان، محیطی است که وقتی در آن تغییر شکلی ایجاد شود، نیروهای کشسان ایجاد شده بین اجزای محیط، تمایل دارند محیط را به حالت اول خود برگردانند.

۲) چشمه یک موج سینوسی، نوسانگری است که دارای دامنه و بسامد ثابتی است.

ج) انتقال انرژی بدون انتقال ماده را می‌نامند.

(مرتبط با صفحه‌های ۶۱ و ۶۲ کتاب درسی) (نهایی ریاضی دی ۸۷ - نهایی ریاضی دی ۸۹ - نهایی ریاضی مجرای تیر ۹۰ - تهران ۱۳ (همای اظهر ۹۱)

الف) در یک محیط کشسان و بدون یک نیروی برگرداننده باعث ایجاد موج می‌شود. (مثل نیروی برگرداننده فنر)

ب) ۱) درست ۲) درست

ج) موج

مثال ۵۸) با ایجاد موج سینوسی در یک محیط، حرکت ذره‌های محیط با شتاب (متغیر - ثابت) انجام می‌شود.

(مرتبط با صفحه ۶۲ کتاب) (نهایی دی ۸۹)

پاسخ حرکت ذره‌های محیط دقیقاً رفتار یک حرکت نوسانی ساده را دارند که با شتاب متغیر بر روی خط راست می‌باشند.

مثال ۵۹) اگر دامنه ارتعاشات یا نوسان یک طناب کشیده شده را دو برابر کنیم، سرعت انتشار موج در طول طناب و سرعت ارتعاشات ذرات طناب به ترتیب از راست به چپ چند برابر خواهند شد؟

(مرتبط با صفحه‌های ۶۱ و ۶۲ کتاب درسی)

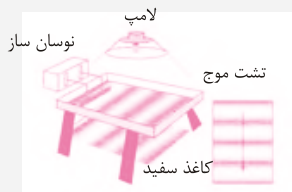
۱) ۱ و ۱ ۲) ۲ و ۱ ۳) ۲ و ۲ ۴) ۴ و ۱

پاسخ سرعت موج فقط به محیط انتشار مرتبط است و هرگز سرعت ذرات از Aw رابطه تبعیت می‌کند پس ۲ برابر می‌شود.

گزینه ۲ صحیح است.

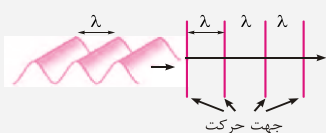
۶ مشخصه‌های موج

در یک دستگاه تشت موج (مطابق شکل مقابل) اگر نوسان ساز یک میله نازک باشد در سطح آب امواج تخت و اگر به جای نوسان‌ساز یک گلوله فلزی قرار گرفته باشد امواج دایره‌ای حاصل خواهد شد.



امواج تولید شده در سطح آب در تمام جهات روی سطح آب بصورت فرو رفتگی و برآمدگی ایجاد می‌شوند که به آنها یک جبهه موج می‌گویند.

تعریف طول موج (λ): فاصله بین دو برآمدگی متوالی از هم یا دو فرو رفتگی متوالی از هم را طول موج می‌گویند. در واقع مسافتی که موج در مدت یک دوره تناوب در محیط پیشروی می‌کند، طول موج نامیده می‌شود.



تذکره: همان طور که قبلاً هم اشاره شد دامنه (A) امواج تولید شده در سطح آب و بسامد ارتعاشات (f) با دامنه و بسامد جبهه تولید موج برابر است.

یادآوری: بسامد یا فرکانس (f)، تعداد نوسانات (ارتعاشات) انجام شده توسط هر ذره محیط (یا تعداد نوسانات چشمه موج) در هر ثانیه می‌باشد و یکای آن هرتز Hz است.

رابطه بسامد و دوره تناوب:

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

نکته: از آنجایی که سرعت تندی انتشار موج در یک محیط ثابت می‌باشد مسافت طی شده توسط موج در یک دوره تناوب برابر است با:

$$\Delta x = v \cdot \Delta t \xrightarrow[\Delta x = \lambda]{\Delta t = T} \boxed{\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}}$$

تذکره: در رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ ، v سرعت تندی انتشار موج در محیط بوده که فقط به جنس و ویژگی‌های محیط (مثل چگالی، فشار، دما و...) بستگی دارد و تابع شرایط منبع تولید موج نیست در صورتی که f (بسامد) به ویژگی‌های منبع تولید موج بستگی دارد و تابع شرایط محیط نیست.



نکته: تندی انتشار امواج لرزه‌ای بر سطح آب به عمق آب موجود در تشت بستگی دارد.

همچنین در عمق های زیاد، تندی موج فقط به طول موج بستگی دارد و در عمق های نه چندان زیاد، تندی موج علاوه بر طول موج به عمق آب هم بستگی دارد.

مثال ۶۰ در سطح تشت آبی امواج دایره‌ای با دوره تناوب یک ثانیه تولید شده است.

(مشابه مثال ۳-۵ صفحه ۶۴ کتاب درسی)

الف) اگر فاصله دو برآمدگی متوالی از هم 50 cm باشد، تندی موج چند $\frac{m}{s}$ است؟

ب) اگر عمق آب در همین تشت بیشتر شود، بسامد امواج تولیدی و فاصله دو برآمدگی مجاور هم چه تغییری خواهد کرد؟

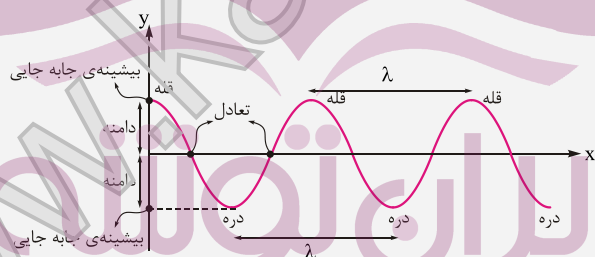
پاسخ (الف)

$$\lambda = v \cdot T \xrightarrow{T=1s} v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0.5}{1} = 0.5 \frac{m}{s}$$

ب) بسامد امواج تابع شرایط پشته موج بوده و تغییری نمی‌کند، اما چون عمق آب تشت زیاد شده، تندی موج افزایش یافته و طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ با ثابت ماندن f و افزایش v ، مقدار λ بیشتر می‌شود و فاصله دو برآمدگی مجاور از هم بیش‌تر از حالت قبل خواهد بود.



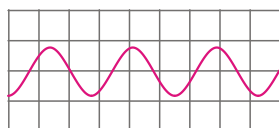
تذکر: نمودار تابع موج‌های عرضی و یا طولی می‌توانند بصورت سینوسی یا کسینوسی باشند.



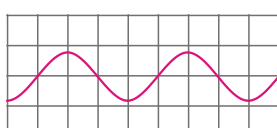
تذکر: دامنه امواج همواره برابر با پیشینه جابه‌جایی موج نسبت به نقطه تعادل است.

مثال ۶۱ دامنه و طول موج هر کدام از اشکال موج‌های الف، ب، پ را با دامنه و طول موج عرضی شکل روبرو مقایسه کنید.

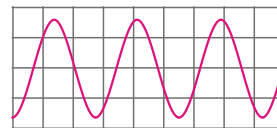
(مشابه پرسش ۳-۴ کتاب درسی صفحه ۶۵)



(پ)



(ب)



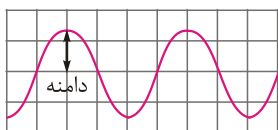
(الف)



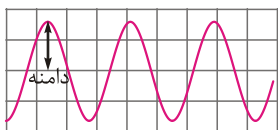
پاسخ دامنه موج (الف) بیشتر از شکل موج داده شده است.

دامنه موج (ب) کم‌تر از شکل موج داده شده است.

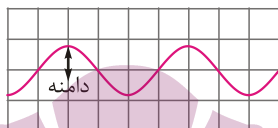
دامنه موج (پ) کم‌تر از شکل موج داده شده است.



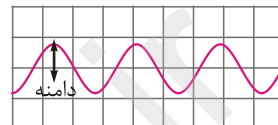
(شکل)



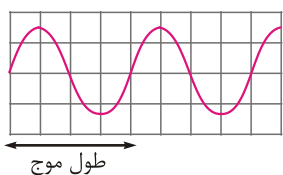
(الف)



(ب)



(پ)

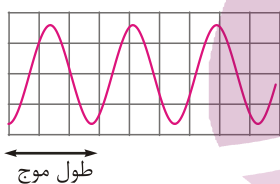


(شکل)

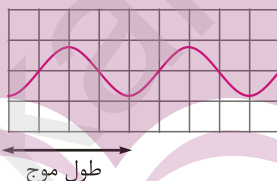
طول موج، موج (الف) کوتاه‌تر از طول موج شکل داده شده است.

طول موج، موج (ب) تقریباً هم‌اندازه طول موج شکل داده شده است.

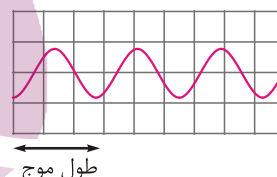
طول موج، موج (پ) کوتاه‌تر از طول موج شکل داده شده است.



(الف)



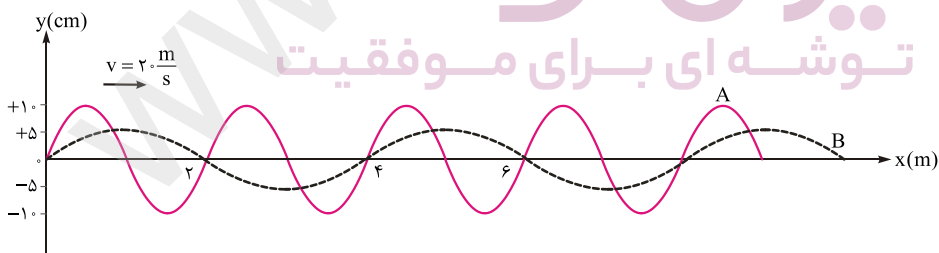
(ب)



(پ)

مثال ۶۲ شکل زیر نقش دو موج را در یک لحظه معین نشان می‌دهد که با سرعت یکسان ۲۰ متر بر ثانیه به طرف راست در حرکت‌اند.

(مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب) (تهران: فیاض‌پخش ۹۱)



الف) طول موج هر موج چند متر است؟

ب) بسامد هر موج چند هرتز است؟

پ) بیشینه تندی که موج A به ذره‌های محیط کشسان می‌دهد تا حول وضع تعادلشان به نوسان درآیند چند متر بر ثانیه است؟

($\pi = ۳$)



پاسخ (الف)

$$\lambda_A = ۲m$$

$$\frac{1}{2}\lambda_B = 2 \rightarrow \lambda_B = 4m$$

(ب)

$$\lambda_A = \frac{v_A}{f_A} \rightarrow 2 = \frac{20}{f_A} \rightarrow f_A = 10Hz$$

$$\lambda_B = \frac{v_B}{f_B} \rightarrow 4 = \frac{20}{f_B} \rightarrow f_B = 5Hz$$

(پ)

$$v_{\max} = A \cdot \omega$$

$$\omega_A = 2\pi f_A = 2\pi \times 10 = 20\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \simeq 60 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$(v_{\max})_A = A \cdot \omega = 0.1 \times 20\pi = 2\pi \simeq 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\omega_B = 2\pi f_B = 2\pi \times 5 = 10\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \simeq 30 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$(v_{\max})_B = A \cdot \omega = 0.05 \times 10\pi = 0.5\pi \simeq 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

مثال ۶۳ عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

(الف) هرچه سرعت انتشار موج در یک محیط بیش‌تر باشد، طول موج (کم‌تر - بیش‌تر) می‌شود.

(ب) هنگام انتشار موج مکانیکی در یک محیط، ذره‌های محیط همگی با (یک بسامد - بسامدهای متفاوت) نوسان می‌کنند.

(پ) در یک محیط با افزایش بسامد چشمه موج، طول موج (کاهش - افزایش) می‌یابد.

(ت) در یک محیط دو موج با طول موج‌های $\lambda_1 = 25cm$ و $\lambda_2 = 10cm$ منتشر می‌شود. سرعت انتشار دو موج در این محیط (یکسان - متفاوت) بوده و نسبت بسامد موج دوم به موج اول برابر (چهار - یک چهارم) است.

(مرتبط با صفحه‌های ۶۴ و ۶۵ کتاب درسی) (نهایی ریاضی پایه دوازدهم ۹۰ - نهایی ریاضی اسفند ۹۰ - نهایی ریاضی فروردین ۹۱)

پاسخ (الف) بیش‌تر (طبق رابطه $\lambda \uparrow = \frac{v \uparrow}{f}$)

(ب) یک بسامد

(پ) کاهش (طبق رابطه $\lambda \downarrow = \frac{v}{f \uparrow}$)

(ت) یکسان (سرعت امواج در یک محیط با شرایط محیطی یکسان بدون تغییر فواهد بود) - چهار

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{v_1=v_2} \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{f_2}{f_1} \Rightarrow \frac{25}{10} = \frac{f_2}{f_1} \rightarrow \frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{4}$$

مثال ۶۴ موج عرضی در یک محیط منتشر می‌شود و فاصله بین دو قله متوالی آن $10cm$ است. اگر سرعت انتشار موج در آن محیط

$5 \frac{m}{s}$ باشد، بسامد موج چند هرتز است؟

(مرتبط با صفحه ۶۴ کتاب درسی) (مراستری ترمز - ۹۱)



$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{\lambda = 1 \text{ cm}} \frac{1}{f} = \frac{5}{f} \rightarrow f = 5 \text{ Hz}$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۶۵ معادله حرکت نوسانی چشمه موجی در SI به صورت $x(t) = A \cos(\omega t)$ است. اگر این نوسان‌ها در یک محیط با سرعت $20 \frac{m}{s}$ انتشار یابد و طول موج برابر 0.8 متر باشد، ω چند رادیان بر ثانیه است؟

(مرتبط با صفحه ۶۴ کتاب درسی) (سراسری ترمی - ۸۷)

(۴) 200π

(۳) 100π

(۲) 50π

(۱) 25π



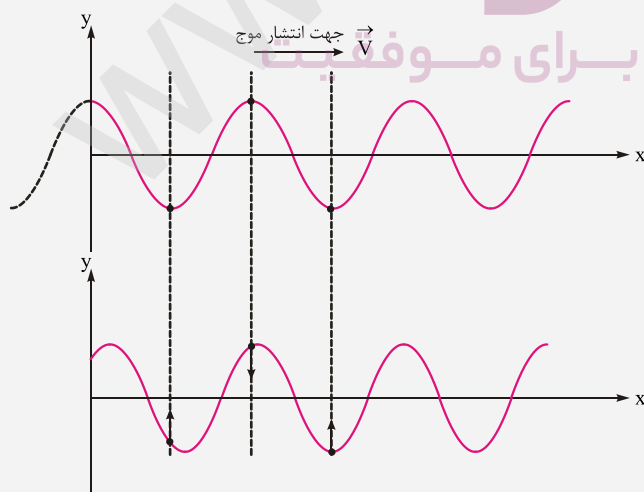
$$\lambda = v \cdot T \xrightarrow{\lambda = 0.8 \text{ m}} \frac{0.8}{20} = T \rightarrow T = \frac{0.8}{20} = \frac{1}{25} \text{ (s)}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{1/25} = 50\pi \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

گزینه ۲ صحیح است.

موج عرضی و مشخصه‌های آن

باتوجه به نقش انتشار یک موج عرضی در طول یک طناب (مطابق شکل) برای اینکه جهت ارتعاش و یا نوسان هر ذره از طناب را در وضعیت بعدی آن (عکس بعدی طناب) درک کنیم، باید باتوجه به جهت انتشار موج به وضعیت تپ یا پالس قبلی آن نگاه کنیم. اگر تپ قبلی ذره باشد، جهت ارتعاش این ذره رو به پایین خواهد بود و اگر تپ قبلی قله باشد، جهت ارتعاش این ذره رو به بالا خواهد بود.



همچنین تمام ذرات طناب با پیشروی موج به اندازه یک طول موج یک نوسان کامل انجام داده‌اند.

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

نکته: تندی انتشار موج در یک فنر یا تار برابر است با:

در این رابطه F نیروی کشیدگی یا کششی ریسمان یا تار می‌باشد که یکای آن در SI نیوتن است و μ چگالی خطی جرم یا جرم واحد طول تار مرتعش می‌باشد یعنی جرم تار تقسیم بر طول آن

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

تذکر: L به یکای متر و m به یکای kg است.

$$v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}}$$

تذکر: هرچه سختی جسمی بیش‌تر و چگالی آن کم‌تر باشد، تندی انتشار موج آن بیش‌تر می‌شود. به عنوان مثال در آونگ‌های فنری یا آونگ‌های جفت شده در قسمت نوسان (مطابق شکل مقابل) هرچه جرم گوی‌ها کم‌تر و ضریب سختی (ثابت فنرها) بیش‌تر باشد، تندی انتشار موج تولید شده در طول فنر بیش‌تر خواهد بود.



(پ)



(ب)



(الف)

مثال ۶۶) اگر یک فنر به جرم $۰/۶ kg$ بر روی سطح سختی با نیروی $۱/۲ N$ کشیده شود و طول آن به $۱۲/۵ cm$ برسد:

الف) تندی انتشار موج در فنر چند $\frac{m}{s}$ است؟

ب) در صورتی که طول موج ایجاد شده در فنر $۵ cm$ باشد، بسامد نوسان فنر چند هرتز است؟

(مشابه مثال ۳-۶ صفحه ۶۵ کتاب درسی)

پاسخ (الف)

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{۰/۶}{۰/۱۲۵} = ۴/۸ \frac{kg}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{۱/۲}{۴/۸}} = \sqrt{\frac{۱}{۴}} = ۰/۲۵ \frac{m}{s}$$



(ب)

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{0/25}{0/05} = 5 \text{ Hz}$$

مثال ۶۷ طول یک تار مرتعش در یک گیتار الکتریکی 50 cm و جرم یکی از تارهای آن برای تولید بسامدهای بالا برابر $0/2 \text{ g}$ و برای تولید بسامدهای پایین $0/8 \text{ g}$ است. اگر هر کدام از تارها تحت نیروی کشش 400 (N) قرار داشته باشند، تندی انتشار موج در هر یک از این تارها چند $\frac{m}{s}$ است؟

(مشابه تمرین ۳-۴ صفحه ۶۶ کتاب درسی)

پاسخ ✓

$$v_1 = \sqrt{\frac{F \cdot L_1}{m_1}} = \sqrt{\frac{400 \times 0/5}{0/2 \times 10^{-3}}} = 1000 \frac{m}{s}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{F \cdot L_2}{m_2}} = \sqrt{\frac{400 \times 0/5}{0/8 \times 10^{-3}}} = 500 \frac{m}{s}$$

نکته: برای حل برخی تست‌ها از رابطه‌های زیر استفاده می‌شود:

$$v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}} \xrightarrow{m = \rho \cdot A \cdot L} v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{\rho \cdot A \cdot L}} = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}} \xrightarrow{A = \frac{\pi r^2}{r = \frac{D}{2}}} v = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot \frac{\pi D^2}{4}}} = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}}$$

مثال ۶۸ سیم مرتعشی به قطر 2 mm و چگالی $8 \frac{g}{cm^3}$ بین دو نقطه با نیروی 240 N کشیده شده است. سرعت انتشار موج‌های عرضی چند $\frac{m}{s}$ است؟ ($\pi = 3$)

(مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب درسی) (کامران خاظمیه ۹۱)

پاسخ ✓ با توجه به نکته فوق خواهیم داشت:

$$v = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}} \rightarrow \frac{2}{2 \times 10^{-3}} \sqrt{\frac{240}{8 \times 10^3 \times 3}} \times \sqrt{\frac{1}{1000}} \times 1000 = 100 \frac{m}{s}$$

مثال ۶۹ سرعت انتشار موج در یک طناب به طول L و جرم m که با نیروی F کشیده شده، v است. با محاسبه پاسخ دهید که، اگر طناب را دولا کرده و بین دو نقطه دیگر با نیروی $4F$ بکشیم، سرعت انتشار موج چقدر می‌شود؟

(مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب درسی) (کامران خاظمیه ۹۱)

پاسخ ✓ در صورتی که طناب را به صورت دولا شده درآوریم طول طناب نصف شده اما همان جرم قبلی را خواهد داشت.

$$v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}} \rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{m_1}{m_2}} \Rightarrow \frac{F_2 = 4F_1 \quad L_2 = \frac{1}{2}L_1}{m_2 = m_1} \rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{4F_1}{F_1} \times \frac{\frac{1}{2}L_1}{L_1} \times 1} = \sqrt{2}$$

تذکره: دقت کنید با کشیده شدن و یا چند لا کردن یک تار مرتعش جرم آن تغییر نمی‌کند.



مثال ۷۰ قطر مقطع یک سیم مرتعش 1mm ، چگالی آن $8 \frac{g}{cm^3}$ و طول آن 80cm است. اگر یک موج عرضی در مدت 0.02s طول سیم را طی کند، نیروی کشش سیم چند نیوتون است؟ ($\pi=3$)

(مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۸۹)

(۴) ۱۶/۲

(۳) ۱۲/۴

(۲) ۹/۶

(۱) ۴/۸

پاسخ سرعت انتشار موج در تار مرتعش برابر است با:

$$\Delta x = v \Delta t \Rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.01}{0.02} = 0.5 \frac{m}{s}$$

$$v = \frac{1}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot \pi}} \xrightarrow[D=1 \times 10^{-3}, \rho=8 \times 10^3, \pi=3]}{0.5 = \frac{1}{1 \times 10^{-3}} \sqrt{\frac{F}{8 \times 10^3 \times 3}}} \Rightarrow 0.5 \times 10^{-3} = \sqrt{\frac{F}{24 \times 10^3}} \rightarrow F = 0.0001 \times 24 \times 10^3 = 2.4 N$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۷۱ سیمی با چگالی $8 \frac{g}{cm^3}$ و سطح مقطع یک میلی‌متر مربع بین دو نقطه با نیروی 80 نیوتون کشیده شده است. سرعت انتشار موج عرضی در این سیم چند متر بر ثانیه است؟

(سراسری ریاضی - ۸۶) (مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب درسی)

(۴) ۴۰۰

(۳) ۳۰۰

(۲) ۲۰۰

(۱) ۱۰۰

پاسخ با استفاده از سرعت انتشار موج عرضی در تار مرتعش داریم:

$$v = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{80}{8 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-6}}} = 100 \frac{m}{s}$$

گزینه ۱ صحیح است.

انتقال انرژی در موج عرضی

توشه‌ای برای موفقیت

همان‌طور که اشاره شد یکی از راه‌های انتقال انرژی، استفاده از موج است. هنگامی که در یک طناب یا فنر کشیده شده امواج عرضی تولید می‌شود، در طول این طناب توسط نیروی دست خودمان انرژی را برای حرکت موج در طناب ایجاد کرده‌ایم.

