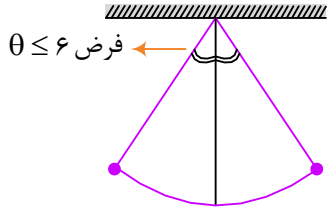
نوسان دوره‌ای و حرکت هماهنگ ساده

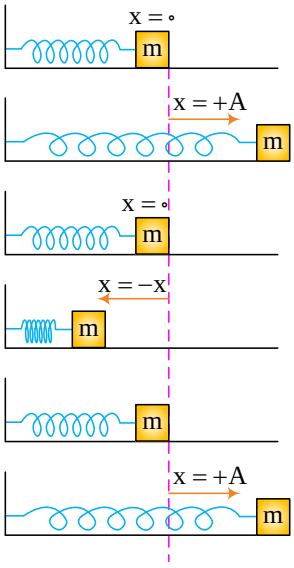
به حرکتی که در زمانی مساوی و متوالی عیناً تکرار گردد، حرکت نوسانی می‌گویند؛ مانند عقربه‌های ساعت، حرکت سیارات به دور خورشید، حرکت تارهای مرتعش، طلوع و غروب خورشید، حرکت آونگ و ... که در این نوع حرکت‌ها، متحرک پس از طی زمانی معین به وضعیت اولیه برمی‌گردد و حرکت خود را از نو آغاز می‌کند.

به حرکتی که در آن متحرک (نوسانگر) روی خط راست، حول نقطه‌ای واقع بر مسیر حرکت (مرکز نوسان) مرتباً رفت و برگشت می‌کند «حرکت نوسانی ساده» می‌گویند.

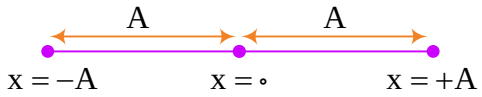
مثال ۱- حرکت آونگ ساده با زاویه‌ی انحراف بسیار کوچک ($\theta \leq ۶$)



مثال ۲- هر گاه وزنه‌ای را به انتهای فنری بسته و آن را در راستای قائم یا افقی از وضع تعادل خارج کرده و رها نماییم، حرکت وزنه یک حرکت نوسانی ساده است.

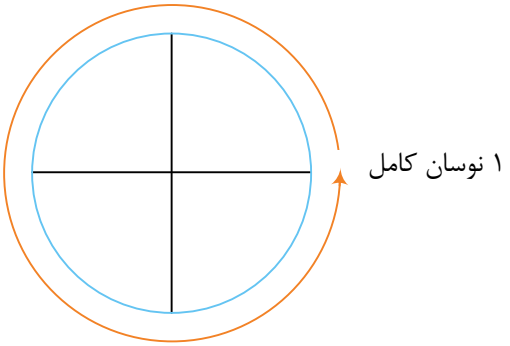


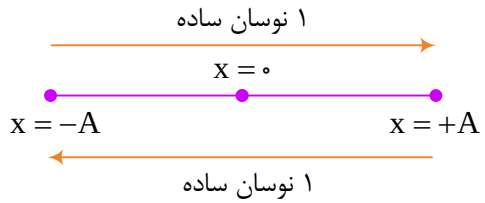
- **دامنه حرکت (A):** به بیشترین فاصله‌ی نوسانگر از مرکز نوسان را دامنه‌ی نوسان می‌گویند.



$$A = \frac{\text{طول پاره‌خط}}{۲}$$

● **دوره تناوب (پریود):** مدت زمانی که طول می‌کشد یک نوسانگر دو بار مسیر حرکت را طی کرده و یک نوسان کامل انجام دهد، دوره می‌نامند و آن را با T نشان می‌دهند که یک آن ثانیه است.





در حرکت دایره‌ای حرکت کامل دور دایره $\Leftarrow$ نوسان کامل

$$\text{نوسان کامل} = \frac{\text{نوسان ساده}}{۲}$$

$$\text{دامنه} \rightarrow ۴A = \text{نوسان کامل}$$

● **بسامد (فرکانس):** تعداد نوسان‌های کامل یک نوسانگر در یکای زمان (یک ثانیه) بسامد نامیده می‌شود، آن را با f نشان می‌دهند و واحد آن در $\frac{۱}{s}$ یا Hz (هرتز) می‌باشد.

$$T.f = ۱ \qquad T = \frac{۱}{f} \qquad f = \frac{۱}{T}$$

نکته:

دوره تناوب یا بسامد نوسانگر به دامنه‌ی آن بستگی ندارد.

● **بسامد زاویه‌ای (سرعت زاویه‌ای):** به مقدار زاویه‌ی پیموده شد در واحد زمان را بسامد زاویه‌ای می‌گویند که آن را با ω نشان می‌دهند و واحد آن نیز $\frac{Rad}{s}$ است.

$$\omega = ۲\pi f \qquad \omega = ۲\pi/T \qquad \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

نکته:

اگر نوسانگری در مدت زمان t ، تعداد n نوسان کامل انجام دهد، دوره‌ی تناوب نوسانگر از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

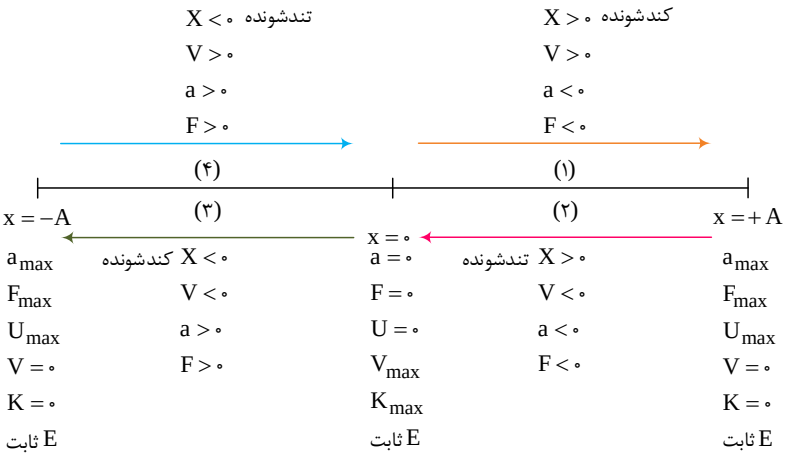
$$T = \frac{t \longrightarrow \text{کل زمان}}{n \longrightarrow \text{تعداد نوسان کامل}}$$

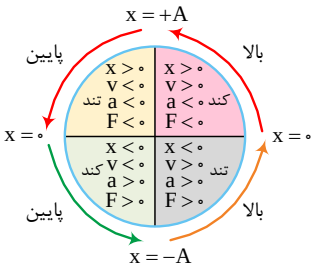
T ↓ دوره

مثال ۳- یک وزنه‌ی متصل به انتهای فنری در هر ربع ساعت، ۳۰ بار طول مسیر حرکت خود را می‌پیماید، بسامد زاویه‌ی آن چند $\frac{\text{Rad}}{\text{s}}$ است؟

ویژگی‌های حرکت هماهنگ ساده:

۱. جهت شتاب نیروی بازگرداننده همواره به سوی مرکز تعادل می‌باشد.
۲. عامل اصلی ایجاد و حفظ حرکت نوسانی ساده، وجود نیروی بازگرداننده می‌باشد.
۳. اندازه‌ی نیرو با میزان جابه‌جایی متناسب است ($F=-kx$): اما همواره این دو مخالف جهت یکدیگرند.
۴. در مکان تعادل، اندازه‌ی نیرو، شتاب و مکان متحرک صفر می‌باشد اما سرعت و انرژی جنبشی در آن بیشترین مقدار را دارد.
۵. در بیشترین، فاصله از تعادل، اندازه نیرو، شتاب و مکان، به بیشترین مقدار خود می‌رسد اما سرعت و انرژی جنبشی در آن مکان صفر می‌باشد.
۶. هنگامی که نوسانگر به انتهای مسیر می‌رسد، حرکتی کندشونده و هنگامی که به وسط مسیر می‌رسد، حرکتی تندشونده دارد.
۷. هنگامی که $x>0$ است $a<0$ و $F<0$ است.
۸. هنگامی که $x<0$ است $a>0$ و $F>0$ است.