نکته: آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط انتقال موج) در تمام امواج فقط به دو عامل منبع تولید موج بستگی دارد.

$$\bar{P} \propto A^2$$

۱- مربع دامنه امواج

$$\bar{P} \propto f^2$$

۲- مربع بسامد امواج

مثال ۷۲ اگر بسامد امواجی در طول طنابی کشیده شده ۲ برابر و دامنه آن نصف شود، توان متوسط انتقال انرژی در آن چند برابر خواهد



شد؟

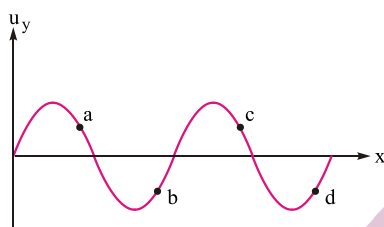
(مرتبط با صفحه ۶۶ کتاب درسی)

پاسخ ✓ طبق رابطه توان متوسط امواج در طول طناب داریم.

$$\frac{\bar{P}_r}{\bar{P}_l} = \left(\frac{A_r}{A_l}\right)^2 \times \left(\frac{f_r}{f_l}\right)^2 \rightarrow \frac{\bar{P}_r}{\bar{P}_l} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times (2)^2 = 1$$

مثال ۷۳ در شکل زیر نقش موجی در لحظه t نشان داده شده است، این موج در جهت مثبت محور x در طول طناب تحت کششی حرکت می‌کند. در این حالت کدام نقطه‌ها به طرف بالا و کدام نقطه‌ها به طرف پایین حرکت می‌کنند؟

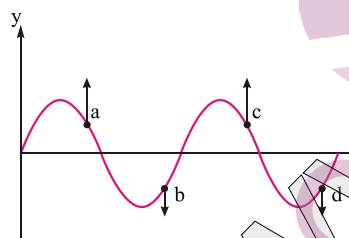
(مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب درسی)



- (۱) a و d بالا - b و c پایین
- (۲) a و b بالا - d و c پایین
- (۳) a و c بالا - b و d پایین
- (۴) b و d بالا - a و c پایین

پاسخ ✓ با استفاده از نکته اشاره شده در درسنامه، با توجه به حرکت موج در جهت مثبت محور x ، نقاطی که وضع ارتعاشی قبلی در آن بوده، بطرف بالا و نقاطی که وضع ارتعاشی قبلی در آن بوده، بطرف پایین ارتعاش می‌کنند.

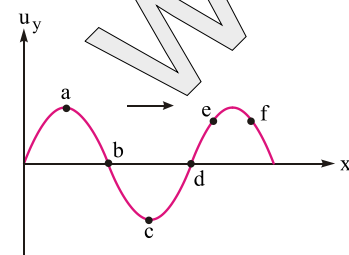
گزینه ۳ صحیح است.



مثال ۷۴ شکل زیر موجی عرضی را نشان می‌دهد که در جهت مثبت محور x در امتداد طناب تحت کششی در حال انتشار است. در این شکل شتاب نقطه b و نقطه d با بیشینه سرعت در جهت نوسان می‌کنند.

(مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب درسی)

- (۱) صفر - $+y$
- (۲) صفر - $-y$
- (۳) بیشینه - $+y$
- (۴) بیشینه - $-y$

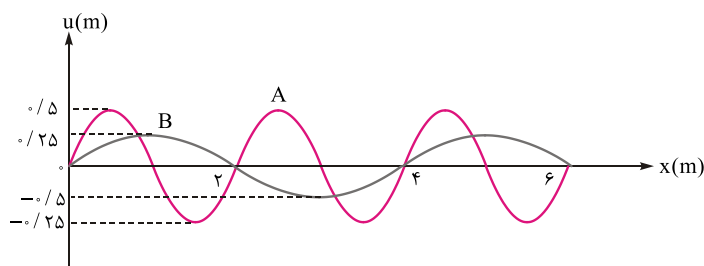


پاسخ ✓ نقطه b در وضع تعادل ارتعاشی خود قرار دارد (در مرکز نوسان) و شتاب آن صفر است و نقطه d نیز در مرکز نوسان است اما سرعت ذره در این حالت بیشینه و رو به پایین است.

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۷۵ شکل زیر نمودار نقش دو موج را در لحظه

معینی نشان می‌دهد که با سرعت یکسان $12 \frac{m}{s}$ به



طرف راست در حرکت‌اند. بیشینه سرعتی که موج A به هر ذره محیط می‌دهد تا حول وضع تعادلشان به نوسان درآیند، چند برابر بیشینه سرعتی است که موج B به هر ذره محیط می‌دهد؟

(مرتبط با صفحه ۶۵ کتاب درسی)

$$\begin{array}{ll} 4 \quad (2) & \frac{1}{2} \quad (1) \\ \frac{1}{4} \quad (4) & 2 \quad (3) \end{array}$$

پاسخ ✓

$$\frac{(v_{\max})_A}{(v_{\max})_B} = \frac{A_A \times \omega_A}{A_B \times \omega_B}, \quad \omega = 2\pi f = 2\pi \times \frac{v}{\lambda} = \frac{2\pi v}{\lambda}$$

$$\begin{cases} A_A = 0.5 \\ A_B = 0.25 \end{cases} \quad \begin{cases} \lambda_A = 2m \\ \lambda_B = 2 \rightarrow \lambda_B = 4 \end{cases} \quad \begin{cases} \omega_A = \frac{2\pi \times 12}{2} = 12\pi \\ \omega_B = \frac{2\pi \times 12}{4} = 6\pi \end{cases}$$

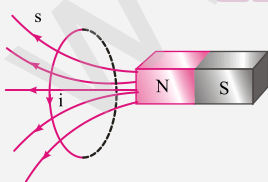
$$\Rightarrow \frac{(v_{\max})_A}{(v_{\max})_B} = \frac{A_A}{A_B} \times \frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{0.5}{0.25} \times \frac{12\pi}{6\pi} = 2 \times 2 = 4$$

گزینه ۲ صحیح است.

امواج الکترومغناطیسی

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، امواج الکترومغناطیسی از تغییرات و نوسان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بوجود می‌آیند. نظریهٔ ماکسول:

امواج الکترومغناطیسی از تغییرات هم‌زمان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در فضا بوجود می‌آیند.



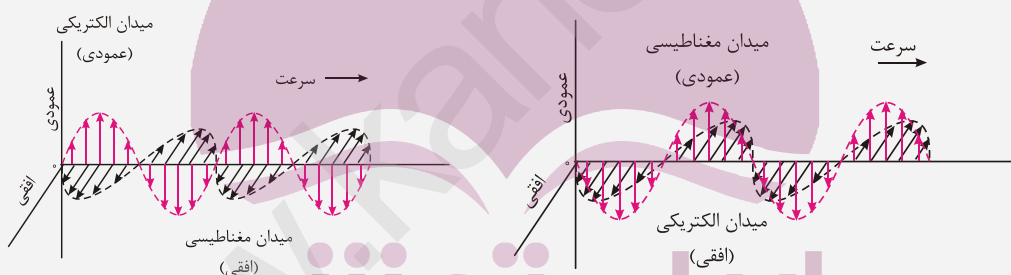
در واقع همان‌طور که در درس القای مغناطیسی گفته شده، در اثر تغییر میدان مغناطیسی (مثلاً در یک پیچه) میدان الکتریکی (جریان القایی در آن) بوجود می‌آید و می‌بایست در اثر تغییرات میدان الکتریکی (مثلاً یک جریان الکتریکی متناوب) در یک رسانا یک میدان مغناطیسی متغیر بوجود آید.

– با نزدیک کردن آهن‌ربا به پیچه در آن جریان القایی بوجود می‌آید.

نکته: در چشمه‌های تولید امواج الکترومغناطیسی (مثل آنتن‌های بلند رادیو تلویزیونی) بصورت هم‌زمان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی متغیر که در هر لحظه بر هم عمود بوده و تغییرات یکنوایی دارند، بوجود می‌آید.

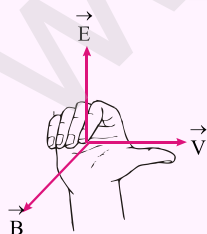
* ویژگی‌های مشترک امواج الکترومغناطیسی

- ۱- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تولید شده در چشمه تولید این امواج در هر لحظه بر هم عمودند.
- ۲- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تولید شده هم بر یکدیگر و هم بر راستای انتشار امواج عمود هستند و به همین دلیل جزء امواج عرضی محسوب می‌شوند.
- ۳- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تولید شده دارای بسامد یکسان بوده و تغییرات آنها شبیه هم می‌باشد (یعنی هر دو با هم رو به افزایش یا هر دو با هم رو به کاهش می‌روند).
- ۴- تغییرات میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بصورت سینوسی می‌باشد.
- ۵- تندی (سرعت) انتشار این امواج در خلاء از رابطه $C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ بدست می‌آید. (C همان سرعت نور در خلاء است)
- ۶- تمام امواج الکترومغناطیسی شامل نورهای مرئی، رادیویی، تلویزیونی حتی امواج فروسرخ و فرابنفش در خلاء با سرعت یکسان (سرعت نور) منتشر می‌شوند.
- ۷- امواج الکترومغناطیسی برای انتشار احتیاج به محیط‌های مادی و کشسان ندارند و انرژی را بصورت انرژی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می‌کنند.



نکته: برای تعیین جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی در فضا از قانون دست راست بصورت زیر استفاده می‌شود.

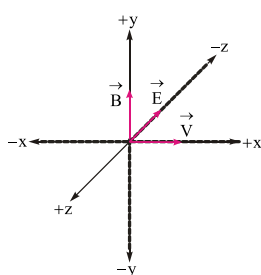
توشه‌ای برای موفقیت



اگر چهار انگشت دست راست را در جهت بردار میدان الکتریکی ($\vec{E}$) قرار داده و فرض کنیم بردار میدان مغناطیسی ($\vec{B}$) عمود بر کف دست می‌باشد. در اینصورت انگشت شصت دست راست جهت انتشار این امواج را در فضا نمایش می‌دهد.

مثال ۷۶ در یک لحظه خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه‌ای از فضا در جهت $-z$ و میدان مغناطیسی مربوط به آن در جهت $+y$ است. جهت انتشار در کدام سو می‌باشد؟

(مشابه پرسش کتاب درسی صفحه ۶۷)



پاسخ طبق قاعده دست راست، راست داریم:



جهت انتشار در راستای $+x$ می‌باشد.

مثال ۷۷ به سؤالات زیر پاسخ دهید:

(مشابه مثال ۳-۷ کتاب درسی صفحه ۶۷)

الف) بسامد این دو نور مرئی را در خلاء بدست آورید.
ب) بسامد این دو موج مرئی در آب چه تغییری می‌کند؟

پاسخ ✓ $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ (الف)

طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ در امواج خواهیم داشت:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

تذکر: $(v = c)$ سرعت امواج الکترومغناطیسی در خلاء مقدار c می‌باشد.

$$f_{\text{بنفش}} = \frac{c}{\lambda_{\text{بنفش}}} = \frac{3 \times 10^8}{440 \times 10^{-9}} = 6.82 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$f_{\text{قرمز}} = \frac{c}{\lambda_{\text{قرمز}}} = \frac{3 \times 10^8}{740 \times 10^{-9}} = 4.05 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ب) در آب، بسامد امواج تغییری نمی‌کند زیرا بسامد موج عاملی است که به پشمه موج بستگی دارد و تابع شرایط محیط نیست! در واقع به همین دلیل نورهای مرئی به هنگام عبور از فلاء یا هوا به شیشه یا آب تغییر رنگ نمی‌دهند.

مثال ۷۸ معمولاً طول افقی آنتن‌های تلویزیونی که در بام ساختمان‌ها نصب می‌شوند می‌بایست نصف طول موج امواج دریافتی باشد. اگر

طول افقی این آنتن‌ها 75 cm باشد بسامد امواج دریافتی چند مگا هرتز است؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

(مشابه تمرین ۳-۵ کتاب درسی صفحه ۶۸)

پاسخ ✓ $L = \frac{\lambda}{2}$ طبق فرض سؤال داریم:

$$L = \frac{\lambda}{2} \rightarrow 75 = \frac{\lambda}{2} \rightarrow \lambda = 150 \text{ cm} = 1.5 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1.5} = 2 \times 10^8 \text{ Hz} = 200 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f = 200 \text{ MHz}$$

مثال ۷۹ در یک موج الکترومغناطیسی:

(مرتبط با صفحه‌های ۶۷، ۶۸ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۷۵)

- ۱) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی مستقل از یکدیگر می‌باشند.
- ۲) تغییر هر یک از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی، باعث ایجاد میدان دیگر می‌شود.
- ۳) فقط تغییر میدان مغناطیسی باعث ایجاد میدان الکتریکی می‌شود.
- ۴) فقط تغییر میدان الکتریکی باعث ایجاد میدان مغناطیسی می‌شود.



پاسخ

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۸۰) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی موج‌های الکترومغناطیسی در یک نقطه از فضا چگونه‌اند؟

(مرتبط با صفحه‌های ۶۷، ۶۸ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۷۲)

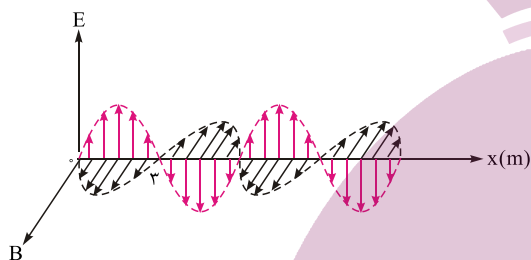
- (۱) ثابت و منطبق بر هم (۲) ثابت و عمود بر هم (۳) متغیر و منطبق بر هم (۴) متغیر و عمود بر هم



پاسخ گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۸۱) شکل زیر نقش یک موج الکترومغناطیسی را در خلأ نشان می‌دهد. بسامد آن چند مگاهرتز است؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

(مرتبط با صفحه‌های ۶۷ و ۶۸ کتاب درسی) (سراسری فارغ از کشور تجربی - ۸۸)



(۱) ۵

(۲) ۱۰

(۳) ۵۰

(۴) ۱۰۰



پاسخ

باتوجه به شکل رسم شده می‌توان مقدار نصف طول موج را که روی شکل نمایش داده بدست آورد.

$$\frac{\lambda}{2} = 2(m) \rightarrow \lambda = 4(m)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{4} = 0.75 \times 10^8 \text{ Hz} = 75 \text{ MHz}$$

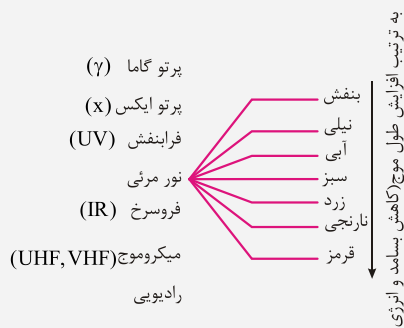
گزینه ۳ صحیح است.

طیف امواج الکترومغناطیسی

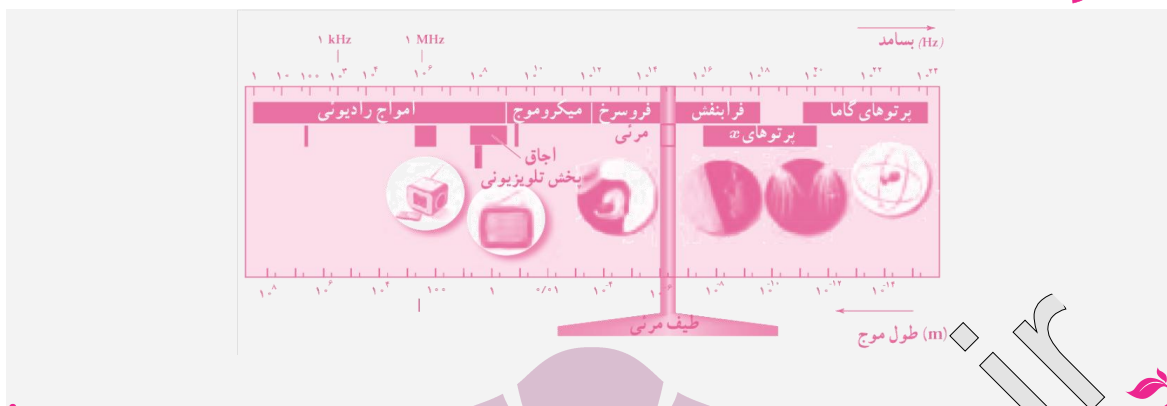


توشه ای برای موفقیت

گستره کاملی از امواج الکترومغناطیسی، از بلندترین طول موج (رادیویی) تا کوتاه‌ترین آنها (اشعه گاما)، را به صورت یک طیف پیوسته بصورت زیر مشخص می‌کنند.



تذکر: تمام این امواج با داشتن تفاوت‌های زیاد در نحوه تولید و آشکارسازی آنها، امواج الکترومغناطیسی هستند.



مثال ۸۲ (الف) یک مورد از تفاوت و تشابه موج‌های مکانیکی و الکترومغناطیسی را بنویسید و برای هر یک مثالی بزنید.
(ب) در جمله زیر جاهای خالی را با عبارت مناسب کامل کنید.

در امواج الکترومغناطیسی، راستای میدان مغناطیسی راستای میدان الکتریکی و راستای انتشار موج است.

(مرتبط با صفحه‌های ۶۷، ۶۸ کتاب درسی) (نهایی ریاضی شهریور ۹۰ - نهایی ریاضی خرداد ۸۳)

پاسخ (الف) تفاوت: امواج مکانیکی برای انتشار احتیاج به محیط‌های مادی دارند مثل صوت که در فضا منتشر نمی‌شود. امواج الکترومغناطیسی در فضا هم منتشر می‌شوند مثل نور. تشابه: هر دو موج حامل انرژی هستند.
(ب) عمود بر - عمود بر

مثال ۸۳ به سؤالات زیر پاسخ دهید:

(مرتبط با صفحه‌های ۶۷، ۶۸ کتاب درسی) (همان غیرالتفاهی نورالمبین ۸۹ - اصفهان سمیه ۸۹)

(الف) موج الکترومغناطیسی عرضی است یا طولی؟

(ب) دو مورد از ویژگی‌های مشترک موج‌های الکترومغناطیسی را بیان کنید.

(پ) عامل اصلی ایجاد امواج الکترومغناطیسی هستند.

پاسخ (الف) عرضی (ب) همگی با سرعت نور در فضا منتشر می‌شوند و از نوع امواج عرضی هستند.
(پ) نوسان ذرات باردار الکتریکی

مثال ۸۴ از داخل پرانتز، عبارت درست را انتخاب کنید.

(مرتبط با صفحه‌های ۶۷ کتاب درسی) (نهایی ریاضی دی ۹۱)

در خلا، سرعت انتشار پرتوی فروسرخ (بیش‌تر از - کم‌تر از - مساوی با) سرعت انتشار پرتوی گاما است.

پاسخ مساوی سرعت تمام امواج الکترومغناطیسی در فضا یکسان و برابر سرعت نور است.

مثال ۸۵ کدام سری از امواج الکترومغناطیسی برحسب افزایش یا کاهش طول موج مرتب نوشته شده‌اند؟

(مرتبط با صفحه ۶۸ کتاب درسی) (آزاد پزشکی - ۹۰)

- (۱) اشعه X - اشعه گاما - امواج رادیویی - فرابنفش
- (۲) فرابنفش - اشعه گاما - اشعه X - امواج رادیویی
- (۳) امواج رادیویی - فرابنفش - اشعه گاما - اشعه X
- (۴) امواج رادیویی - فرابنفش - اشعه X - اشعه گاما



✓ پاسخ در گزینه ۴ امواج به ترتیب کاهش طول موج از راست به چپ درست نوشته است.
گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۸۶ در طیف موج‌های الکترومغناطیسی، بیش‌ترین بسامد مربوط به و بلندترین طول موج مربوط به است.
(مرکب با صفحه ۶۸ کتاب درسی) (سراسری فارغ از کشور تجربی - ۹۱)

(۱) نور بنفش - نور قرمز
(۲) موج‌های رادیویی - اشعه ایکس
(۳) اشعه گاما - موج‌های فروسرخ
(۴) اشعه گاما - موج‌های رادیویی و مخابراتی

✓ پاسخ گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۸۷ یک ایستگاه رادیویی، موجی با بسامد ۱۰۰ مگاهرتز منتشر می‌کند. چند ثانیه طول می‌کشد تا این موج فاصله 300 km را طی کند؟ ($c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

(کتاب درسی صفحه ۶۸) (سراسری فارغ از کشور ریاضی - ۹۲)

(۱) 10^{-3} (۲) 10^{-5} (۳) 3×10^{-3} (۴) 3×10^{-5}

✓ پاسخ سرعت امواج رادیویی در هوا (فلاء) برابر است با $c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ و چون امواج با سرعت ثابت منتشر می‌شوند داریم:

$$\Delta x = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{300 \times 10^3}{3 \times 10^8} = \frac{10^5}{10^8} = 10^{-3}$$

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۸۸ ϵ_0 ضریب گذردهی الکتریکی خلأ و μ_0 تراوایی مغناطیسی خلأ است. اگر سرعت نور در خلأ برابر با $(\mu_0 \epsilon_0)^{-1/2}$ باشد، k کدام است؟

(مرکب با صفحه ۶۷ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۸۲)

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

✓ پاسخ طبق رابطه ماکسول داریم:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = \mu_0 \epsilon_0 \left(-\frac{1}{2} \right)$$

$$k = -\frac{1}{2}$$

گزینه ۴ صحیح است.

موج طولی و مشخصه‌های آن

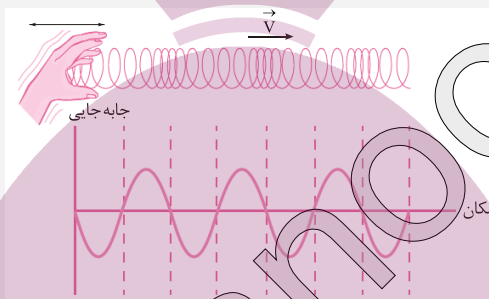
همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در امواج طولی ذرات محیط بصورت لایه‌های متراکم (مثل جمع شدگی در فنر) و منبسط (مثل کشیدگی در فنر) در انتشار موج نقش دارند. (برخلاف امواج عرضی که ذرات محیط بصورت قله‌ها و دره‌ها در انتشار موج نقش داشتند).

تذکر: در امواج طولی فاصله دو تراکم متوالی و یا فاصله بین دو انبساط متوالی برابر طول موج (λ) می باشد و دامنه امواج نیز برابر بیشینه جابه جایی از وضع تعادل ذرات است.

تذکر: سرعت (تندی) انتشار امواج طولی در یک محیط بیشتر از سرعت انتشار امواج عرضی در همان محیط است.

تذکر: امواج لرزه ای که از لایه های زمین عبور می کنند و منشاء زمین لرزه ها می شوند هم بصورت طولی (امواج P) و هم بصورت عرضی (امواج S) می باشند. سرعت یا تندی موج های طولی (P) بیشتر از (تقریباً دو برابر) موج های عرضی (S) می باشد.

تذکر: نمودار جابه جایی - مکان یک موج طولی که در فنر در حال انتشار است.



مثال ۸۹) به سؤالات زیر پاسخ دهید.

(مرتبط با صفحه ۶۹ کتاب درسی) (نهایی ریاضی دی ۹۲ شهریور ۹۳ - نهایی تهرانی مرداد ۹۴)

الف) تعریف موج طولی را بنویسید.

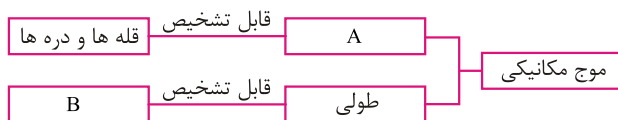
ب) موج ایجاد شده در سطح آب، نمونه ای از موج (طولی - عرضی) است.