تست ۱:

اگر دامنه‌ی حرکت یک نوسانگر ساده دو برابر شود، دوره‌ی تناوب آن چه تغییری می‌کند؟

۱) تغییر نمی‌کند. ۲) دو برابر می‌شود. ۳) نصف می‌شود. ۴) چهار برابر می‌شود.

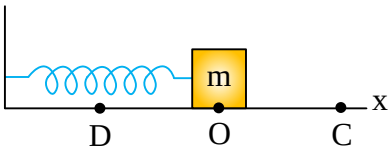
تست ۲:

یک نوسانگر ساده به طور مرتب در هر ثانیه ۸ بار از نقطه‌ی تعادل عبور می‌کند. دوره‌ی تناوب این نوسانگر چند ثانیه است؟

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۸}$

تست ۳:

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



۱) در حرکت از نقطه‌ی C به نقطه‌ی O، علامت سرعت نوسانگر منفی است.

۲) در حرکت از نقطه‌ی O به نقطه‌ی D، علامت سرعت نوسانگر منفی است.

۳) حرکت نوسانگر از نقطه‌ی C به نقطه‌ی O، تندشونده است.

۴) حرکت نوسانگر از نقطه‌ی O به نقطه‌ی D، تندشونده است.

تست ۴:

در یک نوسانگر ساده، در لحظه‌ای که سرعت نوسانگر از مثبت به منفی تغییر علامت می‌دهد، شتاب نوسانگر چگونه است؟ (خارج ریاضی ۹۰)

۱) مثبت است. ۲) منفی است.

۳) از مثبت به منفی تغییر علامت می‌دهد. ۴) از منفی به مثبت تغییر علامت می‌دهد.

معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده:

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

x: دامنه نوسان (m)

ω: بسامد زاویه‌ای $\left(\frac{Rad}{s}\right)$

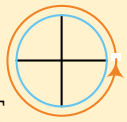
نکته:

به ωt ، فاز حرکت نیز گفته می‌شود.

نکته:

رابطه‌ی تغییر فازها و زمان‌های معادل آن‌ها در حرکت هماهنگ ساده

$$2\pi \equiv T$$



$180^\circ: \ \pi \equiv \frac{T}{2}$ $\quad 120^\circ \to \frac{2\pi}{3} \equiv \frac{2T}{6}$ $\quad 2\pi \equiv T$

$90^\circ: \ \frac{\pi}{2} \equiv \frac{T}{4}$ $\quad 150^\circ \to 150 \left|\frac{30}{5}\right.$ $\quad \frac{5\pi}{6} \equiv \frac{5T}{12}$

$60^\circ: \ \frac{\pi}{3} \equiv \frac{T}{6}$ $\quad 210^\circ \to 210 \left|\frac{30}{7}\right.$ $\quad \frac{7\pi}{6} \equiv \frac{7T}{12}$

$45^\circ: \ \frac{\pi}{4} \equiv \frac{T}{8}$ $\quad 240^\circ \to 240 \left|\frac{30}{8}\right.$ $\quad \frac{8\pi}{6} \equiv \frac{8T}{12}$

$30^\circ: \ \frac{\pi}{6} \equiv \frac{T}{12}$ $\quad 300^\circ \to 300 \left|\frac{30}{10}\right.$ $\quad \frac{10\pi}{6} \equiv \frac{10T}{12}$