پاسخ ✓ الف) موج طولی موجی است که در یک محیط مادی مثل فنر یا هوا بصورت لایه های تراکمی و انبساطی منتشر می شود و انتشار موج در محیط با نوسان ذرات موازی می باشند.

ب) موج ایجاد شده در سطح آب (سطح آب دریا) موج عرضی می باشد چون دارای قله و دره است.

مثال ۹۰) در نقشه مفهومی زیر، خانه های خالی را کامل کنید.

(مرتبط با صفحه ۶۹ کتاب درسی) (نهایی ریاضی مرداد ۸۹ - نهایی ریاضی شهریور ۹۰)



پاسخ ✓ A: عرضی

B: تراکم و انبساط

مثال ۹۱) درستی یا نادرستی جمله های زیر را مشخص کنید.

(مرتبط با مضمون ۶۹ کتاب درسی) (نهایی ریاضی اسفند ۸۹)

- الف) یک موج طولی به کمک تراکم‌ها و انبساط‌های پی‌درپی قابل تشخیص است.
ب) در موج‌های طولی، راستای نوسان ذره‌های محیط، عمود بر راستای انتشار موج است.
پ) در یک موج طولی سینوسی، فاصله دو لایه متراکم مجاور هم، برابر یک طول موج است.

پ) درست

ب) نادرست

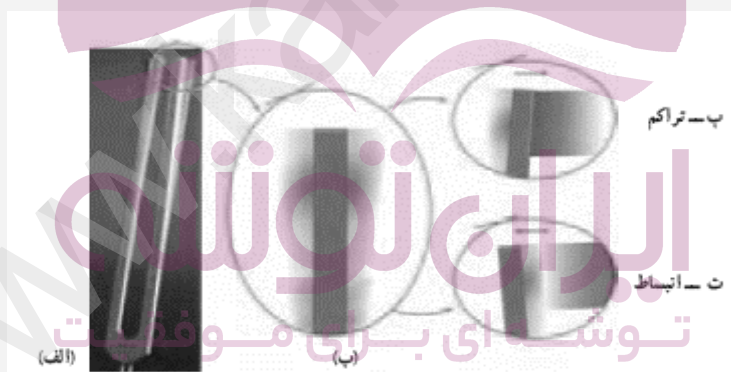
الف) درست



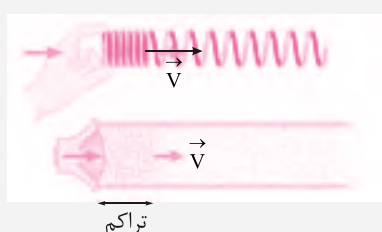
صوت:

موج‌های صوتی از نوع امواج مکانیکی هستند و برای انتشار احتیاج به محیط‌های مادی دارند لذا امواج صوتی در خلأ منتشر نمی‌شوند.

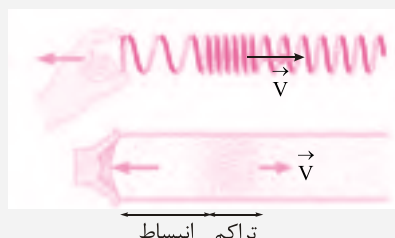
- برای آشنایی با نحوه انتشار امواج صوتی در هوا به چگونگی ارتعاش یک شاخه دیپازون در هوا می‌پردازیم.
مطابق شکل‌های (الف و ب) شاخه فنری دیپازون در اثر یک ضربه به ارتعاش درآمده و به سمت چپ و راست حرکت می‌کند و هوای اطراف خود را، که قبل از ارتعاش در وضع تعادل (با فشار P_0) بوده، با افزایش فشار محیط مواجه می‌سازد و لایه‌های متراکم بوجود آمده نیز به همین ترتیب، لایه‌های مجاور خود را متراکم می‌سازد و تب تولید شده با فشار بیشتر از وضع تعادل محیط (پرفشار) شروع به انتشار می‌کند (شکل پ). همچنین هنگامی که شاخه مرتعش شده دیپازون برمی‌گردد، فشار اولیه هوای مجاور خودش را نسبت به حالت تعادل کاهش می‌دهد و در واقع این لایه، یک لایه انبساطی (کم فشار) بوجود می‌آورد و لایه‌های مجاور خودش را نیز بصورت لایه‌های انبساطی تحت تأثیر قرار می‌دهد (شکل ت).



همچنین با جلو و عقب بردن یک دیافراگم درون یک لوله محتوی هوا می‌توان موج طولی همانند موج ایجاد شده در فنر مطابق شکل ایجاد کرد.



(ب)



(الف)



مثال ۹۲) از داخل پرانتز گزینه درست را انتخاب کنید.

(مرتبط با صفحه ۷۱ کتاب درسی) (تهران - تهرانی مریضه ۹۱)

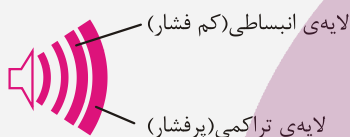
- الف) صوت موجی (طولی - عرضی) می‌باشد و وقتی از هوا وارد آب می‌شود بسامد آن (افزایش می‌یابد - ثابت می‌ماند)
 ب) صوت برای انتشار خود نیاز به محیط مادی (دارد - ندارد)



پاسخ الف) صوت یک موج طولی است و وقتی از هوا به آب وارد می‌شود، بسامد آن بدون تغییر و ثابت می‌ماند.
 ب) چون صوت یک موج مکانیکی است برای انتشار خود به محیط مادی نیاز دارد.



تذکر: هر جسم مرتعش در هوا خود به عنوان یک چشمه تولید موج‌های صوتی می‌باشد و صوت ایجاد شده در تمام جهتها منتشر می‌شود.



مثال ۹۳) مثال‌هایی ذکر کنید که نشان دهد امواج صوتی در هوا در تمام جهتها منتشر می‌شوند.

(کتاب درسی صفحه ۷۱) (تهرانی - دی ۹۰)

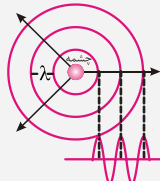


پاسخ صدای یک رادیو در اتاق‌های مجاور و حتی طبقات بالایی و پایینی هم شنیده می‌شود.



تذکر: امواج صوتی در اطراف چشمه‌های صوت در فضا به صورت امواج کروی منتشر می‌شوند. جبهه‌های این امواج به صورت کره‌هایی هم مرکز به مرکز چشمه صوت هستند.

جبهه موج



مثال ۹۴) جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید.

(مرتبط با صفحه ۷۱ کتاب درسی) (تهرانی - تیر ۸۹)

الف) در انتشار صوت در هوا، ذره‌های هوا منتقل نمی‌شوند بلکه حول نقطه تعادل خود می‌کنند.
ب) چون در انتشار صوت، ذره‌های هوا در راستای نوسان می‌کنند، این موج‌ها طولی‌اند.
پ) هنگامی که یک دیافراگم در هوا مرتعش می‌شود تپ‌های متوالی و در هوا منتشر می‌شود.

پ - انبساطی و تراکمی

ب - انتشار

الف - نوسان



مثال ۹۵) با طراحی یک آزمایش نشان دهید که صوت در خلاء منتشر نمی‌شود.

(مرتبط با صفحه ۷۱ کتاب درسی) (تجربی - دی ۹۰)

پاسخ در زیر یک ممفله، یک ساعت زنگ‌دار قرار می‌دهیم و هوای ممفله را توسط پمپ فلاء تنظیم می‌کنیم هنگامی که ساعت در رأس یک زمان تنظیم شده شروع به زنگ زدن می‌کند، صدای زنگ آن شنیده نمی‌شود.

موج صوتی

* سرعت (تندی) صوت

همان‌طور که قبلاً اشاره شد سرعت انتشار امواج در یک محیط مثل طناب یا تار مرتعش به ویژگی‌های فیزیکی محیط انتشار نظیر کشش طناب و جرم یکای طول آن بستگی دارد.
سرعت صوت نیز در هر محیط به ویژگی‌های فیزیکی محیطی که صوت در آن منتشر می‌شود بستگی دارد. سرعت صوت در موادی که تراکم‌تر باشند بیشتر خواهد بود.
به همین دلیل سرعت صوت در جامدات بیشتر از مایعات و در مایعات بیشتر از گازها می‌باشد.
* محیط‌هایی که تراکم‌ناپذیرتر و چگالی بیشتری دارند **سرعت صوت در آنها بیشتر** است.
- مثلاً با وجود اینکه چگالی آب ۱۰۰۰ برابر چگالی هوا می‌باشد تندی صوت در آب بیشتر از هوا است زیرا در مایعات مولکول‌ها تراکم بیشتری دارند و سرعت صوت در آنها بیشتر از گازها خواهد بود.
* همچنین: در جامدات مولکول‌ها با یکدیگر برهم‌کنش قوی‌تری نسبت به مولکول‌های یک گاز دارند.

مثال ۹۶) سرعت صوت در آهن بیشتر است یا در هوا؟ چرا؟

(مرتبط با صفحه ۷۱ کتاب درسی) (تجربی اردیبهشت - ۹۰)

پاسخ سرعت صوت در آهن به عنوان یک جسم جامد که مولکول‌های آن متراکم‌تر می‌باشند، بیشتر از هوا خواهد بود.

مثال ۹۷) سرعت صوت در کدامیک از مواد زیر بیشتر است؟

(مرتبط با صفحه ۷۱ کتاب درسی) (آزاد ریاضی - ۹۴)

۴) برف

۳) یخ

۲) آب

۱) بخار

پاسخ سرعت صوت در جامدات بیشتر است پس گزینه ۳ صحیح است.

گزینه ۳ صحیح است.

مثال ۹۸) طول موج صوت دلفین در آب $50 \mu m$ است. بسامد صوتی را که دلفین در آب تولید می‌کند به دست آورید. (صوت با سرعت



$\frac{m}{s}$ ۱۵۰۰ در آب منتشر می‌شود.

(مرتبط با صفحه ۷۲ کتاب درسی)

پاسخ ✓ طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ خواهیم داشت:

$$\lambda = 500 \mu m = 500 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-4} m$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1500}{5 \times 10^{-4}} = 3000 \times 10^{+4} = 3 \times 10^6 Hz$$

مثال ۹۹ شخصی با چکش به انتهای یک میله آهنی باریک ضربه می‌زند. تندی صوت در این میله آهنی ۱۲ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگری که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته دو صدا را در بازه زمانی ۰/۱ ثانیه می‌شنود که یکی از میله می‌آید و دیگری از هوای اطراف میله اگر تندی صوت در هوا $343 \frac{m}{s}$ باشد طول میله چقدر است؟

(مشابه تمرین ۳-۶ صفحه ۷۲ کتاب درسی)

پاسخ ✓ فرض کنیم سرعت صوت در هوا v_1 و سرعت صوت در میله آهنی v_2 باشد چون سرعت صوت در میله آهنی بعنوان جسم جامد بیشتر از سرعت صوت در هوا می‌باشد، اولین صوتی که شنونده می‌شنود صدایی است که از میله آهنی عبور کرده است پس داریم:

$$\begin{cases} \Delta x = v_2 \cdot t_2 \\ \Delta x = v_1 \cdot t_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta x = L}{v_2 > v_1, t_2 < t_1} \rightarrow v_2 \cdot t_2 = v_1 \cdot t_1 \xrightarrow{v_2 = 12v_1}$$

$$12v_1 \times t_2 = v_1 \times t_1 \rightarrow t_1 = 12t_2 \xrightarrow{t_1 - t_2 = 0.1} t_1 > t_2$$

$$0.1 + t_2 = t_1 \rightarrow 1 \neq t_2 \rightarrow 0.1 \neq t_2$$

$$\Rightarrow \Delta x = v_2 \cdot t_2 = 343 \times 0.0091 = 3.12 m$$

رابطه تندی صوت با دما

تندی صوت در گازها و مایعات علاوه بر اینکه به جنس محیط بستگی دارد، تابع دمای آن نیز می‌باشد. در صورتی که تندی صوت در جامدات به دما بستگی ندارد.

شدت و تراز شدت صوت

شدت و بلندی صوت

تعریف شدت صوت: شدت یک صوت I در یک سطح (A) برابر است با آهنگ متوسط انرژی که توسط موج به واحد سطح عمود بر راستای انتشار صوت می‌رسد یا از آن عبور می‌کند.

$$I = \frac{\bar{P}}{A}$$



$\bar{P}$: توان متوسط منبع تولید صوت می باشد.

A : مساحت سطحی که صوت با آن برخورد می کند.

E : انرژی موج (j)

t : زمان (s)

$$\bar{P} = \frac{E}{t}$$

یکای شدت صوت

وات بر متر مربع است $\Rightarrow \frac{W}{m^2}$

تذکره: از آنجاییکه امواج صوتی در فضا به صورت امواج کروی شکل منتشر می شوند سطح عمود بر راستای انتشار امواج صوتی را در هر نقطه می توان سطح کره ای به شعاع r (r = فاصله شنونده از منبع) فرض کرد.

$$A = 4\pi r^2 \rightarrow I = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2}$$

* شدت صوت با مجذور فاصله شنونده رابطه **عکس** دارد.

مثال (۱۰۰) به سطح یک میکروفن که مساحت آن 3 cm^2 است در مدت ۵ ثانیه، $1/5 \times 10^{-11} \text{ J}$ انرژی صوتی در راستای عمود بر سطح می رسد. شدت صوت در سطح میکروفن چه مقدار است؟

(مرتبط با صفحه ۷۲ کتاب درسی) (تکثری - فرداد ۹۲)

پاسخ

$$I = \frac{E}{A \cdot t} \rightarrow I = \frac{1/5 \times 10^{-11}}{3 \times 10^{-4} \times 5} = 1 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}$$

مثال (۱۰۱) درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کنید.

(مرتبط با صفحه ۷۲ کتاب درسی) (ریاضی - فرداد ۹۰)

اگر فاصله شنونده ای را از چشمه صوت دو برابر کنیم، شدت صوت دریافتی توسط او نیز دو برابر خواهد شد.

پاسخ این عبارت نادرست است زیرا اگر فاصله شفعی از چشمه صوت دو برابر شود شدت صوت به یک چهارم مقدار اولیه اش خواهد رسید.

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{2r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{4}$$

مثال (۱۰۲) امواج صوتی حاصل از یک منبع صوتی در هوا به شکل کره منتشر می شود. اگر توان یک منبع $\pi \times 10^{-5}$ وات باشد شدت صوت آن در یک نقطه به فاصله ۵/۵ متر از منبع چند میکرووات بر متر مربع است؟

(مرتبط با صفحه ۷۲ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۷۴)

۰/۴ (۴)

۰/۱ (۳)

۱۰ (۲)

۱ (۱)

پاسخ



$$A = 4\pi r^2, \quad I = \frac{P}{A}, \quad I = \frac{\pi \times 10^{-5}}{4\pi \times (0.5)^2} = \frac{10^{-5}}{4 \times 0.25} = 10^{-5} \frac{W}{m^2} = 10 \times 10^{-6} \frac{W}{m^2} = 10 \mu \frac{W}{m^2}$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۱۰۳) اگر توان یک چشمه صوتی ۶ برابر و فاصله ناظر از چشمه $\frac{1}{3}$ برابر شود شدت صوتی که ناظر می‌شنود چند برابر می‌شود؟
(جذب انرژی صوتی در محیط ناچیز است)

(صفحه ۷۲ کتاب درسی) (آزمون کانون - ۹۰)

$$\frac{3}{2} \quad (۴)$$

$$\frac{2}{3} \quad (۳)$$

$$۵۴ \quad (۲)$$

$$\frac{1}{۵۴} \quad (۱)$$

پاسخ طبق رابطه شرت صوت خواهیم داشت:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right) \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{6}{1}\right) \left(\frac{1}{3}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 6 \times \frac{1}{9} = \frac{2}{3}$$

گزینه ۲ صحیح است.



تراز شدت صوت

بیش‌ترین شدت صوتی که گوش انسان می‌تواند بدون اینکه به درد آید بشنود آستانه دردناکی گفته می‌شود که در حدود $10^{-12} \frac{W}{m^2}$ می‌باشد و کمترین شدت صوتی که گوش انسان به زحمت آن را می‌شنود آستانه شنوایی گفته می‌شود که در حدود $10^{-11} \frac{W}{m^2}$ می‌باشد.

تذکره: آستانه شنوایی و آستانه دردناکی گوش انسان به بسامد امواج بستگی دارد.

تراز شدت یک صوت عبارت است از لگاریتم (در پایه ده) نسبت شدت آن صوت به شدت صوت مبنا I_0 (مرجع) (شدت صوت مبنا همان شدت صوت آستانه شنوایی گوش انسان در بسامد ۱۰۰۰ هرتز است) می‌باشد.

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \text{بر حسب بل (B)}$$

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \text{بر حسب دسی بل (dB)}$$

تذکره: اگر شدت صوتی مثلاً دو برابر شود بلندی صدایی را که احساس می‌کنیم دو برابر نخواهد شد به همین دلیل تراز شدت نسبی احساس صوت یک کمیت لگاریتمی می‌باشد مثلاً شدت صوت صدای نفس کشیدن در حدود $10^{-11} \frac{W}{m^2}$ می‌باشد این شدت در حدود ده برابر شدت صوت آستانه شنوایی $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$ می‌باشد اما گوش انسان بلندی این صوت را تقریباً هم‌اندازه با آن صوت خواهد شنید.

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{10^{-11}}{10^{-12}} = 10$$

یعنی بلندی آن یک واحد بیشتر از تراز شدت صوت مبنا خواهد بود.



تذکر: تراز شدت صوت مبنا برابر صفر دسی‌بل و تراز شدت صوت آستانه دردناکی برابر 120 dB می‌باشد.

مثال (۱۰۴) گزینه درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

با افزایش فاصله یک شنونده از منبع صوت تراز شدت صوت (کاهش می‌یابد - افزایش می‌یابد - تغییر نمی‌کند)

(مرتبط با صفحه ۷۳ کتاب درسی) (تهران فیض - ۹۰)

پاسخ با افزایش فاصله شنونده از منبع، شدت صوت، کاهش یافته و تراز شدت آن صوت هم کاهش خواهد یافت.

مثال (۱۰۵) شدت صوت حاصل از یک چشمه صوتی برابر $\frac{10^{-2} \mu W}{m^2}$ است. تراز شدت صوت چشمه چند دسی‌بل است؟

$$(I_0 = 10^{-6} \frac{\mu W}{m^2})$$

(مرتبط با صفحه ۷۳ کتاب درسی) (تهران - مرداد ۹۱)

$$dB = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{10^{-2}}{10^{-6}} \right) = 10 \log 10^4 = 40$$

دقت کنید در محاسبات I و I_0 هر دو یکی باشند.

یادآوری مهم در محاسبات لگاریتمی:

$$\log A \times B = \log A + \log B$$

$$\log A \div B = \log A - \log B$$

$$\log a^n = n \log a$$

مثال (۱۰۶) شدت صوتی $\frac{W}{m^2} \times 10^{-3} \times \frac{3}{2}$ می‌باشد. تراز شدت صوت چند دسی‌بل است؟ $\log 2 = 0.3$ ، $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$

(مرتبط با صفحه ۷۳ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۹۲)

۹۵ (۴)

۸۵ (۳)

۲۵ (۲)

۱۵ (۱)

پاسخ

$$dB = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow dB = 10 \log \left(\frac{3/2 \times 10^{-3}}{10^{-12}} \right) = 10 \log (32 \times 10^8) = 10 [\log 32 + \log 10^8]$$

$$= 10 [\log 2^5 + 8 \log 10] = 10 [5 \log 2 + 8] = 10 [5 \times 0.3 + 8] = 10 [9.5] = 95 dB$$

گزینه ۴ صحیح است.

مثال (۱۰۷) تراز شدت صوتی ۲۴ دسی‌بل است. شدت صوت آن چند میکرووات بر متر مربع است؟ $\log 2 = 0.3$ ، $I_0 = 10^{-6} \frac{\mu W}{m^2}$

(مرتبط با صفحه ۷۳ کتاب درسی) (تهران - سراسری ۷۸)

۶/۴ × ۱۰^{-۵} (۴)

۲/۵۶ × ۱۰^{-۵} (۳)

۲/۵۶ × ۱۰^{-۴} (۲)

۱/۲۸ × ۱۰^{-۴} (۱)

پاسخ



$$dB = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 24 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 2/4 = \log \frac{I}{I_0}$$

دقت کنید مقدار ۲/۴ را می‌توان بصورت مقابل برعکسب لگاریتم ۲ تبدیل کرد.

$$24 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 2/4 = \log \frac{I}{I_0}$$

$$\frac{2}{4} = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \frac{2}{4} = \frac{I}{I_0} \Rightarrow I = 2^4 \cdot 10^{-6} \frac{W}{m^2}$$

بنابراین داریم:

$$I = 256 \times 10^{-6} = 2/56 \times 10^{-4} \frac{\mu W}{m^2}$$

گزینه ۲ صحیح است.

نکته: تغییرات تراز شدت صوت

در صورتی که شدت صوتی تغییر کند می‌توان تغییرات تراز آن را به صورت‌های زیر بدست آورد.

(۱) اگر شدت صوت افزایش یافته باشد:

$$\begin{cases} I_2 > I_1 \Rightarrow \Delta B_2 > \Delta B_1 \\ \Rightarrow \Delta B_2 - \Delta B_1 = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \end{cases}$$

(۲) اگر شدت صوت کاهش یافته باشد:

$$\begin{cases} I_1 > I_2 \Rightarrow \Delta B_1 > \Delta B_2 \\ \Rightarrow \Delta B_1 - \Delta B_2 = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_2} \right) \end{cases}$$

مثال ۱۰۸ اگر تراز شدت صوتی از ۲۷dB به ۴۷dB برسد:

(مبحث ۱۳ صفحه ۷۳ کتاب درسی) (تمرین - دی ۹۰)

الف) شدت آن صوت نسبت به حالت قبل چند برابر شده است؟

ب) فاصله تا منبع صوت چند برابر شده است؟

پاسخ الف)

$$\Delta B_2 - \Delta B_1 = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \Rightarrow 47 - 27 = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^2 = 100$$

ب)

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \Rightarrow 100 = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = 10 \Rightarrow r_2 = \frac{1}{10} r_1$$

مثال ۱۰۹ اگر دامنه و بسامد یک موج صوتی را هم‌زمان ۲ برابر و نیز فاصله ناظر تا چشمه صوت را نصف کنیم تراز شدت صوت برای آن

ناظر چند دسی‌بل افزایش می‌یابد؟ ($\log 2 = 0.3$)

(صفحه ۷۳ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۷۹)

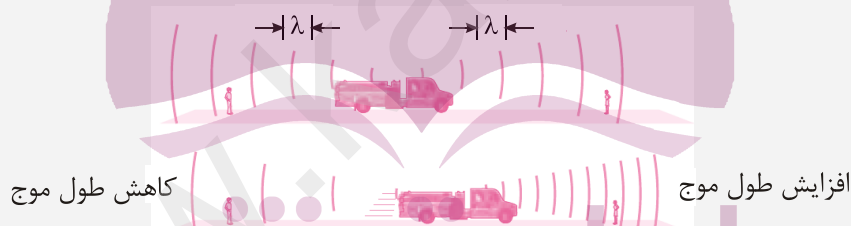
بلندی یک صوت علاوه بر شدت به بسامد صوت نیز بستگی دارد.

اثر دوپلر

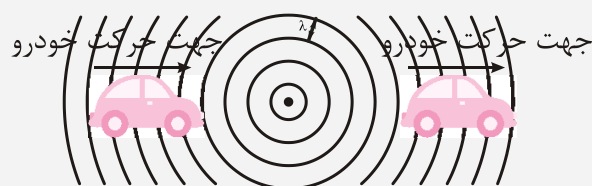
تغییر بسامد یک منبع صوتی هنگامی که شنونده و منبع صوتی نسبت به هم در حال حرکت می‌باشند را پدیده دوپلر می‌گویند. حرکت نسبی منبع صوتی و شنونده می‌تواند بصورت ساکن بودن یکی از آنها و متحرک بودن دیگری و یا متحرک بودن هر دوی آنها باشد. دقت کنید اگر منبع و شنونده نسبت به هم ساکن باشند، شنونده تغییری در بسامد صوت منبع احساس نمی‌کند و پدیده دوپلر رخ نمی‌دهد.

تذکره: بررسی دو حالت خاص در پدیده دوپلر

۱- چشمه تولید موج در حال حرکت به طرف شنونده ساکن باشد. در صورتی که یک چشمه تولید صوت مثل آمبولانس به طرف شنونده ساکنی که در جلوی او قرار دارد، حرکت کند، فاصله جبهه‌های موج در جلوی منبع کم‌تر از فاصله همین جبهه‌ها در پشت منبع (آمبولانس) خواهد بود، بنابراین طول موج صوت در جلوی منبع کوتاه‌تر و در پشت منبع بلندتر از حالتی می‌باشد که آمبولانس در جای خودش ساکن بوده است. در نتیجه بسامد ظاهری که به گوش شنونده ساکن در جلوی آمبولانس می‌رسد بیشتر و شنونده ساکن در پشت منبع بسامد صدا را کمتر خواهد شنید.



۲- چشمه تولید موج ساکن و شنونده در حال حرکت باشد. فرض کنیم چشمه تولید صوت در جای خود ساکن باشد و به طور یکنواخت به طرف خود امواج ارسال می‌کند، در اینصورت شنونده‌ای که به منبع نزدیک می‌شود بسامد امواج را بیشتر دریافت می‌کند و شنونده‌ای که از منبع دور می‌شود امواج کمتری دریافت می‌کند بنابراین بسامدی که به گوش شنونده در جلوی منبع می‌رسد بیش‌تر از بسامد واقعی منبع و بسامد که به گوش شنونده در پشت منبع می‌رسد کم‌تر از بسامد واقعی منبع است.



اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی

تذکره: پدیده دوپلر در مورد امواج الکترومغناطیسی برقرار است.

بطور مثال اگر یک ستاره در حال نزدیک شدن به کره زمین باشد چون ناظر زمینی در جلوی منبع نورانی قرار دارد، طول موج دریافتی ستاره را کم تر از طول موج واقعی اش می بیند که به رنگ آبی می باشد و به آن اصطلاحاً انتقال به آبی می گویند. در صورتیکه ستاره در حال دور شدن از کره زمین باشد چون ناظر زمینی در پشت منبع نورانی قرار گرفته طول موج دریافتی ستاره را بیش تر از طول موج واقعی اش می بیند که به رنگ قرمز می باشد و به آن اصطلاحاً انتقال به سرخ می گویند.

مثال (۱۱۱) در شکل‌های زیر نقش جبهه‌های موج را در اثر ضربه‌های تناوبی یک میله بر سطح آب مشاهده می کنید.

(مرتبط با صفحه ۷۵ کتاب (ریاضی ادبیشت - ۸۶)

الف) استنباط خود را از این مشاهده بنویسید.

ب) شکل ۲ چه موضوع مهمی را نشان می دهد و هدف آن توصیف کدام پدیده در فیزیک موج است؟



شکل (۱)

شکل (۲)

پاسخ الف) در شکل ۱، یک میله را نشان می دهد که ساکن بوده و در بازه های زمانی یکسان روی سطح آب ضربه می زند و جبهه های موج دایره ای یکسان در طرفین آن ایجاد می کند. در شکل ۲ میله در حین حرکت بر روی سطح آب ضربه می زند و ملاحظه می شود که طول موج در جلوی میله کوتاه تر، و در پشت میله طول موج بلندتر از طول موجی خواهد بود که میله ساکن ایجاد می کند.
ب) این پدیده توجیه پدیده دوپلر می باشد.

مثال (۱۱۲) جای خالی عبارت زیر را پر کنید.

شخصی به طرف یک منبع صوتی ساکن در حرکت است. طول موجی که دریافت می کند در مقایسه با طول موج واقعی منبع است.

(مرتبط با صفحه ۷۵ کتاب درسی)

پاسخ کوتاه تر

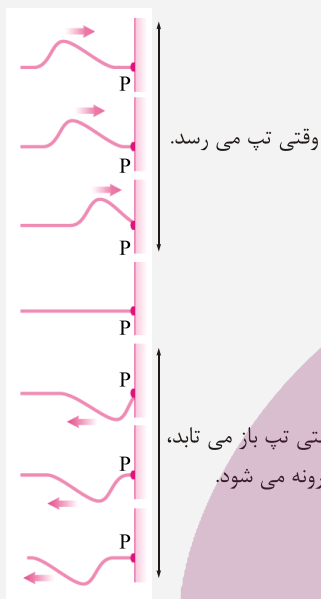
چون شفتن در جلوی یک منبع ساکن قرار دارد، طول موج کوتاه تر و بسامد بزرگ تری دریافت می کند.

بازتاب موج

V

تولید صدا در آلات موسیقی، پژواک صداها، دیدن ماه، دیدن صفحه این کتاب، گرم شدن مواد غذایی در اجاق های خورشیدی، جمع شدن امواج رادیویی در کانون آنتن های بشقابی و ... مثال هایی از کاربرد بازتاب امواج در زندگی هستند.

بازتاب امواج مکانیکی



بازتاب یک تپ: در این حالت یک سر طناب به نقطه‌ای ثابت بسته شده است. وقتی تپ مطابق شکل روبه رو به انتهای ثابت P می‌رسد، یک نیروی رو به بالا به دیوار وارد می‌کند، تا نقطه P را به نوسان وادارد، ولی چون نقطه P ثابت است و نمی‌تواند جابه‌جا شود، بنا به قانون سوم نیوتون از سوی دیوار یک نیروی مخالف و با بزرگی مساوی به طناب وارد می‌شود. این درست مانند آن است که انتهای طناب را با دست گرفته و رو به پایین بکشیم و در آن تپی رو به پایین ایجاد کنیم. در واقع در این بازتاب، انتهای ثابت مانند یک چشمه موج عمل می‌کند و یک تپ در خلاف جهت تپ تابشی (فرودی) در طناب ایجاد می‌کند که برجستگی را به فرورفتگی و فرورفتگی را به برجستگی تبدیل می‌کند. تپ بازتابیده، در خلاف جهت تپ تابشی، روی طناب منتشر می‌شود.

نکته ۱: در بازتاب از انتهای ثابت طناب، تپ بازتابشی نسبت به تپ تابشی (فرودی) π رادیان اختلاف فاز دارد.

نکته ۲: برای رسم تپ بازتابش از انتهای بسته طناب به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

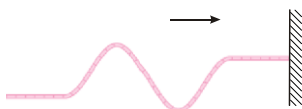
(الف) یک بار قرینه تپ تابش را نسبت به محور y رسم می‌کنیم.

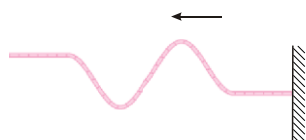
(ب) بار دوم قرینه آن را نسبت به محور x رسم می‌کنیم.

نکته: در بازتابش از انتهای ثابت، قله به صورت دره و دره به صورت قله برمی‌گردد.

مثال (۱۱۳) در شکل زیر، تپی روی طناب در حال انتشار است. شکل تپ بازتاب آن را از انتهای ثابت طناب، رسم کنید.

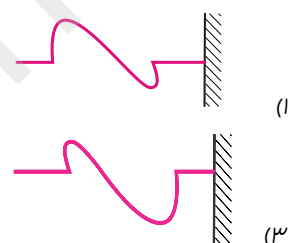
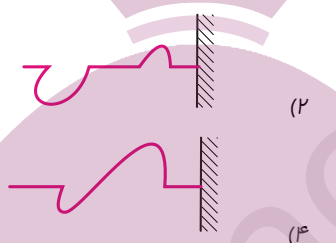
(مرکب با صفحه ۷۷ کتاب درسی)





مثال ۱۱۴ موجی مطابق شکل در یک طناب که انتهایش به دیوار بسته شده تولید شده است. کدام گزینه موج برگشتی از دیوار را نشان می‌دهد؟

(مرتبط با صفحه ۷۷ کتاب درسی) (سراسری تجربی ۶۹)



پاسخ در انتهای بسته اختلاف فاز نوسانی بین موج فرودی و بازتاب شده برابر π رادیان می‌باشد. به همین دلیل موج بازتاب شده، قرینه موج فرودی است.
گزینه ۴ صحیح است.

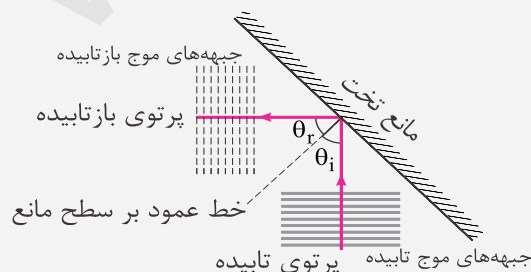
بازتاب در دو بعد:

زاویه تابش (θ_i): زاویه بین پرتو فرودی و خط عمود بر سطحی که پرتو به آن می‌تابد.

زاویه بازتابش (θ_r): زاویه بین پرتو بازتابیده و خط عمود بر سطح بازتاب را زاویه بازتابش می‌نامند.

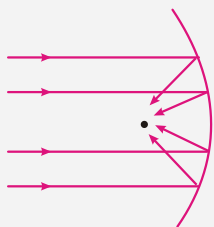
قانون بازتاب عمومی: زاویه فرودی موجی که به یک سطح برخورد می‌کند با زاویه بازتاب آن از سطح برابر است.

$$(\theta_i = \theta_r)$$



نمودار پرتویی همراه با جبهه‌های موج

بازتاب در سه بُعد:



بازتاب امواج صوتی: صوت می تواند از یک سطح سخت مانند دیوار بازتابش کند. بازتاب صوت از همان قانون بازتاب عمومی پیروی می کند. امواج صوتی می توانند مانند سایر امواج از سطوح خمیده نیز بازتابیده شوند. امواج صوتی تخت تابیده به یک سطح کاو، پس از بازتابش در یک نقطه که به آن کانون می گویند، جمع یا اصطلاحاً کانونی می شوند. (مانند شکل مقابل) بدین ترتیب دامنه و در نتیجه شدت موج صوتی افزایش می یابد.

پژواک

بازتاب صدا را پژواک می نامیم. اگر صوت پس از بازتاب، با یک تأخیر زمانی به گوش شنونده ای برسد که صوت اولیه را مستقیماً می شنود، به چنین بازتابی پژواک می گویند. اگر تأخیر زمانی بین این دو صوت کمتر از $1/15$ s باشد، گوش انسان نمی تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد. دلیل این امر آن است که صدایی که در گوش می شنویم، به مدت $1/15$ s باقی می ماند.

مکان یابی پژواکی:

مکان یابی پژواکی روشی است که با استفاده از امواج صوتی بازتابیده از یک جسم، مکان آن جسم را تعیین می کند. مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آن ها به کار می رود. برخی از جانوران مانند خفاش و دلفین از این روش استفاده می کنند و در فناوری هایی نظیر اندازه گیری تندی شارش خون در رگ ها از این روش استفاده می شود. خفاش، فورانی از امواج صوتی را گسیل می کند که این بسته به نوع خفاش از دهان یا سوراخ های بینی آن گسیل می شود. این امواج، از اشیایی که در مسیر خفاش قرار دارند باز می تابد و بدین ترتیب خفاش را از اشیایی که بر سر راه او قرار دارند آگاه می سازد. البته بسته به اینکه شیء بازتابنده، خود خفاش، یا هر دو متحرک باشند، خفاش تغییر بسامدی ناشی از اثر دوپلر را در موج بازتابیده ادراک می کند و بدین وسیله می تواند تندی خود یا شیء متحرک را تعیین کند. خفاش ها از این ویژگی برای شناسایی و شکار طعمه های خود استفاده می کنند. همچنین در دستگاه سونار که در کشتی ها برای مکان یابی اجسام زیر آب به کار می رود، و در سونوگرافی نیز از مکان یابی پژواکی استفاده می شود.

مثال (۱۱۵) دانش آموزی بین دو دیوار قائم ایستاده است و فاصله او از دیوار نزدیک تر ۲۰۰ متر است دانش آموز فریاد می زند و اولین پژواک صدای خود را پس از ۲ ثانیه و صدای پژواک دوم را یک ثانیه بعد از پژواک اول می شنود. فاصله دو دیوار چند متر است؟

(مرتبط با صفحه ۷۱ کتاب درسی)

۶۴۰ (۴)

۴۰۰ (۳)

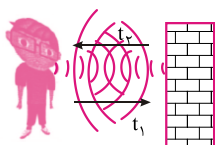
۵۰۰ (۲)

۵۴۰ (۱)

همان طور که می دانید پژواک بازتاب امواج صوتی از سطح دیوارها یا صفره ها می باشد. همچنین باید دقت کنیم که صوت با سرعت

پاسخ

ثابت در هوا (یا هر محیط دیگری) منتشر می شود و صوت دو بار مسیر منبع تولید صوت تا دیوار قائم یا صاف را طی می کند.



$$t_1 = t_2 \Rightarrow \begin{cases} d = v \times t_1 \\ d = v \times t_2 \end{cases}$$

$$t_1 = t_2 \Rightarrow t_{\text{کل}} = 2t_1 = \frac{2d}{v}$$

و در این مثال فاصله دانش آموز از دیوار نزدیک تر ۲۴۰ متر می باشد و اولین پژواک را ۱/۵ ثانیه پس از فریاد خود می شنود پس می توان سرعت صوت را در هوای محیط پیدا کرد.

$$t_{\text{کل}} = 1/5 \rightarrow t_{\text{یک طرف}} = \frac{t_{\text{کل}}}{2} = \frac{1}{10} \text{ s}$$

$$d = v \times t \rightarrow 240 = v \times \frac{1}{10} \Rightarrow v = \frac{2400}{1} = 2400 \frac{m}{s}$$

از آنجاییکه صدای پژواک دوم از دیوار پشت سرش را یک ثانیه بعد از پژواک اول می شنود کل مدت زمان رفت و برگشت از دیوار دوم ۳S می باشد. پس داریم:

$$t_{\text{کل}} = 3S \rightarrow t_{\text{یک طرف}} = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ s}$$

بنابراین فاصله دانش آموز تا دیوار پشت سرش برابر است با:

$$d_2 = v \times t = 2400 \times 1.5 = 3600 \text{ m}$$

بنابراین فاصله دو دیوار برابر است با:

$$d_1 + d_2 = 2000 + 3600 = 5600 \text{ m}$$

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۱۱۶) برای آنکه پژواک صدای خود را از صدای اصلی تشخیص دهید حداقل فاصله بین شما و یک دیوار بلند چقدر باید باشد؟ (تندی صوت در هوا را $340 \frac{m}{s}$ در نظر بگیرید.)

(مشابه تمرین صفحه ۷۹ کتاب درسی)

پاسخ اگر پشه صوت و شنونده هر دو تقریباً در یک مکان واقع باشند، با توجه به این که تندی صوت در هوا $340 \frac{m}{s}$ است، می توان از رابطه $x = vt$ ، با جایگزینی $x = 2L$ که L فاصله بین پشه (شنونده) و سطح بازتابنده (دیوار بلند) است و $t = 0.1 \text{ s}$ ، داریم:

$$2L = 340 \times 0.1 \Rightarrow L = 17 \text{ m}$$

مثال ۱۱۷) وال عنبر یکی از جانورانی است که با استفاده از پژواک امواج فراصوتی، مکان یابی می کند. بسامد امواج فراصوتی ای که این وال تولید می کند حدود 10^5 kHz است.

الف) طول موج این صوت

ب) زمان رفت و برگشت صوت گسیل شده توسط وال برای مانعی که در فاصله 20 m از آن قرار گرفته، چقدر است؟

(تندی صوت در آب دریا حدود $1500 \frac{m}{s}$ است.)

(مرتبط با مثال صفحه ۷۹ کتاب درسی)

پاسخ



الف) با استفاده از رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ داریم:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1/52 \times 10^3}{1000 \times 10^3} = 1/52 \times 10^{-2} m = 1/52 cm$$

ب) زمان لازم برای حرکت رفت و برگشت صوت بین وال و مانع برابر است با:

$$t = \frac{x}{v} = \frac{2L}{v} = \frac{2 \times 200}{1/52 \times 10^3} = 0/263 s$$

مثال ۱۱۸ یک کشتی سنجش عمق اقیانوس کف آن را با امواج فراصوتی ای می‌روید که تندی آن‌ها در آب دریا $1530 \frac{m}{s}$ است. اگر تأخیر زمانی پژواک از کف اقیانوس ۲ ثانیه باشد، عمق آن چقدر است؟

(مرتبط با صفحه ۷۹ کتاب درسی)

پاسخ

$1530 m$ (۱۵۳۰ پایی و ۱۵ بالا آمدن)

مثال ۱۱۹ درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را تعیین کنید.

(مرتبط با صفحه‌های ۷۸ تا ۸۰ کتاب درسی)

الف) پژواک صدا نمونه‌ای از بازتاب امواج مکانیکی است.

ب) در امواج کروی، همواره زاویه تابش برابر با زاویه بازتابش است.

پ) امواج صوتی نمی‌توانند از سطوح خمیده بازتابیده شوند.

ت) در سونوگرافی از مکان یابی پژواکی استفاده می‌شود.

پاسخ الف) درست

ب) درست

پ) نادرست (امواج صوتی می‌توانند مانند سایر امواج از سطوح خمیده بازتابیده شوند).

ت) درست

مثال ۱۲۰ دانش آموزی بین دو صخره قائم ایستاده است و فاصله او از صخره نزدیک‌تر $200 m$ است. دانش آموز فریاد می‌زند و اولین پژواک صدای خود را پس از $1/25 s$ و صدای پژواک دوم را $1 s$ بعد از پژواک اول می‌شنود.

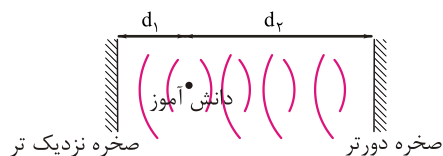
(مشابه تمرین ۳۳ صفحه ۹۳ کتاب درسی)

الف) تندی صوت در هوا چقدر است؟

ب) فاصله بین دو صخره را بیابید.

پاسخ

$$d = vt \rightarrow \text{زمان} \times \text{تندی انتشار صوت} = \text{مسافت}$$



$$2d_1 \neq 1$$

$$2 \times 200 = v \times 1/25 \rightarrow v = 320 \frac{m}{s}$$

الف)

(ب)

$$2d_2 \sin \theta_2 = 200 \times 2 / 25 \sin 45^\circ$$

$$d_2 = \frac{450}{2} = 225 \text{ m}$$

$$L = d_1 + d_2 = 200 + 225 = 425 \text{ m}$$

مثال (۱۲۱) نمونه جالبی از پژواک صدا در معبد قدیمی کوکولکان در مکزیک رخ می‌دهد. این معبد از ۹۲ پله سنگی تشکیل شده است. اگر در فاصله مناسبی از یک رشته پلکان بلند بایستید و یک بار کف بزنید، پژواکی بیش تر از یک صدای بر هم زدن دست می‌شنوید. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.



(تمرین ۳۴ صفحه ۹۳ کتاب درسی)

پاسخ در واقع پژواک این صدا به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها است که هر کدام از یک پله حاصل شده‌اند. این رشته تپ‌ها مانند یک نت نواخته شده جلوه می‌کنند.

بازتاب امواج الکترومغناطیسی

بازتاب امواج در سه بُعد - بازتاب امواج الکترومغناطیسی

امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توانند از یک سطح بازتابیده شوند و بازتاب آن‌ها نیز از همان قانون بازتاب عمومی پیروی می‌کند.

امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توانند مانند امواج صوتی از سطوح خمیده بازتابیده شوند. امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش در یک نقطه کانونی می‌شوند و بدین ترتیب دامنه موج افزایش پیدا می‌کند. از همین سازوکار برای دریافت امواج رادیویی توسط آنتن‌های بشقابی و یا امواج فرسرخ برای گرم کردن آب یا مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی استفاده می‌شود.

بازتاب نور مرئی:

پرتو تابش، پرتوی بازتاب و خط عمود بر سطح بازتاب کننده در نقطه تابش، هر سه در یک صفحه‌اند. زاویه تابش برابر زاویه بازتابش می‌باشد.

بازتاب آینه‌ای: سطح بازتابنده باید همچون یک آینه، بسیار هموار باشد.

بازتاب پخشنده: این بازتاب وقتی رخ می‌دهد که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد. پرتوهای نور به طور کاتوره‌ای از پستی و بلندی‌های سطح بازتابیده، و در تمام جهات پراکنده می‌شوند. در بازتاب پخشیده گرچه هر پرتو از قانون بازتاب پیروی می‌کند. اما زاویه‌های مختلفی که پرتوهای نور در برخورد با سطح ناهموار دارند باعث می‌شود که بازتاب در جهت‌های متفاوتی صورت گیرد.

به دلیل این بازتاب است که شما این صفحه کاغذ، دیوار، دستتان و... را می‌بینید.

تذکره: تعریف سطح ناهموار آن است که سطح هر جسم در مقایسه با طول موج نور ناهموار است. به عنوان مثال سطح یک کاغذ را در نظر بگیرید، از دید میکروسکوپی این سطح از اجزای متمایز و کوچکی تشکیل شده است که بسیار بزرگ‌تر از $1\mu\text{m}$ هستند این در حالی است که سطح آن در ظاهر بسیار هموار است. بنابراین با توجه به اینکه طول موج نور مرئی در حدود $5\mu\text{m}$ است، چنین سطحی برای نور مرئی، ناهموار محسوب می‌شود. در مقابل، ناهمواری‌های یک آینه یا یک سطح فلزی صیقلی بسیار کوچک‌تر از $1\mu\text{m}$ است و بنابراین برای نور مرئی سطوحی هموار محسوب می‌شوند.



سطح ناهموار - بازتاب پخشنده



سطح تخت صیقلی - بازتاب منظم نور

مثال ۱۲۲) دلیل این که در کلاس درس، با تاباندن یک باریکه لیزری به دیوار کلاس، همه دانش‌آموزان نقطه رنگی ایجاد شده روی دیوار را مشاهده می‌کنند، چیست؟

(تمرین ۳۵ صفحه ۹۳ کتاب درسی)

پاسخ بازتاب نور (بازتاب پخشنده نور)

پرتوهای نور لیزر به طور کاتوره‌ای از سطح دیوار بازتابیده، و در تمام جهات پراکنده می‌شوند. بنابراین بازتابش این پرتو در جهت‌های مختلف قابل مشاهده است.