$15^\circ: \ \frac{\pi}{12} \equiv \frac{T}{24}$ $\quad 330^\circ \to 330 \left|\frac{30}{11}\right.$ $\quad \frac{11\pi}{6} \equiv \frac{11T}{12}$

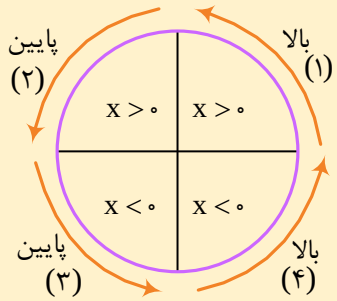
نکته تستی:

$\frac{1}{2} \to 30$ $\quad \frac{\pi}{6}$

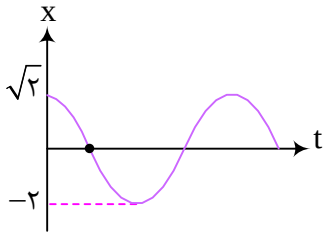
$\sqrt{2}/2 \to 45^\circ$ $\quad \frac{\pi}{4}$

$\sqrt{3}/2 \to 60^\circ$ $\quad \frac{\pi}{3}$

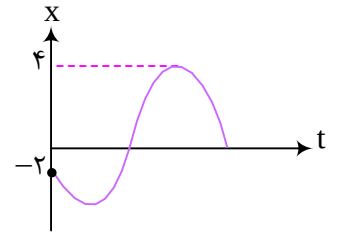
نکته:



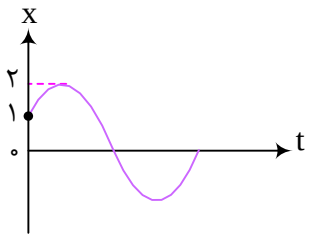
مثال -



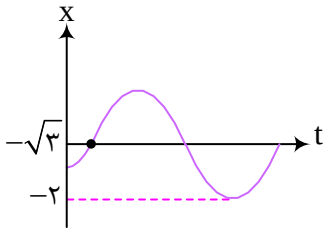
$\frac{\sqrt{۲}}{۲} \rightarrow ۴۵^\circ \quad \frac{\pi}{۴} \equiv \frac{T}{۸}$



$\frac{۲}{۴} \rightarrow \frac{۱}{۲} \rightarrow ۳۰^\circ \quad \frac{\pi}{۶} \equiv \frac{T}{۱۲}$



$\frac{۱}{۲} \rightarrow ۳۰^\circ \quad \frac{\pi}{۶} \equiv \frac{T}{۱۲}$



$\frac{\sqrt{۳}}{۲} \rightarrow ۶۰^\circ \quad \frac{\pi}{۳} \equiv \frac{T}{۶}$

تست ۵:

معادله‌ی یک حرکت نوسانی در SI به صورت $x = \cos \pi t$ است. دوره‌ی تناوب این حرکت چند ثانیه است؟

۱) $\frac{\pi}{۲}$ ۲) π ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) ۲

تست ۶:

تغییر شناسه (فاز) یک نوسانگر ساده در مدت $\frac{۱}{۴۰}$ ثانیه برابر $\frac{۳\pi}{۲}$ رادیان است. بسامد آن چند هرتز است؟

۱) ۱۵ ۲) ۳۰ ۳) ۴۰ ۴) ۶۰

تست ۷:

معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت $x = ۰/۰۸\cos ۲۰\pi t$ است. در لحظه‌ی $\frac{۱}{۴۰}$ ثانیه، فاصله‌ی نوسانگر از نقطه‌ی تعادل (مرکز نوسان) چند cm است؟

۱) صفر ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

تست ۸:

نوسانگری که حرکت هماهنگ ساده دارد، در هر دوره‌ی تناوب مسافتی برابر ۴۰cm طی می‌کند. اگر این نوسانگر در مدت ۲۰ ثانیه، ۱۰۰ بار در طول پاره‌خط مسیر نوسان را طی نماید، معادله‌ی حرکت آن در SI کدام است؟