مثال ۱۲۳) پرتو نوری بر سطح یک آینه می‌تابد. اگر زاویه تابش 40° تغییر کند، زاویه بازتاب چند درجه تغییر خواهد کرد؟

(مرتبط با صفحه ۸۱ کتاب درسی)

پاسخ زاویه بازتاب هم به اندازه زاویه تابش، یعنی 40° تغییر خواهد کرد.

مثال ۱۲۴) باریکه نوری تحت زاویه 30° به سطح دیوار ناصافی می‌تابد. زاویه بازتاب این پرتو چند درجه است؟

(مرتبط با صفحه ۸۱ کتاب درسی)

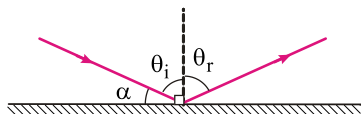
پاسخ در بازتاب نور از روی هر سطحی، زاویه تابش با بازتاب برابر است.

$$\theta_i = \theta_r = 30^\circ$$

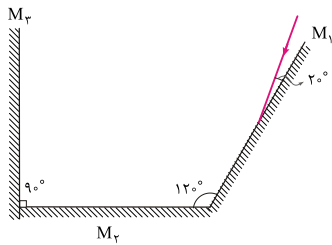
مثال ۱۲۵) در یک آینه تخت، اگر زاویه ای که پرتو تابش با سطح آینه می‌سازد، $\frac{1}{4}$ زاویه ای باشد که پرتو تابش با پرتو بازتاب می‌سازد، زاویه تابش چند درجه است؟

(مکمل تمرین ۳۶ صفحه ۹۳ کتاب درسی)

پاسخ با استفاده از قانون بازتاب عمومی داریم: $\theta_i = \theta_r$



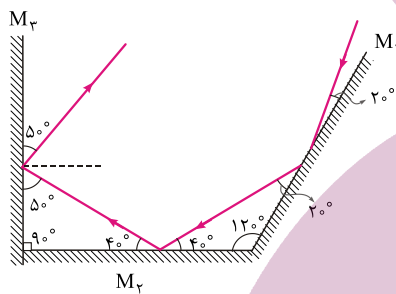
$$\left. \begin{aligned} \theta_i + \alpha &= 90^\circ \\ \alpha &= \frac{1}{4}(2\theta_i) \rightarrow \theta_i = 2\alpha \end{aligned} \right\} \rightarrow \theta_i + \frac{\theta_i}{2} = 90^\circ \rightarrow \theta_i = 60^\circ$$



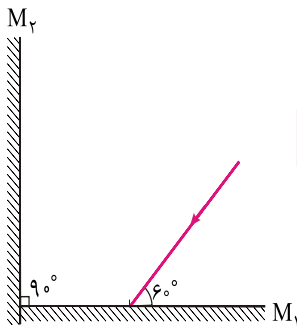
مثال ۱۲۶) با رسم پرتوهای بازتاب در شکل زیر، زاویه‌ای را که پرتوی بازتاب نهایی با سطح آینه M_3 می‌سازد، تعیین کنید.

(مکمل تمرین ۳۶ صفحه ۹۳ کتاب درسی)

پاسخ

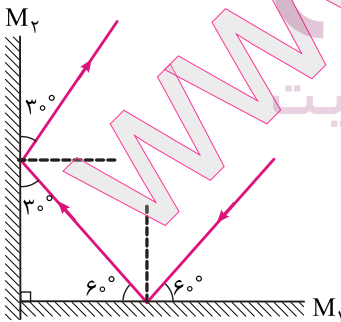


کافی است از $\theta_i = \theta_r$ و اینکه مجموع زوایای داخلی هر مثلث 180° است استفاده کنیم، با توجه به شکل و رسم پرتوها، زاویه‌ای را که پرتوی بازتاب نهایی با سطح آینه M_3 می‌سازد، 50° است.



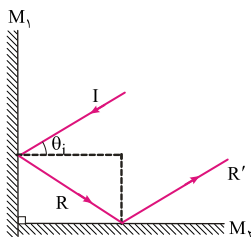
مثال ۱۲۷) در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید.

(مشابه تمرین ۳۶ صفحه ۹۳ کتاب درسی)



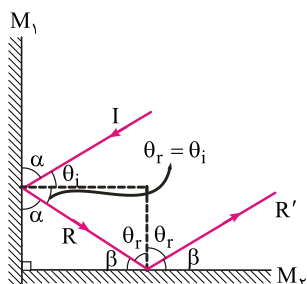
پاسخ

با استفاده از قانون بازتاب عمومی پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت M_1 و M_2 را رسم می‌کنیم.



مثال ۱۲۸) شکل زیر، نور بازتابیده را از دو سطح بازتاب دهنده عمود بر هم M_1 و M_2 نشان می‌دهد. رابطه زاویه بین پرتو ورودی I و پرتو خروجی R' با آینه‌های M_1 و M_2 و زاویه بین این دو پرتو را به دست آورید.

(مکمل تمرین ۳۶ صفحه ۹۳ کتاب درسی)



$$\left. \begin{aligned} \theta_i + \alpha &= 90^\circ \\ \theta_r + \beta &= 90^\circ \\ \alpha + \beta &= 90^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow \theta_i + \theta_r = 90^\circ \Rightarrow \theta_i = 90^\circ - \theta_r \quad (1)$$

$$\theta_r + \beta = 90^\circ \rightarrow \beta = 90^\circ - \theta_r \quad (2)$$

$$(1) \text{ و } (2) \rightarrow \beta = \theta_i$$

امتداد پرتو بازتاب یافته به موازات پرتو تابیده شده می‌باشد.

زاویه بین پرتوی ورودی I و پرتوی فروبی R' برابر 180° است.

شکست موج

۸

وقتی موج به مرز جدایی دو محیط می‌رسد بخشی از آن بازتابیده می‌شود و بخشی دیگر عبور می‌کند که این افزون بر جذب موج است که در هر دو محیط رخ می‌دهد. مثلاً عبور یک تپ در طول طنابی را در نظر بگیرید که از دو بخش، یکی نازک و دیگری ضخیم، تشکیل شده است. وقتی این تپ از سمت بخش نازک به مرز دو بخش می‌رسد (شکل الف)، بخشی از این تپ باز می‌تابد و بخشی دیگر عبور می‌کند (شکل ب). برای یک موج سینوسی بسامد این دو موج همان بسامد موج فروبی است که توسط چشمه موج تعیین می‌شود. بنابراین موج عبوری که تندی آن در قسمت ضخیم کمتر است، بنا به رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ ، طول موج کم‌تری نسبت به موج فروبی خواهد داشت.



مثال ۱۲۹) یک موج سینوسی ورودی از قسمت نازک طناب به قسمت ضخیم آن وارد می‌شود، بسامد، تندی و طول موج موج عبوری در مقایسه با موج فروبی چه تغییری می‌کند؟

(مرتبط با پرسش ۳-۸ صفحه ۸۲ کتاب درسی)



پاسخ برای یک موج سینوسی بسامد این دو موج همان بسامد موج فروبی است. برای موج عبوری تندی در قسمت نازک بیش‌تر است،

بنا به رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ ، طول موج کم‌تری نسبت به موج فروبی خواهد داشت.

مثال ۱۳۰ اگر موج سینوسی از قسمت نازک طناب به قسمت ضخیم آن وارد شود،

(مرتبط با صفحه ۸۲ کتاب درسی)

- الف) جهت تپی که در قسمت نازک برمی‌گردد چگونه است؟
- ب) آیا تندی انتشار تپ در دو بخش نازک و ضخیم طناب یکی است؟
- پ) تغییر فاز موجی که از فصل مشترک بازتابیده می‌شود، چقدر است؟
- ت) بسامد موج عبوری چه تغییری می‌کند؟

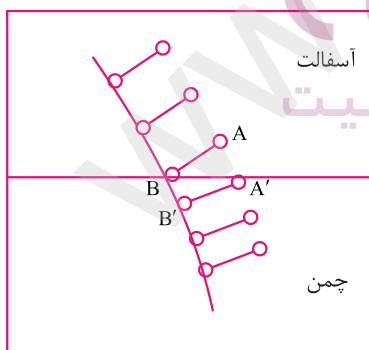
پاسخ الف) اگر موج سینوسی از قسمت نازک طناب به فصل اتصال بخش نازک و ضخیم آن برسد، قسمتی از آن در محل بازتاب شده بر می‌گردد و قسمتی از آن هم به بخش ضخیم منتقل شده و به حرکت خود ادامه می‌دهد، ولی تپی که در بخش نازک برمی‌گردد پهنش وارونه می‌شود.



- ب) فیر، زیرا تندی انتشار تپ بستگی به جرم واحد طول طناب دارد که در دو بخش طناب یکی نیست.
- پ) موجی که از فصل مشترک بازتابیده می‌شود، تغییر فاز π رادیان پیدا می‌کند.
- ت) برای یک موج سینوسی بسامد این دو یکسان و برابر موج فرودی است، زیرا بسامد در این موج‌ها تنها به چشمه موج وابسته است.

در حالت‌های دو یا سه بُعدی با عبور امواج از یک مرز و ورود آن‌ها به محیط دیگری که در آن تندی آن‌ها متفاوت است، ممکن است جهت امواج فرودی تغییر کند و اصطلاحاً امواج شکست پیدا کنند. مقایسه مسیر امواج با مسیر حرکت یک ماشین وقتی به طور مایل از زمین صاف (آسفالت) وارد زمین ناهموار (چمن) می‌شود، شروع مناسبی برای تفهیم این درس است.

مثال ۱۳۱ فرض کنید خودرویی از زمین آسفالت وارد زمین چمنی می‌شود و A و B چرخ‌های خودرو هستند، مطابق شکل، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



(مرتبط با صفحه ۸۲ کتاب درسی)

- ۱- تندی ماشین در کدام زمین بیش‌تر است؟
- ۲- چه چیز موجب تغییر تندی شده است؟
- ۳- کدام چرخ زودتر به زمین ناهموار (چمن) رسیده است؟
- ۴- چرا فواصل نامساوی AA' ، BB' در شکل توسط ماشین در یک زمان طی شده است؟
- ۵- چه چیز باعث شده است ماشین از مسیر مستقیم خارج شود؟
- ۶- میزان تغییر مسیر ماشین به چه عاملی بستگی دارد؟

پاسخ ۱- زمین آسفالت (صاف) ۲- نیروی اصطکاک ۳- چرخ B ۴- تفاوت در تندی‌ها ۵- تغییر تندی در محیط ۶- به میزان اختلاف تندی در دو محیط

شکست امواج سطحی آب: خصوصیات امواج پیشرونده را می‌توان در آز مایشگاه و با استفاده از اسباب تشت موج مشاهده

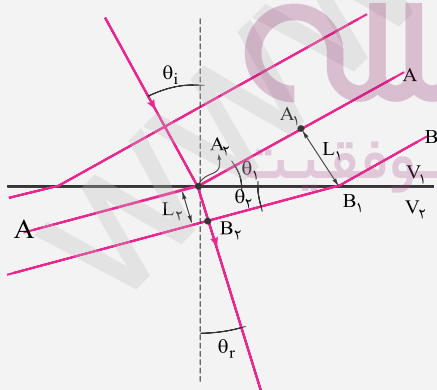
کرد.

تندی امواج روی سطح آب به عمق آن بستگی دارد، در صورتی که عمق آب به حد کافی کم باشد. بنابراین در تشت موج که عمق آن کم است، تندی موج سطحی به عمق تشت بستگی دارد. از این ویژگی می‌توان برای تحقیق پدیده شکست در تشت موج استفاده کرد. مشاهده می‌شود با ورود موج به بخش کم عمق تندی موج سطحی کاهش می‌یابد. آن بخش موج که زودتر به ناحیه کم عمق می‌رسد، چون با تندی کم‌تر حرکت می‌کند از بقیه موج که هنوز وارد این ناحیه نشده عقب می‌افتد و بنابراین فاصله بین جبهه‌های موج و در نتیجه طول موج کاهش می‌یابد و به این ترتیب جبهه‌های موج مطابق شکل در مرز دو ناحیه تغییر جهت می‌دهند.

نتیجه: امواج آب که تندی شان کم می‌شود، دچار شکست می‌شوند. امواج آب زمانی که به آب های کم عمق وارد می‌شود، تندی آن‌ها کاهش و چون بسامد آن‌ها ثابت است، طول موج طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ ، کاهش می‌یابد. امواج آب با کاهش تندی به خط عمود نزدیک می‌شوند.



قانون شکست عمومی



فرض کنید مطابق شکل، جبهه‌های موج تختی به طور مایل به مرز دو محیط می‌رسند و سپس شکست پیدا می‌کنند.

خود را بر روی جبهه موجی که با حرف A مشخص شده است متمرکز می‌کنیم و دو نقطه A1 و A2 را بر روی آن در نظر می‌گیریم. در حالی که در زمان یکسان t، نقطه A1 مسافت $L_1 = v_1 t$ را می‌پیماید، نقطه A2 مسافت $L_2 = v_2 t$ را طی می‌کند.

(v_1 و v_2 به ترتیب تندی موج در محیط اول و محیط دوم

در مثلث قائم‌الزاویه AA_1B_1 داریم:

$$(۱) \sin \theta_r = \frac{A_1B_1}{AB_1} = \frac{L_1}{AB_1} = \frac{v_1}{v_2} \sin \theta_i$$

و در مثلث قائم‌الزاویه AA_2B_2 داریم:

$$(۲) \sin \theta_r = \frac{A_r B_r}{A_r B_l} = \frac{L_r}{A_r B_l} = \frac{v_r t}{A_r B_l}$$

$$\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_l} = \frac{v_r}{v_l} \quad \text{با تقسیم دو رابطه ۱ و ۲ داریم:}$$

زاویه تابش (θ_l): زاویه پرتوی فرودی با خط عمود بر مرز مشترک دو محیط را زاویه تابش می‌نامند.

زاویه شکست (θ_r): زاویه پرتوی شکسته با خط عمود بر مرز مشترک دو محیط را زاویه شکست می‌نامند.

در شکل $\theta_l = \theta_i$ و $\theta_r = \theta_r$ زیرا اضلاع آن‌ها بر هم عمودند.

بنابراین داریم:

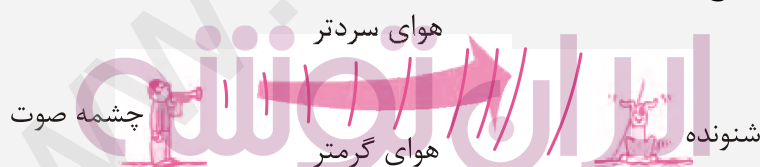
$$\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_l} = \frac{v_r}{v_l}$$

رابطه بالا، قانون شکست عمومی است که برای همه امواج برقرار است.

شکست امواج صوتی:

وقتی بخش‌هایی از جبهه‌های موج با تندی‌های متفاوت حرکت کنند، امواج صوتی خم می‌شوند. امواج صوتی در هوایی با دماهای متغیر خم می‌شوند (تندی صوتی با جذر دما رابطه مستقیم دارد).

در یک روز گرم، هوای نزدیک سطح زمین ممکن است بسیار گرم‌تر از بقیه بخش‌های آن باشد، بنابراین تندی صوت نزدیک سطح زمین افزایش می‌یابد. پس امواج صوتی در جهتی خم می‌شوند که از زمین دور می‌شود و صدایی به وجود می‌آورند که به خوبی حرکت نمی‌کند. تندی‌های متفاوت صوت باعث شکست می‌شوند. صوت در ارتفاع‌های زیاد با تندی کم‌تری حرکت می‌کند و با خم شدن از سطح زمین دور می‌شود.



عکس آن معمولاً در روز یا شب سردی اتفاق می‌افتد که لایه‌های هوای نزدیک سطح زمین از لایه‌های بالای آن سردتر است. تندی صوت در نزدیکی سطح کم می‌شود. تندی جبهه‌های موج بالاتر باعث خم شدن صوت به طرف زمین می‌شود و صدایی را به وجود می‌آورد که می‌توان آن را از فاصله بسیار دور شنید.





امواج الکترومغناطیسی (از جمله نور مرئی) نیز با گذر از یک محیط به محیطی دیگر که در آن تندی آن‌ها متفاوت می‌شود، شکست پیدا می‌کنند.

شکست نور: وقتی یک پرتو نور که در محیط شفافی منتشر می‌شود، به محیط شفاف دیگری برسد که در آن تندی نور متفاوت از محیط اول باشد، در سطح جداکننده دو محیط امتداد مسیر نور تغییر می‌کند (به جز حالتی که پرتو نور عمود بر سطح جداکننده فرود آید)، این تغییر ناگهانی مسیر نور در مرز دو محیط را شکست نور نامند.

ضریب شکست (n): ضریب شکست محیط برابر با نسبت تندی نور در خلأ به تندی نور در آن محیط است.

$$n = \frac{\text{تندی نور در خلأ}}{\text{تندی نور در یک محیط}} = \frac{c}{v}$$

تذکر: برای خلأ n دقیقاً ۱ تعریف شده و برای هوا n خیلی نزدیک به ۱ است (تقریبی که اغلب $n=1$ مراعات می‌شود) هیچ ماده‌ای ضریب شکست کم‌تر از ۱ ندارد.

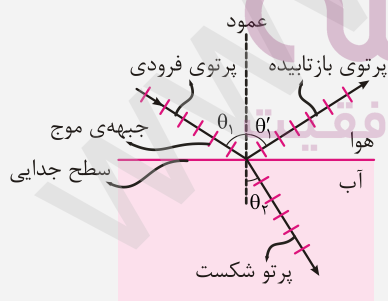
تذکر: تندی نور در خلأ در محاسبات برابر با $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ در نظر می‌گیریم.

تذکر: باتوجه به تعریف ضریب شکست در می‌یابیم که ضریب شکست کمیتی بدون یکای فیزیکی است.

طرحی از بازتاب و شکست نور، در عبور یک پرتوی نور از محیطی شفاف به محیط شفاف دیگر در شکل مقابل، باریکه‌های نور در تصویر با پرتو فرودی، پرتو بازتابیده و پرتو شکست (با جبهه‌های موج) نمایش داده شده است. وضعیت هر پرتو نسبت به خطی که خط عمود نامیده می‌شود و در نقطه بازتاب و شکست عمود بر سطح است، مشخص شده است.

در شکل، زاویه تابش θ_1 ، زاویه بازتاب $\theta'_1 = \theta_1$ و زاویه شکست θ_2 است.

صفحه‌ای که شامل پرتو فرودی و عمود باشد، صفحه تابش است. (در شکل همان صفحه کاغذ است).

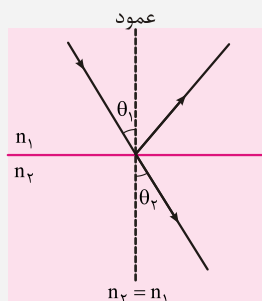


تذکر: توجه کنید که شکست فقط در فصل مشترک رخ داده است، نه در درون ماده. (در داخل ماده نور به خط راست منتشر می‌شود).

قانون شکست اسنل: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

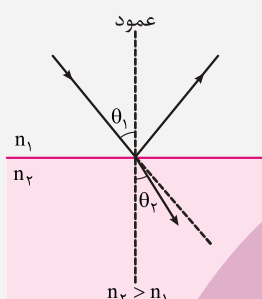
باتوجه به رابطه $\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$ ملاحظه می‌شود که مقدار نسبی θ_2 به مقدارهای نسبی n_1 و n_2 بستگی دارد. در واقع

می‌توانیم این سه نتیجه اساسی را به دست آوریم:



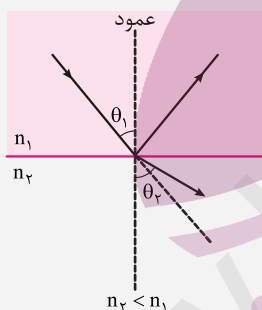
۱- اگر ضریب شکست‌ها یکسان باشد، جهت تغییر نمی‌کند.

$$n_1 = n_2 \rightarrow \theta_1 = \theta_2$$



۲- اگر $n_2 > n_1$ ، در این حالت پرتو شکست به سمت عمود نزدیک می‌شود.

$$n_2 > n_1 \rightarrow \theta_2 < \theta_1$$

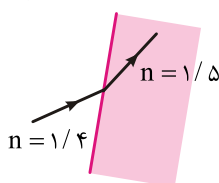


۳- اگر $n_2 < n_1$ در این حالت پرتو شکست از عمود دور می‌شود.

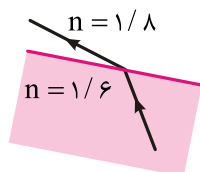
$$n_2 < n_1 \rightarrow \theta_2 > \theta_1$$

مثال (۱۳۲) از این سه شکل کدامیک (در صورت وجود) شکست ممکن از لحاظ فیزیکی را نشان می‌دهد؟

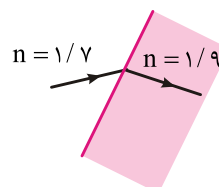
(مرتبط با پرسش ۳-۱۰ صفحه ۸۶ کتاب درسی)



(پ)



(ب)

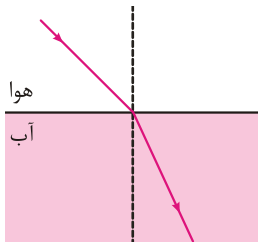


(الف)

پاسخ در هر سه شکل $n_2 > n_1$ است. پس در حالتی که شکست به سمت عمود نزدیک شده باشد، شکست ممکن از لحاظ فیزیکی را نشان می‌دهد. بنابراین فقط در (الف) این اتفاق، درست است.

مثال ۱۳۳) هنگامی که پرتو نوری مطابق شکل از هوا وارد آب می‌شود، کدام یک از کمیت‌های زیر با ورود نور به آب تغییر نمی‌کند؟

(مرتبط با صفحه‌های ۸۳ تا ۸۶ کتاب درسی)



(۱) تندی انتشار نور

(۲) بسامد نور

(۳) طول موج نور

(۴) جهت انتشار

پاسخ ✓

تغییر محیط سبب تغییر بسامد نور نمی‌شود.

تندی نور به محیطی که در آن منتشر می‌شود بستگی دارد. هرچه محیط پگال‌تر باشد، تندی نور در آن کم‌تر است بنابراین تندی نور در آب کم‌تر از تندی نور در هوا است.

طبق رابطه $f = \frac{v}{\lambda}$ ، با ثابت ماندن بسامد و کاهش تندی نور، طول موج نیز کاهش می‌یابد. جهت انتشار نور نیز تغییر می‌کند.

گزینه ۲ صحیح است.

مثال ۱۳۴) تندی نور در یک محیط شفاف $2 \times 10^8 \text{ m/s}$ است. ضریب شکست این محیط شفاف را به دست آورید. ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

(مرتبط با صفحه ۸۴ کتاب درسی)

پاسخ ✓

با استفاده از تعریف ضریب شکست یک محیط می‌توان نوشت:

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow n = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8} = \frac{3}{2}$$

مثال ۱۳۵) وقتی نور از هوا وارد محیط شفاف می‌شود ۲۵ درصد از تندی آن کاسته می‌شود. ضریب شکست محیط شفاف را به دست آورید.

(مرتبط با صفحه ۸۴ کتاب درسی)

پاسخ ✓

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow n = \frac{c}{\frac{75}{100}c} = \frac{100}{75} \Rightarrow n = \frac{4}{3}$$

مثال ۱۳۶) پرتو نوری با زاویه تابش 30° درجه، از یک محیط شفاف رقیق به ضریب شکست $\frac{3}{2}$ وارد محیط شفاف دیگری می‌شود. اگر

زاویه شکست 60° درجه باشد، ضریب شکست محیط دوم چقدر است؟

(مرتبط با صفحه ۸۵ کتاب درسی)

پاسخ ✓

با استفاده از قانون شکست نور، می‌توان نوشت:

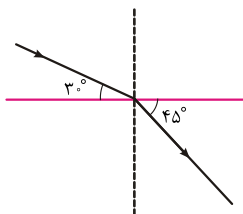
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{n_2}{\frac{3}{2}}$$



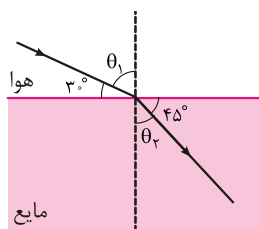
$$\frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{n_2}{3} \rightarrow n_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

مثال ۱۳۷ در شکل زیر، مسیر پرتوی نوری را از هوا به داخل مایعی مشاهده می‌کنید. ضریب شکست این مایع چقدر است؟

(مرتبط با صفحه ۸۵ کتاب درسی)



پاسخ: مطابق شکل، زاویه تابش برابر 60° و زاویه شکست برابر 45° است.



$$\theta_1 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\theta_2 = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

از قانون شکست نور (قانون شکست اسنل) داریم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$1 \times \sin 60^\circ = n_2 \sin 45^\circ \Rightarrow n_2 = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{\sqrt{3}/2}{1/\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$$

مثال ۱۳۸ اگر ضریب شکست شیشه نسبت به آب $\frac{9}{8}$ و ضریب شکست الماس نسبت به شیشه $\frac{8}{5}$ باشد، نسبت تندی نور در آب به

تندی نور در الماس چقدر است؟

(مرتبط با صفحه‌های ۸۳ و ۸۵ کتاب درسی)

پاسخ با استفاده از رابطه‌ی $\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ داریم:

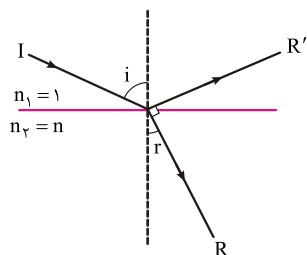
$$\frac{n_{\text{شیشه}}}{n_{\text{آب}}} = \frac{9}{8}, \quad \frac{n_{\text{الماس}}}{n_{\text{شیشه}}} = \frac{8}{5}$$

$$\frac{n_{\text{شیشه}}}{n_{\text{آب}}} \times \frac{n_{\text{الماس}}}{n_{\text{شیشه}}} = \frac{9}{8} \times \frac{8}{5} = \frac{9}{5}$$

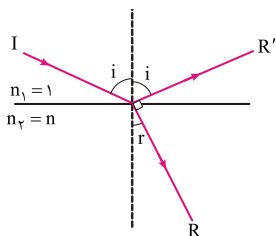
$$\frac{n_{\text{الماس}}}{n_{\text{آب}}} = \frac{9}{5} \Rightarrow \frac{v_{\text{آب}}}{v_{\text{الماس}}} = \frac{9}{5}$$

مثال ۱۳۹ در شکل مقابل، زاویه i را برحسب n بیابید به گونه‌ای که پرتوی بازتاب بر پرتوی شکست عمود باشد.

(مرتبط با صفحه ۸۵ کتاب درسی)



پاسخ



$$i + 90^\circ + r = 180^\circ \rightarrow i + r = 90^\circ$$

$$\rightarrow r = 90^\circ - i$$

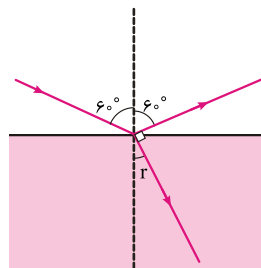
$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i}{\sin(90^\circ - i)} = \frac{\sin i}{\cos i}$$

$$\tan i = n$$

مثال (۱۴۰) یک پرتو نور از هوا وارد محیط شفاف می‌شود. زاویه‌ی بین پرتو تابش و بازتاب 12° درجه و زاویه‌ی بین پرتو بازتاب و شکست 90° درجه است. ضریب شکست محیط چقدر است؟

(مرتبط با صفحه ۸۵ کتاب درسی)

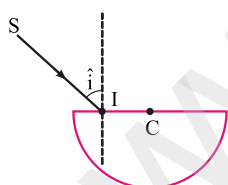
پاسخ



$$2i = 120^\circ \rightarrow i = 60^\circ$$

$$r = 90^\circ - i = 30^\circ$$

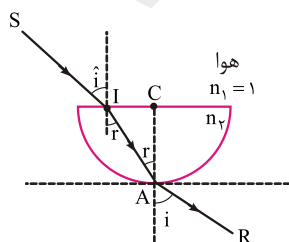
$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$



مثال (۱۴۱) مطابق شکل پرتوی SI تحت زاویه $\hat{I} = 45^\circ$ به سطح تخت نیمکره می‌تابد. ضریب شکست نیمکره $\sqrt{2}$ و پرتوی خروجی از آن، موازی پرتوی تابش SI است. اگر شعاع نیمکره ۳cm باشد، CI چند سانتی‌متر است؟

(مرتبط با صفحه ۸۵ کتاب درسی)

پاسخ



سطح مماس بر نیمکره موازی سطح تخت نیمکره است. پرتوی SI موازی پرتوی AR است. پس نیمکره مانند یک تیغه شیشه‌ای عمل کرده است.

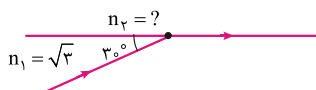
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 45^\circ}{\sin r} = \frac{\sqrt{2}}{1}$$

$$\Rightarrow \sin r = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow r = 45^\circ$$

$$\frac{\Delta}{AC} = \frac{r}{CA} \Rightarrow 3 = \frac{r}{3} \Rightarrow r = 3 \text{ cm}$$

مثال ۱۴۲ در شکل مقابل ضریب شکست n_2 چقدر است؟

(مرتبط با صفحه ۸۵ کتاب درسی) (سراسری ۸۱)



(۲) $\sqrt{3}$

(۱) $\sqrt{2}$

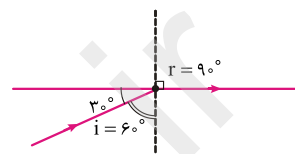
(۴) ۲

(۳) $\frac{3}{2}$

پاسخ

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

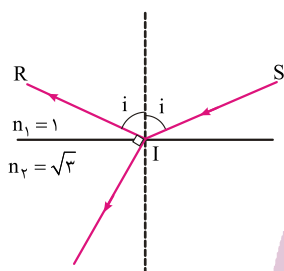
$$\rightarrow n_2 = \frac{3 \sin 60^\circ}{2 \sin 90^\circ} = \frac{n_2}{\sqrt{3}} \rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{n_2}{\sqrt{3}}$$



گزینه ۳ صحیح است.

مثال ۱۴۳ در شکل روبه‌رو پرتو SI بر سطح یک محیط شفاف تابیده است. به طوری که قسمتی از آن بازتاب پیدا کرده و به محیط اول برگشته و قسمتی نیز شکسته و وارد محیط دوم شده است. اگر پرتوهای بازتاب و شکست بر هم عمود باشند، زاویه تابش (i) چند درجه است؟

(مرتبط با صفحه ۸۵ کتاب درسی) (سراسری ۸۶)



(۲) ۳۰

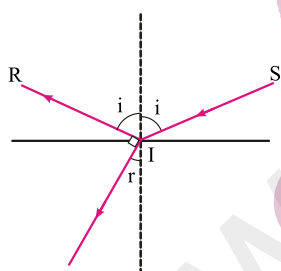
(۱) ۱۵

(۴) ۶۰

(۳) ۴۵

پاسخ

باتوجه به شکل داریم:



$$i + 90^\circ + r = 180^\circ$$

$$\rightarrow i + r = 90^\circ \rightarrow r = 90^\circ - i$$

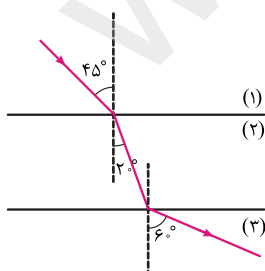
با استفاده از رابطه اسنل داریم:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{\sin i}{\sin(90^\circ - i)} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{\sin i}{\cos i} = \sqrt{3} \rightarrow \tan i = \sqrt{3} \rightarrow i = 60^\circ$$

گزینه ۴ صحیح است.

مثال ۱۴۴ مطابق شکل زیر پرتو نوری از محیط شفاف (۱) وارد محیط شفاف (۲) و سپس وارد محیط شفاف (۳) می‌شود. تندی نور در محیط (۳) چند برابر تندی نور در محیط (۱) است؟

(مرتبط با صفحه‌های ۸۳ تا ۸۵ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۹۶)



(۲) $\frac{\sqrt{3}}{2}$

(۱) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

(۴) $\sqrt{\frac{2}{3}}$

(۳) $\sqrt{\frac{3}{2}}$

پاسخ



$$\left. \begin{aligned} \frac{v_3}{v_1} &= \frac{n_1}{n_3} \\ \frac{n_1}{n_3} &= \frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \sqrt{\frac{3}{2}} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{v_3}{v_1} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

گزینه ۳ صحیح است.

مثال ۱۴۵ ضریب شکست آب $\frac{4}{3}$ و ضریب شکست شیشه $\frac{3}{2}$ است. نسبت تندی انتشار نور در آب به تندی انتشار نور در شیشه کدام است؟

(مرتبط با صفحه‌های ۸۳ تا ۸۵ کتاب درسی)

$$\frac{1}{2} \quad (4)$$

$$2 \quad (3)$$

$$\frac{8}{9} \quad (2)$$

$$\frac{9}{8} \quad (1)$$

پاسخ

$$\frac{n_{\text{شیشه}}}{n_{\text{آب}}} = \frac{v_{\text{آب}}}{v_{\text{شیشه}}} \rightarrow \frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} = \frac{v_{\text{آب}}}{v_{\text{شیشه}}} \rightarrow \frac{v_{\text{آب}}}{v_{\text{شیشه}}} = \frac{9}{8}$$

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۱۴۶ ضریب شکست الماس ۲ و ضریب شکست شیشه $1/5$ است. اگر تندی انتشار نور در شیشه $\frac{3 \times 10^8 \text{ km}}{\text{s}}$ باشد، تندی نور در الماس چند متر بر ثانیه است؟

(مرتبط با صفحه‌های ۸۳ تا ۸۵ کتاب درسی)

$$\frac{4}{3} \times 10^8 \quad (4)$$

$$\frac{3}{4} \times 10^8 \quad (3)$$

$$\frac{2}{3} \times 10^8 \quad (2)$$

$$\frac{3}{2} \times 10^8 \quad (1)$$

پاسخ

$$v_2 = 2 \times 10^8 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 2 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \rightarrow \frac{2}{1/5} = \frac{2 \times 10^8}{v_2} \rightarrow v_2 = \frac{3}{2} \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۱۴۷ پرتوی نوری از محیط A با ضریب شکست n_A وارد محیط B با ضریب شکست n_B می‌شود. زاویه تابش از زاویه شکست بیشتر است، v_A و v_B به ترتیب تندی نور در محیط A و B هستند. کدام گزینه درست است؟

(مرتبط با صفحه‌های ۸۳ تا ۸۵ کتاب درسی)

$$n_A > n_B \quad , \quad v_A > v_B \quad (2)$$

$$n_A < n_B \quad , \quad v_A > v_B \quad (1)$$

$$n_A < n_B \quad , \quad v_A < v_B \quad (4)$$

$$n_A > n_B \quad , \quad v_A < v_B \quad (3)$$

پاسخ

چون $(\hat{i} > \hat{r})$ است، نتیجه می‌گیریم که محیط A از محیط B رقیق‌تر پس $n_A < n_B$ و تندی نور در محیط A بیشتر از تندی نور در محیط B است.

گزینه ۱ صحیح است.



مثال ۱۴۸ پرتو نور تک رنگی با زاویه تابش 45° از هوا به محیط شفاف که ضریب شکست آن $\sqrt{2}$ است می‌تابد. قسمتی از آن بازتاب شده و به هوا برمی‌گردد و قسمتی دیگر شکست می‌یابد و وارد محیط شفاف می‌شود. زاویه‌ی بین پرتوی بازتاب و پرتوی شکست چند درجه است؟

(مرتبط با صفحه‌های ۸۳ تا ۸۵ کتاب درسی)

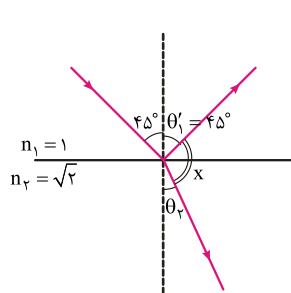
۱۲۰ (۴)

۱۰۵ (۳)

۹۰ (۲)

۷۵ (۱)

پاسخ زاویه‌ی بازتاب همان 45° است.



$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t \rightarrow 1 \times \sin 45^\circ = \sqrt{2} \sin \theta_t \rightarrow \sin \theta_t = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow \theta_t = 45^\circ$$

$$\theta_r = 45^\circ$$

$$x = 45^\circ + (90^\circ - 45^\circ) = 90^\circ$$

مطابق شکل زاویه‌ی بین پرتو بازتاب و پرتو شکست برابر است با:

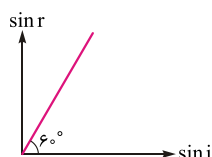
$$x = 45^\circ + (90^\circ - 45^\circ) = 90^\circ \rightarrow x = 90^\circ$$

$$x = 180^\circ - (45^\circ + 45^\circ) = 90^\circ$$

گزینه ۳ صحیح است.

مثال ۱۴۹ پرتوی نور تک رنگی تحت زاویه‌ی i ، از محیط A وارد محیط B می‌شود. شکل مقابل نمودار تغییرات $\sin r$ بر حسب $\sin i$ را نشان می‌دهد. تندی انتشار نور در محیط A چند برابر محیط B است؟

(مرتبط با صفحه‌های ۸۳ تا ۸۵ کتاب درسی)



$$\frac{\sqrt{3}}{2} \quad (۲)$$

$$\frac{\sqrt{3}}{3} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{2} \quad (۴)$$

$$\sqrt{3} \quad (۳)$$

پاسخ

$$\text{شیب نمودار} = \frac{\sin r}{\sin i} \rightarrow \tan 60^\circ = \frac{\sin r}{\sin i}$$

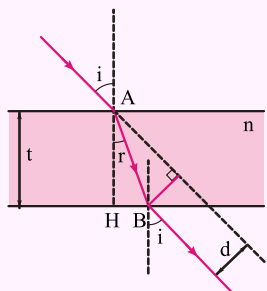
$$\sqrt{3} = \frac{\sin r}{\sin i}$$

با استفاده از قانون شکست نور می‌توان نوشت:

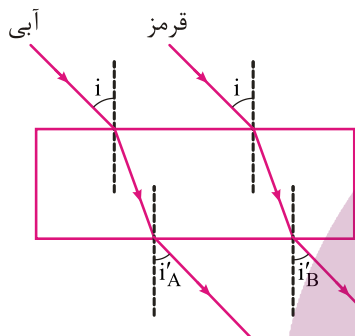
$$\frac{n_B}{n_A} = \frac{v_A}{v_B} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

گزینه ۱ صحیح است.

نکته: محاسبه اندازه جابه‌جایی پرتو در عبور از تیغه متوازی‌السطوح



$$\left. \begin{aligned} \sin(i-r) &= \frac{d}{AB} \\ \cos r &= \frac{t}{AB} \end{aligned} \right\} \Rightarrow d = t \frac{\sin(i-r)}{\cos r}$$



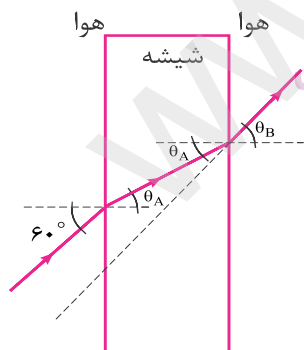
مثال ۱۵۰ مطابق شکل، پرتوهای تک رنگ آبی و قرمز تحت زاویه‌های یکسان بر تیغه‌ی متوازی‌السطوحی تابیده شده‌اند، این پرتوها با زاویه‌های i'_A و i'_B از تیغه خارج شده‌اند چه رابطه‌ای بین i'_B و i'_A وجود دارد؟

(مکمل مثال صفحه ۸۵ کتاب درسی)

پاسخ در تیغه‌های متوازی‌السطوح، زاویه تابش با زاویه خروجی برابر است. بنابراین چون زاویه تابش برای هر دو پرتو یکسان است، زاویه خروجی نیز برابرند.

$$i'_A = i'_B$$

مثال ۱۵۱ پرتوی نوری مطابق شکل از هوا بر تیغه شیشه‌ای متوازی‌السطوحی با زاویه تابش 60° فرود می‌آید. $(n = \frac{3}{2})$



(مشابه مثال صفحه ۸۵ کتاب درسی)

الف) زاویه شکست θ_A ی پرتو در شیشه چقدر است؟
ب) زاویه خروجی θ_B ی پرتو از شیشه چقدر است؟

پاسخ الف) با استفاده از رابطه اسنل داریم:

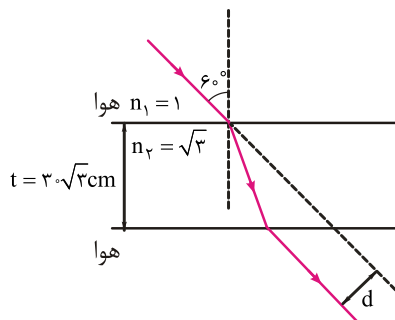
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$1 \times \sin 6^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \theta_A \rightarrow \sin \theta_A = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \rightarrow \theta_A \simeq 39^\circ$$

(ب) $\theta_B = 6^\circ$

مثال ۱۵۲ مطابق شکل، پرتوی نور تک رنگی تحت زاویه 6° از هوا به یک تیغه متوازی السطوح که از ماده‌ای به ضریب شکست $\sqrt{3}$ ساخته شده است، می‌تابد. جابه‌جایی پرتو در اثر عبور از تیغه (d) چند سانتی‌متر است؟

(مکمل مثال صفحه ۸۵ کتاب درسی)



- (۱) ۱۵
(۲) $15\sqrt{3}$
(۳) ۳۰
(۴) $30\sqrt{3}$

پاسخ با استفاده از قانون شکست اسنل، زاویه شکست را به دست می‌آوریم:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \rightarrow 1 \sin 6^\circ = \sqrt{3} \sin r$$

$$1 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \sin r \rightarrow \sin r = \frac{1}{2} \rightarrow r = 30^\circ$$

پس با استفاده از رابطه زیر، جابه‌جایی پرتو (d) را محاسبه می‌کنیم:

$$d = t \frac{\sin(i-r)}{\cos r}$$

$$d = 30\sqrt{3} \times \frac{\sin(6^\circ - 30^\circ)}{\cos 30^\circ} = 30\sqrt{3} \tan 30^\circ$$

$$d = 30\sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}}{3} = 30$$

گزینه ۳ صحیح است.

مثال ۱۵۳ پرتوی نوری از هوا به سطح یک تیغه شیشه‌ای می‌تابد و قسمتی از آن بازتاب پیدا می‌کند و قسمتی نیز با انحراف 15° درجه وارد شیشه می‌شود. اگر زاویه بین پرتوی بازتابش و پرتوی شکست 125° درجه باشد، زاویه شکست چند درجه است؟

(مرتبط با صفحه‌های ۸۳ تا ۸۵ کتاب درسی) (فارغ از کشور ۸۷)

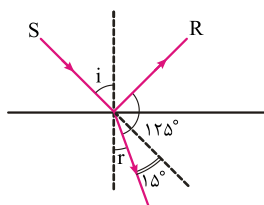
(۴) ۴۵

(۳) ۲۵

(۲) ۳۰

(۱) ۲۰

پاسخ



$$i - r = 15^\circ$$

$$i + r + 125 = 180 \rightarrow i + r = 55$$

$$\begin{cases} i - r = 15^\circ \\ i + r = 55 \end{cases}$$

$$2i = 70^\circ \rightarrow i = 35^\circ$$

$$i - r = 15^\circ \rightarrow r = 20^\circ$$

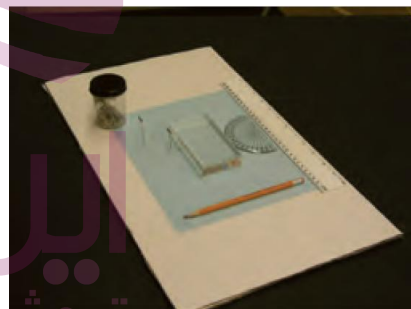
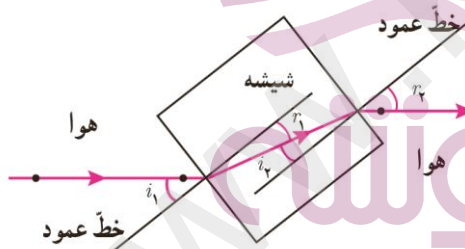
گزینه ۱ صحیح است.

مثال ۱۵۴) با استفاده از یک آزمایش نحوه اندازه‌گیری ضریب شکست یک تیغه متوازی‌السطوح شفاف را توضیح دهید.

(مرتبط با فصل‌های ۳-۱۱ صفحه ۸۶ کتاب درسی)



پاسخ یک تیغه متوازی‌السطوح را در نظر بگیرید و آن را روی کاغذ سفیدی قرار دهید. باریکه نور را به وجه بلندتر بتابانید به طوری که از وجه مقابل خارج شود. محل تیغه بر کاغذ را با رسم اضلاع آن بر روی کاغذ مشخص کنید. همچنین مسیر باریکه فرودی و باریکه فروبی از تیغه را روی کاغذ رسم کنید. برای رسم دقیق‌تر مسیر باریکه‌های فرودی و فروبی می‌توانید مطابق شکل الف کاغذ سفید را روی قطعه یونولیتی قرار دهید و مسیر باریکه‌ها را با فرو بردن سوزن‌هایی در آن مشخص کنید. اکنون تیغه را بردارید و با استفاده از یک خط‌کش، مسیر باریکه نور در درون تیغه را رسم کنید. بر روی مسیر باریکه‌های نور، پیکان‌هایی رسم کنید تا جهت پرتوها مشخص شود. با استفاده از یک نقاله، خطوط عمود بر وجه‌های تیغه در محل ورود و خروج باریکه‌های نور را رسم کنید و زاویه‌های بین باریکه‌ها و خطوط عمود را اندازه بگیرید. شکل ب، طریقی از چینی رسمی را نشان می‌دهد. اکنون می‌توانیم با استفاده از قانون اسنل برای ورود باریکه از هوا به تیغه، ضریب شکست تیغه را به دست آوریم و یا این‌که ضریب شکست را با استفاده از قانون اسنل برای خروج باریکه از تیغه به هوا بیابیم. برپه‌ای است که این دو مقدار نباید تفاوت پنداری داشته باشند. در این صورت آزمایش را به یکی از دو طریق بالا، برای گستره‌ای از زاویه‌های فرودی انجام دهید و مقدار ضریب شکست را با میانگین‌گیری از عددهای حاصل گزارش کنید.



ب) نمودار پرتویی آزمایش، توجه کنید i زاویه تابش و r زاویه شکست و $i_1 = r_1$ و $i_2 = r_2$ است. بنابراین پرتوهای فرودی و فروبی باهم موازی‌اند.

الف) تصویری از اسباب آزمایش اندازه‌گیری ضریب شکست

سراب

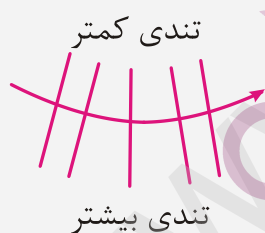
در روزهای گرم، اغلب در جاده‌های آسفالت‌ه مستقیم یا در بیابانها، منظره برکه‌آبی را در دوردست دیده‌اید که بر سطح زمین قرار دارد، اما وقتی به آن نقطه می‌رسید، آن‌جا را خشک می‌یابید. به عبارت دیگر وقتی به سوی آن حرکت می‌کنید، آن هم با همان تندی و در همان جهت حرکت می‌کند. به این پدیده سراب یا سراب آبگیر می‌گویند. سراب با نور واقعی به وجود می‌آید و می‌توان از آن عکس گرفت.

علت تشکیل سراب

- پرتوهای خورشید به سطح زمین می‌رسند و زمین را گرم می‌کنند.
- لایه‌های هوا که در نزدیک سطح زمین قرار دارند نسبت به لایه‌های بالایی گرم‌تر و رقیق‌تر می‌شوند. (چگالی هوا با افزایش دما کاهش می‌یابد که این سبب کاهش ضریب شکست نیز می‌شود).
- پرتوهای نور که از خورشید به سوی سطح زمین منتشر می‌شوند از لایه‌های غلیظ‌تر که به لایه‌های رقیق‌تر می‌رسند، شکست می‌یابند و از خط عمود دورتر می‌شوند.
- این پرتوها ضمن برخورد با ذرات هوا، رنگ آبی را بیش از سایر رنگ‌ها پراکنده می‌کنند و این باعث می‌شود که ناظر رنگ آبی را بر سطح زمین ببیند و تصور کند دریاچه‌ای برابر او قرار دارد. تغییر تندی نور برای سراب هم توضیح موجی ارائه می‌کند. مطابق شکل زیر، نمونه جبهه‌های موجی که از نوک درختی در یک روز داغ می‌آیند نشان داده شده است.



اگر دمای هوا همه جا یکنواخت بود، تندی متوسط نور در تمام بخش‌های هوا یکسان می‌شد؛ و نور در حرکت به سوی زمین به آن برخورد می‌کرد. اما هوای نزدیک زمین گرم‌تر و چگالی آن کمتر است، و جبهه‌های موج با حرکت به طرف پایین تندی می‌گیرند و در نتیجه به طرف بالا خم می‌شوند.

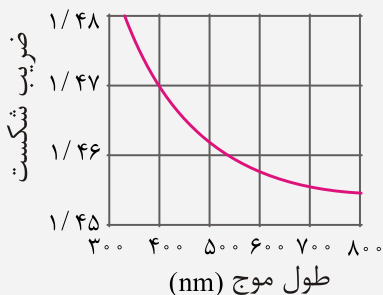


چون هوا بر اثر گرم شدن ممکن است متلاطم گردد، سراب همچون موج‌های آب، لرزان به نظر می‌رسد. رنگ آبی و این لرزش، توهم وجود یک آبگیر را ایجاد می‌کند در حالی که در واقع تصویری مجازی از آسمان است. وقتی به سمت سراب حرکت می‌کنیم، دیگر این پرتوهای کم ارتفاع را دریافت نمی‌کنیم و سراب ناپدید می‌شود.

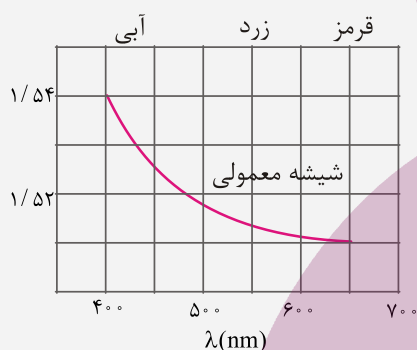
توشه‌ای برای موفقیت

پاشندگی نور

ضریب شکست هر محیطی به جز خلاء به طول موج نور بستگی دارد. وقتی باریکه نور شامل پرتوهایی با طول موج‌های متفاوت باشد، وابستگی (n) به طول موج باعث می‌شود که شکست پرتوها با زاویه‌های مختلفی انجام گیرد یعنی نور به وسیله شکست گسترده می‌شود. این گسترش نور پاشندگی نور نامیده می‌شود. به طور کلی، ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج کوتاه‌تر (مثلاً نور آبی) بزرگتر از طول موج بلندتر (مثلاً نور قرمز) است.



شکل (۱)



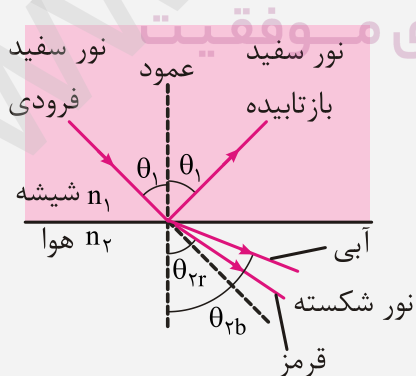
شکل (۲)

به عنوان مثال، نمودار شکل (۱) چگونگی وابستگی ضریب شکست کوآرتز گداخته را به طول موج نشان می‌دهد. این وابستگی به این معناست که هرگاه باریکه‌ای شامل نور آبی و قرمز مثلاً از هوا به داخل کوآرتز یا برعکس شکسته شود، مؤلفه آبی (پرتو مربوط به موج نور آبی) بیش‌تر از مؤلفه قرمز خم می‌شود.

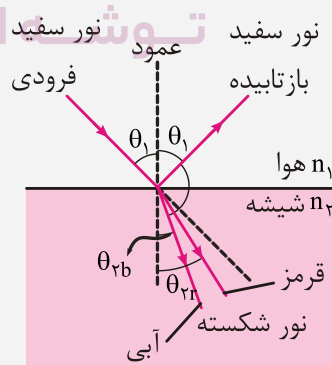
همچنین نمودار (۲) وابستگی ضریب شکست به طول موج را برای شیشه معمولی نشان می‌دهد. باریکه‌ای از نور سفید شامل مؤلفه‌هایی از همه رنگ‌ها با شدت‌های تقریباً یکسانی در طیف مرئی است، وقتی چنین باریکه‌ای را می‌بینیم به جای هر یک از رنگ‌ها آن را سفید احساس می‌کنیم.

در شکل (الف) باریکه نور سفیدی از هوا بر یک سطح شیشه‌ای فرود می‌آید. در شکل فقط مؤلفه‌های قرمز و آبی نشان داده شده‌اند. چون مؤلفه آبی بیشتر از مؤلفه قرمز می‌شکند، زاویه شکست θ_{rb} برای مؤلفه آبی کوچک‌تر از زاویه شکست θ_{rr} برای مؤلفه قرمز است.

در شکل (ب) یک پرتو نور سفید در شیشه به سطح جدایی شیشه - هوا فرود می‌آید. دوباره، مؤلفه آبی بیش‌تر از مؤلفه قرمز شکسته می‌شود، اما در این حالت θ_{rb} بزرگ‌تر از θ_{rr} است.



(ب)

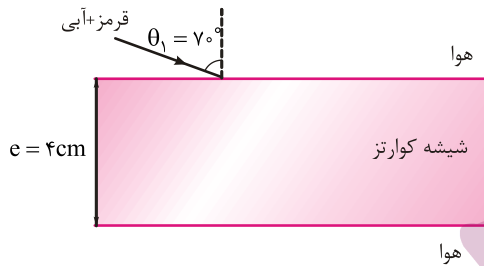


(الف)

مثال ۱۵۵ پرتوی نوری شامل نورهای آبی و قرمز از هوا بر سطح تیغه‌ای از شیشه کوارتز به ضخامت $d = 4\text{cm}$ فرود آمده است.

(مکمل مثال ۱۱-۳ صفحه ۸۵ کتاب درسی)

هر دو پرتو با زاویه تابش $\theta_1 = 7^\circ$ بر سطح تیغه تابیده شده‌اند. فرض کنید ضریب شکست نورهای آبی و قرمز در کوارتز (آبی با طول موج 480nm و قرمز با طول موج 670nm) به ترتیب، $1/4636$ و $1/4561$ است.

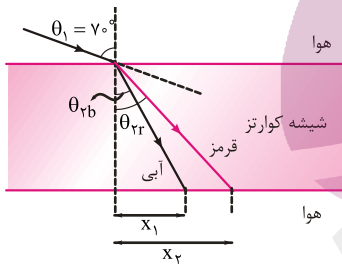


الف) زاویه‌های شکست برای هر دو پرتو در تیغه کوارتز را محاسبه کنید.

ب) فاصله بین دو پرتو، هنگام خروج از وجه مقابل تیغه، چقدر است؟

پ) در نوری که از طرف دیگر تیغه خارج می‌شود، دو باریکه رنگی (از هم جدا شده‌اند - از هم جدا نشده‌اند)، اما در (یک جهت - دو جهت متفاوت) منتشر می‌شوند.

پاسخ الف) با استفاده از قانون شکست اسنل می‌توان نوشت:



θ_{rb} θ_{br}

$$\rightarrow \begin{cases} 1 \times \sin 7^\circ = 1/4636 \sin \theta_{rb} \rightarrow \theta_{rb} = 41/66^\circ \\ 1 \times \sin 7^\circ = 1/4561 \sin \theta_{br} \rightarrow \theta_{br} = 41/91^\circ \end{cases}$$

(ب)

$$\begin{cases} \tan \theta_{rb} = \frac{x_1}{d} \rightarrow x_1 = 4 \tan 39/94 \rightarrow x_1 = 3/06\text{cm} \\ \tan \theta_{br} = \frac{x_2}{d} \rightarrow x_2 = 4 \tan 40/16 \rightarrow x_2 = 3/09\text{cm} \end{cases}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 3/09 - 3/06 = 0/03\text{cm} = 0/3\text{mm}$$

پ) از هم جدا شده‌اند - یک جهت

آزمون چهارگزینه ای

۱- معادله مکان - سرعت یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $V^2 + 4x^2 = 0.04$ است. اندازه بیشینه شتاب این نوسانگر چند متر بر مجذور ثانیه است؟

(مرتبط با متن صفحه ۵۶ کتاب) (کانون - ۹۳)

۰/۴ (۴)

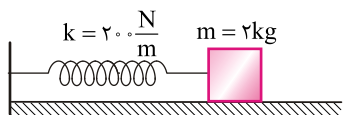
۰/۲ (۳)

۰/۰۲ (۲)

۰/۰۸ (۱)

۲- مطابق شکل زیر، وزنه ای متصل به فنری سبک و افقی در غیاب اصطکاک در حال تعادل قرار دارد. هرگاه وزنه را از حالت تعادل به اندازه ۵cm جابه جا کرده و رها کنیم تا وزنه حرکت نوسانی هماهنگ ساده انجام دهد، اندازه سرعت وزنه وقتی به ۴ سانتی متری

نقطه تعادل می‌رسد، چند $\frac{cm}{s}$ است؟



(مرتبط با متن صفحه ۵۶ کتاب) (کانون - ۹۳)

۱۰ (۲)

۳ (۱)

۳۰۰ (۴)

۳۰ (۳)

۳- دو نوسانگر هماهنگ ساده A و B به ترتیب با دوره‌های نوسان ۱/۵ ثانیه و ۲ ثانیه همزمان از وضع تعادل شروع به نوسان می‌کنند. پس از چند ثانیه یکی از دو نوسانگر یک نوسان کامل بیش‌تر از دیگری انجام می‌دهد؟

(مرتبط با متن صفحه ۵۵ کتاب) (کانون - ۹۳)

۱۸ (۴)

۶ (۳)

۱۲ (۲)

۴ (۱)

۴- معادله حرکت نوسانگر ساده‌ای به جرم $100g$ در SI به صورت $\frac{d^2x}{dt^2} = +25\pi^2 x = 0$ می‌باشد. با فرض این که دامنه نوسان‌های این نوسانگر بیش‌تر از ۴cm است، اندازه نیروی وارد بر این نوسانگر در ۴ سانتی متری مرکز نوسان چند نیوتون است؟ ($\pi^2 = 10$)

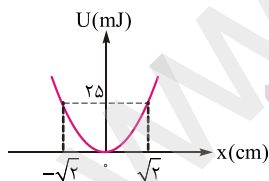
(مرتبط با متن صفحه ۵۶ کتاب) (کانون - ۹۳)

۱ (۴)

۱۰ (۳)

۱۰۰ (۲)

۱۰۰۰ (۱)



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

(مرتبط با متن صفحه ۵۸ کتاب) (کانون - ۹۳)

$\frac{\pi}{100}$ (۴)

$\frac{2\pi}{25}$ (۳)

$\frac{\pi}{50}$ (۲)

$\frac{\pi}{25}$ (۱)

۶- شخصی آونگ ساده‌ای به طول ۹۸ سانتی متر را که به انتهای آن وزنه‌ای به جرم $2kg$ متصل است، از سقف اتاق خود آویزان کرده و آن را از وضع تعادل خود (حالت قائم) دور می‌کند. اگر آونگ در مدت یک دقیقه ۳۰ نوسان کامل کم‌دامنه انجام دهد، اندازه

شتاب گرانش زمین در محل انجام این آزمایش چند $\frac{m}{s^2}$ است؟ ($\pi^2 = 10$)

(مرتبط با متن صفحه ۶۷ کتاب درسی) (کانون - ۹۳)

۹/۹ (۴)

۱۰ (۳)

۱۰/۱ (۲)

۹/۸ (۱)



۷- یک منبع ارتعاش، موج‌هایی با بسامد 500 Hz و طول موج 2 m را در فضایی همگن منتشر می‌کند. در مدت زمانی که موج مسافت 50 متر را طی می‌کند، منبع ارتعاش چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟

(مرتبط با متن صفحه ۳۳ کتاب) (کانون - ۹۳)

- (۱) ۱۵۰ (۲) ۳۰۰ (۳) ۲۵۰ (۴) ۲۲۵

۸- دو دیافازون A با بسامدهای 100 Hz و 200 Hz امواج خود را در یک محیط همگن منتشر می‌کنند. در این صورت کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

(مرتبط با متن صفحه ۳۳ کتاب) (کانون - ۹۲)

- (۱) سرعت انتشار امواج A نصف سرعت انتشار امواج B می‌باشد.
 (۲) طول موج A دو برابر طول موج B می‌باشد.
 (۳) سرعت انتشار امواج A دو برابر سرعت انتشار امواج B می‌باشد.
 (۴) طول موج A نصف طول موج B می‌باشد.

۹- شنونده‌ای، صوتی با بسامد 25 Hz را با شدت $10^4 \frac{\mu\text{W}}{\text{m}^2}$ می‌شنود. تراز شدت این صوت، چند دسی‌بل است؟

$$(I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2})$$

(مرتبط با متن صفحه ۶ کتاب) (سراسری فارغ از کشور ریاضی - ۹۲)

- (۱) ۱۶۰ (۲) ۲۰ (۳) ۸۰ (۴) ۱۰۰

۱۰- دو نفر در دو انتهای یک لوله فلزی به طول 600 m ایستاده‌اند. نفر اول ضربه‌ای به لوله می‌زند، نفر دوم دو صدا به فاصله زمانی $1/5\text{ s}$ از هم را می‌شنود. اگر سرعت صوت در هوای درون لوله برابر $350 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد سرعت صوت در لوله فلزی چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟

(مرتبط با متن صفحه ۷۲ کتاب) (آزمون کانون - ۹۰)

- (۱) ۱۰۵۰ (۲) ۷۰۰۰ (۳) ۵۲۵۰ (۴) ۲۸۰۰

۱۱- دو نفر به فاصله‌های d_1 و d_2 از یک چشمه صوت ایستاده‌اند. تراز شدت صوت برای این دو نفر به ترتیب برابر با 5 dB و 3 dB است. حاصل $\frac{d_2}{d_1}$ کدام است؟

(مرتبط با متن صفحه ۷۳ کتاب) (فیزیک پیش ریاضی - تمرین ۱۰) (آزمون کانون - ۹۰)

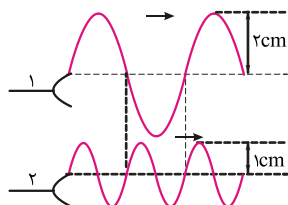
- (۱) ۰/۱ (۲) ۰/۱ (۳) ۱۰ (۴) ۱۰۰

۱۲- پرده گوش شخصی، امواج صوتی با تراز شدت 80 دسی بل را دریافت می‌کند. اگر مساحت پرده گوش این شخص $6 \times 10^{-5}\text{ متر مربع}$ باشد، در مدت 3 دقیقه چند ژول انرژی صوتی به گوش این شخص می‌رسد؟ $(I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2})$

(مرتبط با متن صفحه ۷۶ کتاب) (سراسری فارغ از کشور تجربی - ۹۰)

- (۱) 189×10^{-6} (۲) 189×10^{-9} (۳) 6×10^{-9} (۴) 6×10^{-6}

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

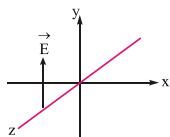


(مرتبط با متن صفحه ۶۶ کتاب) (کانون - ۹۳)

- (۱) ۲ (۲) ۴



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



۱۴- در شکل زیر میدان الکتریکی در یک موج الکترومغناطیسی در یک لحظه نشان داده شده است. اگر موج انرژی را در خلاف جهت محور Z انتقال دهد جهت میدان مغناطیسی در این لحظه در کدام جهت است؟
(مرتبط با صفحه ۶۷ کتاب درسی) (تمرین ۱۹ صفحه ۹۱ کتاب)

(۱) محور X (۲) خلاف محور X (۳) محور Y (۴) خلاف محور Y

۱۵- اگر معادله مکان - زمان یک نوسانگر ساده در SI بصورت $x = 0.4 \cos 5\pi t$ باشد، پس از چه مدت زمانی برای اولین بار مکان نوسانگر ($x = -2 \text{ cm}$) بوده و حرکت آن در جهت مثبت محور X می‌باشد؟

(برگرفته از مطالب کتاب درسی صفحه ۵۶ کتاب درسی)

$$\frac{1}{75} \quad (۱) \quad \frac{2}{75} \quad (۲) \quad \frac{1}{150} \quad (۳) \quad \frac{1}{50} \quad (۴)$$

۱۶- یک موج الکترومغناطیسی مثل نور مرئی از هوا وارد آب می‌شود. اگر سرعت نور در هوا $(\frac{m}{s}) 3 \times 10^8$ و در آب $(\frac{m}{s}) 2.25 \times 10^8$ باشد، بسامد و طول موج آن در آب چند برابر هوا خواهد بود؟

(برگرفته از مطالب کتاب صفحه ۸۴، ۵۷ کتاب درسی)

$$\frac{4}{3} \text{ و } 1 \quad (۱) \quad \frac{3}{4} \text{ و } 1 \quad (۲) \quad \frac{3}{4} \text{ و } \frac{3}{4} \quad (۳) \quad \frac{4}{3} \text{ و } \frac{4}{3} \quad (۴)$$

۱۷- در کدام یک از حالات زیر بسامدی ظاهری که به گوش شنونده از منبع صوتی می‌رسد بیش تر از بسامد واقعی منبع در حالتی می‌باشد که شنونده و منبع هر دو ساکن هستند.

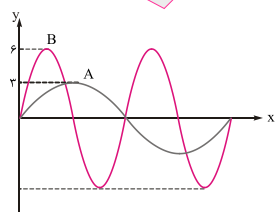
(مشابه تمرین ۳۱ صفحه ۹۲ کتاب درسی)

(۱) شنونده ساکن، چشمه از او دور می‌شود. (۲) چشمه ساکن، شنونده از او دور می‌شود.
(۳) چشمه ساکن، شنونده به او نزدیک می‌شود. (۴) در گزینه ۱ و ۲ این امکان وجود دارد.

۱۸- در لحظه‌ای که اندازه سرعت نوسانگری $\frac{\sqrt{3}}{2}$ مقدار بیشینه سرعت نوسانگر می‌باشد مکان آن در این لحظه چه کسری از دامنه نوسانگر است؟

(برگرفته از مطالب کتاب درسی صفحه ۵۶ کتاب درسی)

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



۱۹- باتوجه به شکل دو موج سینوسی عرضی A و B در طول یک طناب، شدت موج B چند برابر A می‌باشد؟

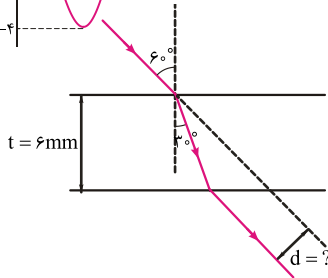
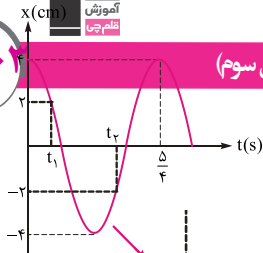
(مشابه تمرین ۳۱ کتاب صفحه ۹۲ کتاب درسی)

$$۱۶ \quad (۱) \quad ۴ \quad (۲) \quad ۸ \quad (۳) \quad ۱ \quad (۴)$$

۲۰- نمودار مکان - زمان نوسانگری بصورت زیر است. سرعت متوسط و شتاب متوسط نوسانگر

به ترتیب در بازه زمانی t_1 تا t_2 چند $\frac{cm}{s}$ و چند $\frac{cm}{s^2}$ می‌باشد؟

(مرتبط با متن صفحه ۵۶ و ۵۷ کتاب درسی)



(مکمل مثال ۳-۱۱ کتاب درسی)

$$(۱) -۸ \text{ و } ۱۶\pi\sqrt{۳}$$

$$(۳) \text{ صفر و } ۸\pi\sqrt{۳}$$

$$(۲) -۸ \text{ و صفر}$$

$$(۴) ۴ \text{ و } ۸\pi\sqrt{۳}$$

۲۱- مطابق شکل، پرتوی نور تک رنگی با زاویه تابش 60° به یک تیغه شیشه‌ای به ضخامت ۶ میلی‌متر می‌تابد و با زاویه 30° وارد تیغه می‌شود، این پرتو در عبور از تیغه چند میلی‌متر جابه‌جا می‌گردد؟

$$(۱) \sqrt{۳}$$

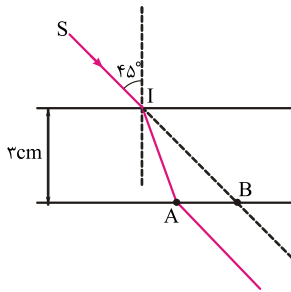
$$(۳) ۳$$

$$(۲) ۲\sqrt{۳}$$

$$(۴) ۳\sqrt{۳}$$

۲۲- در شکل روبه‌رو، پرتو SI با زاویه تابش 45° به سطح یک تیغه شیشه‌ای به ضخامت ۳cm می‌تابد و در نقطه A از تیغه خارج می‌شود. اگر راستای SI در نقطه B از شیشه خارج شود، AB چند سانتی‌متر است؟ (۲ = ضریب شکست تیغه شیشه‌ای)

(مکمل مثال ۳-۱۱ کتاب درسی) (سراسری - ۹۱)



$$(۱) \sqrt{۳}$$

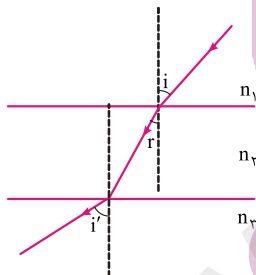
$$(۲) ۳ - \sqrt{۳}$$

$$(۳) ۱ + \sqrt{۳}$$

$$(۴) ۲\sqrt{۳}$$

۲۳- در شکل، مسیر یک پرتو نورانی در محیط‌هایی که ضریب شکست آن‌ها، n_1 ، n_2 و n_3 است، نشان داده شده است. اگر $r < i' < i$ باشد، آن گاه کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

(مکمل مثال صفحه ۸۵ کتاب درسی)



$$(۱) n_1 < n_3 < n_2$$

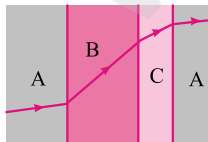
$$(۳) n_3 < n_1 < n_2$$

$$(۲) n_1 > n_3 > n_2$$

$$(۴) n_3 > n_1 > n_2$$

۲۴- یک پرتوی موج الکترومغناطیسی، مطابق شکل زیر با عبور از محیط اولیه A، از طریق محیط‌های B و C به محیط A باز می‌گردد. کدام مقایسه تندی موج در این سه محیط را درست نشان می‌دهد؟

(مشابه پرسش ۳-۹ صفحه ۸۴ کتاب درسی)



$$(۱) v_A > v_B > v_C$$

$$(۲) v_A < v_B < v_C$$

$$(۳) v_B > v_C > v_A$$

$$(۴) v_C > v_B < v_A$$

۲۵- با توجه به شکل زیر، کدام گزینه پرتوی داخل شیشه را نشان می‌دهد؟

(مشابه تمرین ۶۴ صفحه ۹۳ کتاب درسی)

$$(۱) A$$

$$(۳) C$$

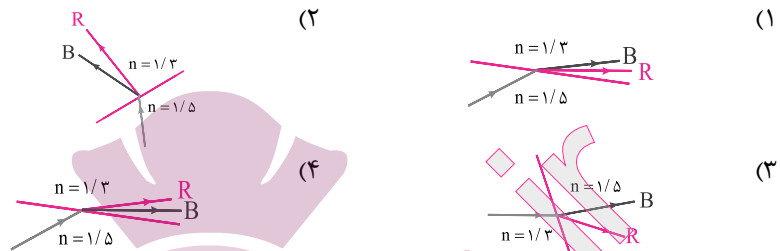
$$(۲) B$$

$$(۴) D$$



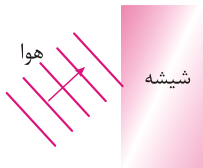
۲۶- در شکل‌های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز (R) و آبی (B) است در سطح مشترک دو ماده شکست پیدا کرده‌اند. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟

(مشابه تمرین ۱۳ کتاب درسی)



۲۷- مطابق شکل موج‌های نور فرودی از هوا وارد شیشه می‌شوند. بعضی از آن‌ها در سطح جدایی دو محیط بازتابیده و بعضی شکسته شده وارد شیشه می‌شوند. کدام یک از کمیت‌های زیر برای موج‌های بازتابیده و موج‌های شکسته شده یکسان است؟

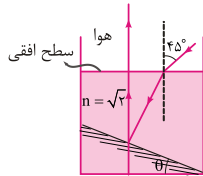
(مکمل تمرین ۱۶ صفحه ۹۴ کتاب درسی)



- (۱) تندی
(۲) طول موج
(۳) امتداد
(۴) بسامد

۲۸- در شکل زیر با توجه به مسیر پرتو نور و بازتاب آن از روی آینه تخت، زاویه θ چند درجه است؟

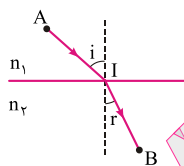
(مرتبط با مجموعه‌های ۸۰ تا ۸۶ کتاب درسی) (سراسری ریاضی - ۸۴)



- (۱) ۱۵
(۲) ۲۲/۵
(۳) ۳۰
(۴) ۴۵

۲۹- در شکل روبرو پرتو نوری از نقطه A در محیطی به ضریب شکست n_1 به نقطه B در محیط دوم که ضریب شکست آن n_2 است، می‌رسد. اگر $AI = IB = L$ و سرعت نور در محیط اول برابر V_1 باشد. زمان رسیدن نور از A به B کدام است؟

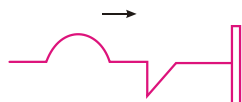
(مرتبط با مجموعه‌های ۸۴ تا ۸۶ کتاب درسی)



- (۱) $\frac{L}{V_1} \left(1 + \frac{n_2}{n_1}\right)$
(۲) $\frac{L}{V_1} \left(1 + \frac{n_1}{n_2}\right)$
(۳) $\frac{2L}{V_1} \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$
(۴) $\frac{2L}{V_1} \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)$

۳۰- مطابق شکل زیر، یک موج عرضی به یک مانع با انتهای بسته برخورد می‌کند. کدام گزینه موج بازتاب شده را به درستی نشان می‌دهد؟

(مرتبط با صفحه ۷۷ کتاب درسی)



- (۱)
- (۲)



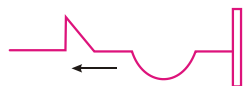
۲۰۵

توسان و امواج (فصل سوم)

۳ فیزیک



مجموعه کتابهای آموزش



(۴)



(۳)



ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

پاسخنامه آزمون چهارگزینه‌ای

۱ گزینه ۴

$$N_A = N_B + 1 \Rightarrow \frac{t}{T_A} = \frac{t}{T_B} + 1 \Rightarrow t = \frac{T_A T_B}{T_B - T_A}$$

$$\Rightarrow t = \frac{1/5 \times 2}{2 - 1/5} = \frac{3}{9/5} = \frac{5}{3} \text{ s}$$

در مرکز نوسان ($x=0$) سرعت نوسانگر بیشینه است و در انتهای مسیر نوسان ($x=A$) سرعت صفر است. لذا داریم:

$$\frac{x=0}{v=v_{\max}} \rightarrow 40^2 + v_{\max}^2 \neq 0 \quad 0 \quad 4$$

$$\Rightarrow v_{\max} = 0 / 2 \frac{m}{s}$$

$$\frac{x=A}{v=0} \rightarrow 4(A)^2 + 0 = 0 / 0 \quad 4$$

$$\Rightarrow A = 0 / 1 m$$

از طرفی داریم:

$$v_{\max} = A\omega \rightarrow \frac{A=0/1m}{v_{\max}=0/2 \frac{m}{s}} \rightarrow 0 / 2 = 0 / 1 \omega$$

$$\Rightarrow \omega = 2 \frac{rad}{s}$$

بنابراین اندازه بیشینه شتاب نوسانگر برابر است با:

$$a_{\max} = A\omega^2 = 0 / 1 \times 2^2 = 0 / 4 \frac{m}{s^2}$$

۲ گزینه ۳

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

$$\Rightarrow k = 250 \frac{N}{m}$$

$$k = m \omega^2 \rightarrow \frac{\omega = \frac{2\pi}{T}}{T} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{100 \times 10^{-3}}{250}}$$

$$\Rightarrow T = \frac{\pi}{25} s$$

ابتدا بسامد زاویه‌ای حرکت نوسانی ساده را حساب می‌کنیم. داریم:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{250}{100}} = 1.5 \frac{rad}{s}$$

با استفاده از رابطه مستقل از زمان در حرکت نوسانی ساده بین بُعد و سرعت نوسانگر، می‌توان نوشت:

$$v = \omega \sqrt{A^2 - x^2} = 1.5 \times \sqrt{5^2 - 4^2} = 3.0 \frac{cm}{s}$$

۳ گزینه ۱

دوره نوسان‌های آونک کم‌دامنه برابر است با:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{60}{30} = 2 s$$

با استفاده از رابطه $N = \frac{t}{T}$ و با توجه به اینکه $N_A = N_B + 1$

است، می‌توان نوشت:

۴ گزینه ۴

با استفاده از معادله حرکت نوسانگر ساده و قانون دوم نیوتون، می‌توان نوشت:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 25\pi^2 x = 0 \xrightarrow{a = \frac{d^2 x}{dt^2}} a = -25\pi^2 x$$

$$\xrightarrow{F=ma} F = -25\pi^2 m x \Rightarrow |F| = 25\pi^2 |m| x$$

$$\xrightarrow{m=0/1kg} |F| = 25 \times 10 \times 0 / 1 \times 4 \times 10^{-2} \Rightarrow |F| = 1 N$$

$$|x| = 4 \times 10^{-2} m$$

۵ گزینه ۱

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

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

$$\Rightarrow k = 250 \frac{N}{m}$$

$$k = m \omega^2 \rightarrow \frac{\omega = \frac{2\pi}{T}}{T} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{100 \times 10^{-3}}{250}}$$

$$\Rightarrow T = \frac{\pi}{25} s$$

۶ گزینه ۱

دوره نوسان‌های آونک کم‌دامنه برابر است با:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{60}{30} = 2 s$$

با استفاده از رابطه $N = \frac{t}{T}$ و با توجه به اینکه $N_A = N_B + 1$

است، می‌توان نوشت:



گزینه ۱۰

اگر زمان انتشار صوت در هوا برابر t_1 و زمان انتشار صوت در لوله فلزی برابر t_2 باشد، داریم: $t_2 < t_1$ سرعت صوت در جامدات (لوله فلزی) بیشتر از سرعت صوت در هوا می باشد پس زمان انتشار صوت در لوله کمتر از زمان انتشار صوت در هوا می باشد.

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 1/5$$

$$t_1 = \frac{L}{v_1}, \quad t_2 = \frac{L}{v_2} \Rightarrow t_1 = \frac{600}{350} = \frac{12}{7} s$$

$$t_2 = t_1 - 1/5 = \frac{12}{7} - \frac{1}{5} = \frac{56-7}{35} = \frac{49}{35} = \frac{7}{5} s$$

$$\Rightarrow L = v_2 t_2 \Rightarrow L = 350 \times \frac{7}{5} = 490 m$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0.98}{g}} \quad T = 2s$$

$$\frac{1}{\pi} = \sqrt{\frac{0.98}{g}} \Rightarrow \frac{1}{\pi^2} = \frac{0.98}{g}$$

$$\xrightarrow{\pi^2=10} g = 9.8 \frac{m}{s^2}$$

گزینه ۷

سرعت انتشار موج در محیط برابر است با:

$$v = \frac{f \cdot \lambda}{\lambda} = \frac{f \cdot \lambda}{\lambda} = \frac{500 \cdot 0.2}{1} = 100 \frac{m}{s}$$

مدت زمانی که طول می کشد موج مسافت ۵۰ متر را طی کند برابر است با:

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{\Delta x = 50 m}{v = 100 \frac{m}{s}} \Rightarrow \Delta t = \frac{50}{100} = 0.5 s$$

برای مقایسه تعداد نوسانها در مدت ۰.۵ س فوایم داشت:

نوسان کامل

$$f = \frac{n}{t} \quad f = 500 Hz \quad t = 0.5 s \Rightarrow 500 = \frac{n}{0.5} \Rightarrow n = 250$$

گزینه ۸

پون امواج در یک محیط ممکن منتشر می شوند، با سرعت های یکسانی

انتشار می یابند. در این صورت طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ ، طول موج آنها

به نسبت عکس بسامد آنها می باشد. بنابراین داریم:

$$\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{f_B}{f_A} = \frac{200}{100} \Rightarrow \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = 2$$

گزینه ۹

$$B = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{10^{-4} \times 10^{-6}}{10^{-12}} = 10 \log 10^2 = 20$$

گزینه ۲

$$B_2 - B_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

$$54 - 4 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

$$50 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^5$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 \Rightarrow \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 = 10^5 \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = 10^2$$

$$\Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = 0.01$$

گزینه ۱۲

$$B = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 80 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 8 = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$\Rightarrow 10^8 = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-4} \frac{W}{m^2}$$

$$I = \frac{E}{A t}$$

$$\Rightarrow E = I A t = 10^{-4} \times 6 \times 10^{-5} \times 3 \times 60$$

$$= 1.08 \times 10^{-9} J$$

$$E = 1.08 \times 10^{-9} J$$



$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{2/25 \times 10^8}{3 \times 10^8}$$

$$= \frac{2/25}{3} = \frac{9}{3} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4}$$

گزینه ۳ ۱۳

$$\begin{cases} \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 2 \Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{2} \\ \frac{A_1}{A_2} = 2 \end{cases} \Rightarrow \frac{\bar{P}_1}{\bar{P}_2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 \times \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2$$

$$= (2)^2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 1$$

گزینه ۳ ۱۷

با نزدیک شدن شنونده به چشمه ساکن، طول موج دریافتی توسط شنونده کمتر از طول موج واقعی منبع است و بسامد بیش‌تر از بسامد منبع می‌باشد.

گزینه ۴ ۱۸

طبق رابطه سرعت - مکان داریم:

$$v = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$v = \frac{\sqrt{3}}{2} A \omega$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} A \omega = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$\frac{3}{4} A^2 = A^2 - x^2 \rightarrow x = \pm \frac{1}{2} A$$

گزینه ۱ ۱۹

دامنه موج B دو برابر دامنه A می‌باشد. همچنین داریم:

$$\lambda_B = \frac{1}{2} \lambda_A \rightarrow \frac{v}{f_B} = \frac{1}{2} \frac{v}{f_A}$$

$$\frac{I_B}{I_A} = \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2 \times \left(\frac{f_B}{f_A}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{16}$$

گزینه ۱ ۲۰

$$T + \frac{T}{4} = \frac{5}{4} T \quad \text{س ۱}$$

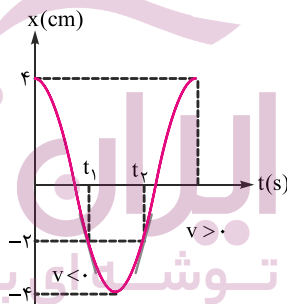
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\omega \frac{d}{s}$$

گزینه ۱ ۱۴

با استفاده از قاعده دست راست جهت انتشار در جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ و از کف دست عمود بر آن به طرف خارج در جهت میدان مغناطیسی $\vec{B}$ باشد انگشت شصت در جهت انتقال انرژی موج است. پس میدان مغناطیسی در این سؤال در جهت محور X است.

گزینه ۲ ۱۵

با استفاده از نمودار مکان - زمان خواهیم داشت:
در دو لحظه t_1 و t_2 مکان نوسانگر $x = -2 \text{ cm}$ بوده و در لحظه (t_2) حرکت در جهت مثبت محور X ها می‌باشد.



$$x = 4 \sin \frac{t}{2} \pi$$

$$x = -2 = 4 \sin \left(\frac{t}{2} \pi \right) \Rightarrow \sin \left(\frac{t}{2} \pi \right) = -\frac{1}{2}$$

$$\rightarrow \frac{4\pi}{3} = \frac{t}{2} \pi \Rightarrow t = \frac{4}{3} \times 2 = \frac{8}{3} \text{ s}$$

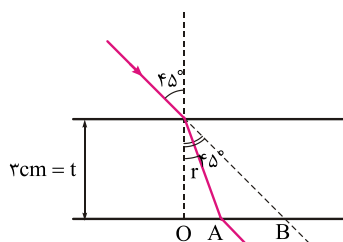
گزینه ۲ ۱۶

بسامد امواج از محیطی به محیط دیگر تغییر نمی‌کند.



$$d = 2\sqrt{3} \text{ mm}$$

گزینه ۲ (۲۲)



$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_r}{n_i} \rightarrow \frac{\sin 45^\circ}{\sin r} = \frac{\sqrt{2}}{1}$$

$$\rightarrow \sin r = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow r = 30^\circ$$

$$\tan r = \frac{OA}{t} \Rightarrow \tan 30^\circ = \frac{OA}{3} \rightarrow OA = 3 \times \frac{\sqrt{3}}{3} = \sqrt{3} \text{ cm}$$

$$\tan i = \frac{OB}{t} \rightarrow \tan 45^\circ = \frac{OB}{3} \rightarrow 1 = \frac{OB}{3} \rightarrow OB = 3 \text{ cm}$$

$$AB = OB - OA = 3 - \sqrt{3} \text{ cm}$$

گزینه ۳ (۲۳)

چون در تغییر محیط از n_1 به n_p ، پرتو به خط عمود نزدیکتر شده است، پس $n_p > n_1$ خواهد بود. در مقایسه n_p با n_p نیز به همین ترتیب می‌توان گفت $n_p < n_1$ است. برای مقایسه n_1 و n_p ، توجه کنید که اگر پرتویی با زاویه r از محیط n_p به سطح مشترک n_1 و n_p بتایر با زاویه i خارج می‌شود. در اینجا پرتویی با زاویه مشابه (r) را از محیط مشابه (n_p) به دو محیط n_1 و n_p تابانده‌ایم، و در n_p بیش‌تر از خط عمود دور شده، پس $n_1 > n_p$ خواهد بود.

گزینه ۳ (۲۴)

محیط B تندی بیش‌تر نسبت به دو محیط دیگر دارد. n (ضریب شکست) محیط کم‌تر از دو محیط دیگر است.

$$n_A > n_C > n_B \rightarrow v_B > v_C > v_A$$

گزینه ۲ (۲۵)

$$x = A \cos(\pi t) = x = 4 \cos(2\pi t)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2 = 4 \cos(2\pi t_1) \rightarrow t_1 = \frac{1}{6} \text{ s} \\ \cos(2\pi t_1) = \frac{\pi}{3} \end{cases}$$

$$\begin{cases} -2 = 4 \cos(2\pi t_r) \\ \cos(2\pi t_r) = \frac{4\pi}{3} \rightarrow t_r = \frac{2}{3} \text{ s} \end{cases}$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-2 - 2}{\frac{2}{3} - \frac{1}{6}} = \frac{-4}{\frac{1}{2}} = -8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$v = -A\omega \sin(\omega t) \Rightarrow v_1 = -\lambda\pi \sin(2\pi \times \frac{1}{6})$$

$$= -\lambda\pi \times \frac{\sqrt{3}}{2} = -4\pi\sqrt{3} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$v = -A\omega \sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_1 = -\lambda\pi \sin(2\pi \times \frac{1}{6}) = -\lambda\pi \times \frac{\sqrt{3}}{2} \\ = -4\pi\sqrt{3} \frac{\text{cm}}{\text{s}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_r = -\lambda\pi \sin(2\pi \times \frac{2}{3}) = -\lambda\pi \times \frac{-\sqrt{3}}{2} \\ = 4\pi\sqrt{3} \frac{\text{cm}}{\text{s}} \end{cases}$$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4\pi\sqrt{3} - (-4\pi\sqrt{3})}{\frac{2}{3} - \frac{1}{6}} = \frac{8\pi\sqrt{3}}{\frac{1}{2}} = 16\pi\sqrt{3} \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

گزینه ۲ (۲۱)

$$d = t \frac{\sin(\theta_1 - \theta_r)}{\cos \theta_r}$$

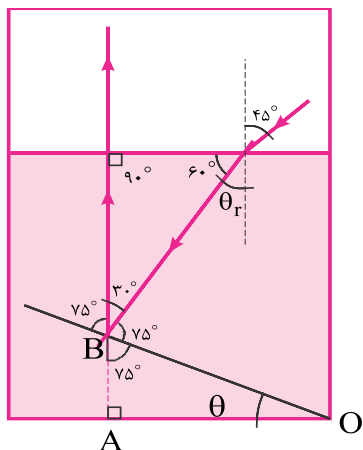
$$d = 6 \times \frac{\sin(60^\circ - 30^\circ)}{\cos 30^\circ} = 6 \times \tan 30^\circ = 6 \times \frac{\sqrt{3}}{3} = 2\sqrt{3}$$



پرتو وقتی از هوا وارد شیشه می‌شود به علت تغییر تندی جهت آن تغییر کرده و چون از محیط رقیق وارد محیط غلیظ‌تر می‌شود به خط عمود نزدیک می‌شود.

۲۶) گزینه ۴

وقتی یک پرتو نور از محیطی شفاف رقیق وارد محیط شفاف غلیظ می‌شود، و در محیط دوم به دلیل آن که تندی آن تغییر می‌کند، شکسته می‌شود و به خط عمود نزدیک می‌شود و اگر از محیط غلیظ وارد محیط رقیق شود بعد از شکست از خط عمود دور می‌شود. وقتی پرتوی فرودی شامل نورهای قرمز و آبی با زاویه تابش یکسانی از محیط رقیق وارد محیط غلیظ شوند، باریکه آبی بیش‌تر از باریکه قرمز خم می‌شود. که این شرایط فقط در گزینه ۴ از لحاظ فیزیکی ممکن است.



۲۹) گزینه ۱

اگر زمان پیمودن مسیر AI را برابر t_1 و زمان طی شدن IB را برابر t_2 در نظر داریم:

$$t_{AB} = t_1 + t_2 \xrightarrow{AI=IB=L} t_{AB} = \frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2} \Rightarrow$$

$$t_{AB} = L \left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} \right) \xrightarrow{n_1 v_1 = n_2 v_2} t_{AB} = \left(\frac{1}{v_1} + 1 \right) \frac{L}{n_1} \frac{1}{n_2}$$

$$t_{AB} = \frac{L}{v_1} \left(1 + \frac{n_2}{n_1} \right)$$

۲۷) گزینه ۴

به جزء بسامد موج‌ها، بقیه متفاوت‌اند. تندی انتشار موج و طول موج در محیط به ضریب شکست بستگی دارد. امتداد پرتوها بر اثر شکست، تفاوت پیدا می‌کند.

۲۸) گزینه ۱

با استفاده از رابطه قانون شکست اسنل داریم:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 45^\circ}{\sin \theta_r} = \frac{\sqrt{2}}{1}$$

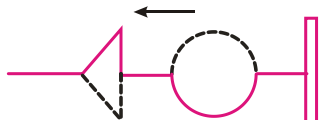
$$\Rightarrow \sin \theta_r = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_r = 30^\circ$$

$$\Delta OAB: \angle B = 75^\circ, \angle A = 90^\circ$$

$$\Rightarrow \angle \theta = 180 - (90 + 75) = 15^\circ$$

۳۰) گزینه ۳

موج بازتاب شده از انتهای بسته طناب با موج تابیده شده اولیه به اندازه π رادیان اختلاف فاز دارد. به عبارت دیگر در بازتاب از انتهای بسته، شکل موج هم نسبت به مانع و هم نسبت به راستای افقی انتهای بسته قرینه می‌شود. بنابراین شکل موج بازتابیده به صورت زیر است:



ایران توشه

- رانلور نمونه سوالات امتحانی

- رانلور گام به گام

- رانلور آزمون گاج و قلم چی و سنجش

- رانلور فیلم و مقاله انگلیزی

- رانلور و مشاوره



IranTooshe.Ir



@irantooshe



IranTooshe