۱) $x = ۰/۱\cos ۱۰\pi t$ ۲) $x = ۰/۲\cos ۱۰\pi t$ ۳) $x = ۰/۲\cos ۵\pi t$ ۴) $x = ۰/۱\cos ۵\pi t$

تست ۹:

معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $x = ۰/۰۶\cos\frac{\pi}{۳}t$ است. این نوسانگر در بازه‌ی زمانی $۰ < t < ۳s$ چند سانتی‌متر مسافت را پیموده است؟ *(تجربی ۸۵)*

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۱۲

تست ۱۰:

در یک حرکت هماهنگ ساده، در مدت دلخواه $\frac{۱}{۴}$ دوره‌ی تناوب، کمترین مسافتی که نوسانگر طی می‌کند چند برابر دامنه است؟ ($\sqrt{۲} \simeq ۱/۴$) *(خارج ریاضی ۹۳)*

۱) ۰/۳ ۲) ۰/۶ ۳) ۰/۷ ۴) ۱/۴

تست ۱۱:

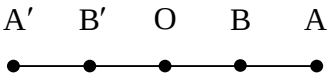
ذره‌ای روی پاره‌خطی به طول $8cm$ حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. این ذره در یک بازه‌ی زمانی دلخواه $\frac{1}{4}$ دوره‌ی تناوب، بیشترین جابه‌جایی که ممکن است داشته باشد، چند cm است؟

(خارج تجربی ۹۷)

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) $2\sqrt{2}$ ۴) $4\sqrt{2}$

تست ۱۲:

در شکل زیر، اگر متحرکی بین دو نقطه‌ی A و A' حرکت هماهنگ ساده انجام دهد و فاصله‌ی OB را در مدت $\frac{1}{300}$ ثانیه طی کند، بسامد نوسان چند هرتز است؟ (خارج ریاضی ۹۵)

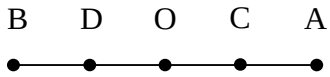


۱) ۲۵ ۲) ۳۷/۵
۳) ۵۰ ۴) ۷۵

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

تست ۱۳:

متحرکی روی پاره‌خط AB نوسان هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر $AC = CO = OD = DB$ باشد و متحرک فاصله CD را در t_1 و فاصله‌ی DB را در t_2 ثانیه طی کند، نسبت $\frac{t_1}{t_2}$ چقدر است؟



(خارج ریاضی ۹۶)

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

تست ۱۴:

نوسانگر ساده‌ای با دامنه‌ی A نوسان می‌کند. اگر کمترین زمان لازم بر آن که مکان آن از $+\frac{A}{2}$ به $-\frac{A}{2}$ برسد، برابر ۰/۱ ثانیه باشد، دوره‌ی تناوب حرکت آن چند ثانیه است؟

۱) ۰/۶ ۲) ۱ ۳) ۰/۲ ۴) ۰/۴

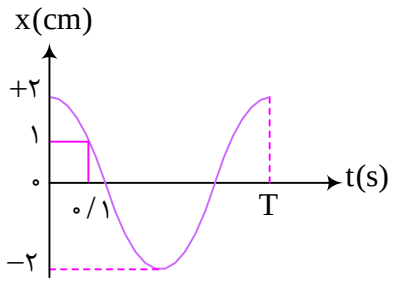
تست ۱۵:

x و A به ترتیب، مکان و دامنه‌ی یک نوسانگر ساده هستند. در لحظه‌ی 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، دوره‌ی تناوب این نوسانگر چند است؟ (خارج ریاضی ۹۲)

۱) ۱/۲ ۲) ۱/۶ ۳) ۲/۴ ۴) ۳/۶

تست ۱۶:

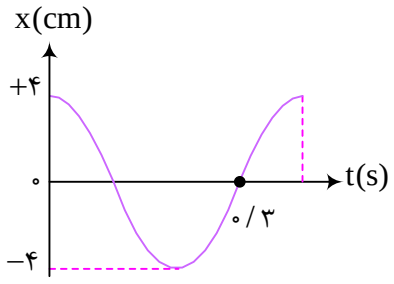
در شکل زیر، نمودار مکان- زمان نوسانگری رسم شده است. بسامد نوسانگر چند هرتز است؟



۱) $\frac{3}{5}$ ۲) $\frac{6}{5}$
۳) $\frac{5}{3}$ ۴) $\frac{5}{6}$

تست ۱۷:

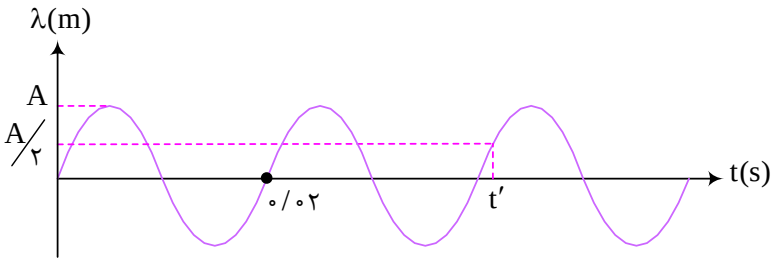
در شکل زیر، نمودار مکان- زمان نوسانگری که حرکت هماهنگ ساده دارد، رسم شده است. معادله‌ی حرکت این نوسانگر در SI کدام است؟



۱) $x = 0/04\cos 5\pi t$ ۲) $x = 0/04\cos 10\pi t$
۳) $x = 4\cos 5\pi t$ ۴) $x = 4\cos 10\pi t$

تست ۱۸:

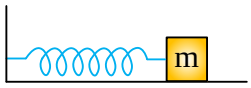
نمودار یک حرکت هماهنگ ساده مطابق شکل زیر است. t' چند ثانیه است؟ (ریاضی ۸۷)



۱) $\frac{1}{24}$ ۲) $\frac{9}{20}$
۳) $\frac{7}{50}$ ۴) $\frac{1}{120}$

سامانه جرم و فنر

هر گاه جسمی به جرم m را به انتهای فنری که جرم آن ناچیز و ثابت آن k است، متصل نموده و به نوسان درآوریم، دوره‌ی تناوب آن از رابطه‌ی مقابل به دست می‌آید:



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

m: جرم فنر (kg)

k: ثابت فنر (N/m)

T: دوره تناوب (s)

- دوره‌ی تناوب سامانه جرم- فنر فقط به جرم وزنه و ثابت فنر بستگی دارد و به دامنه‌ی نوسان و شتاب گرانشی بستگی ندارد.

بسامد زاویه‌ای $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Leftrightarrow \boxed{k = m\omega^2}$

تست ۱۹:

بسامد نوسان دستگاه وزنه- فنری $25Hz$ و جرم وزنه $10g$ است. ثابت فنر چند N/m است؟ $(\pi = \sqrt{10})$

۱) ۱۲۵ ۲) ۲۵۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۱۰۰۰

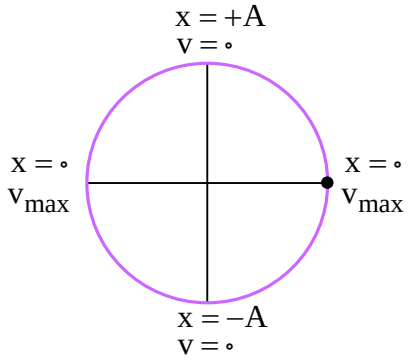
تست ۲۰:

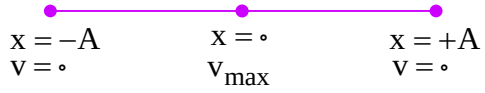
وزنه‌ی ۴۰۰ گرمی را به فنری که ثابت آن k و جرم آن ناچیز است، آویخته و با دامنه‌ی کم به نوسان درمی‌آوریم. وزنه‌ی چند گرمی به وزنه‌ی قبلی اضافه کنیم تا دوره‌ی تناوب نوسانات ۱/۵ برابر شود؟

(تجربی ۸۹)

۱) ۲۰۰ ۲) ۵۰۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۹۰۰

سرعت بیشینه نوسانگر ($\frac{k}{m}$)





$v_{max} = A\omega \rightarrow \frac{Rad}{s}$ بسامد زاویه‌ای

ω دامنه

v_{max} سرعت بیشینه

تست ۲۱:

دامنه‌ی یک نوسانگر وزنه- فنر ۴cm است. اگر جرم وزنه ۲۰ گرم و ثابت فنر $۳۲\frac{N}{m}$ باشد، بیشینه‌ی تندی نوسانگر چند $\frac{m}{s}$ است؟ *(ریاضی ۸۷)*

۱) ۰/۴ ۲) ۰/۸ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۶

تست ۲۲:

نوسانگری روی پاره‌خطی به طول ۱۲cm 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 ۰/۰۴ ثانیه انجام شود، بیشینه‌ی تندی این نوسانگر چند $\frac{m}{s}$ است؟ ($\pi = ۳$) *(تجربی ۹۴)*

۱) صفر ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۴}$ ۴) $\frac{۳}{۲}$

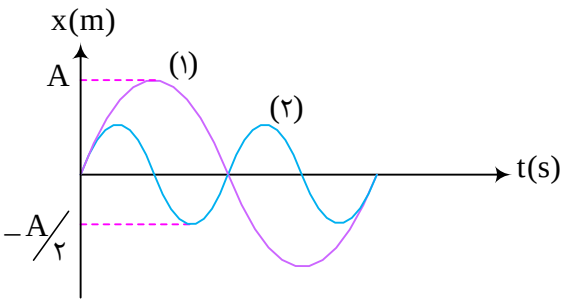
تست ۲۳:

گلوله‌ای که به فنری متصل است در یک سطح افقی بدون اصطکاک، بین دو نقطه‌ی M و N نوسان می‌کند و در هر ۰/۴ ثانیه ۲ نوسان کامل انجام می‌دهد. اگر بیشینه‌ی تندی نوسانگر $0/2\pi \frac{m}{s}$ باشد، فاصله‌ی MN چند cm است؟ ($\pi^2 = 10$) *(خارج تجربی ۹۵- با تغییر جزئی)*

۱) ۲ ۲) $2\sqrt{10}$ ۳) ۴ ۴) $4\sqrt{10}$

تست ۲۴:

نمودار مکان- زمان دو حرکت هماهنگ ساده مطابق شکل زیر است. بیشینه‌ی تندی نوسانگر (۱) چند برابر بیشینه‌ی تندی نوسانگر (۲) است؟ *(خارج تجربی ۹۳)*



۱) ۱ ۲) ۴ ۳) $\frac{1}{4}$ ۴) $\frac{1}{2}$

تست ۲۵:

نوسانگری در یک بعد در لحظه‌ی t_1 در مکان $+\frac{A}{\sqrt{2}}$ و در لحظه‌ی $t_2 > t_1$ در مکان $+A/2$ قرار دارد. اندازه‌ی بیشترین سرعت متوسط نوسانگر در بازه‌ی t_1 تا t_2 کدام است؟ (A دامنه‌ی نوسان و T دوره‌ی تناوب و در $t = 0$ نوسانگر در مبدأ مختصات است.) *(ریاضی ۸۴)*

۱) $12(\sqrt{2}+1)\frac{A}{T}$ ۲) $\frac{12(\sqrt{2}+1)}{7}A/T$ ۳) $\frac{12(\sqrt{2}+1)}{7}\frac{A}{T}$ ۴) $12(\sqrt{2}-1)A/T$

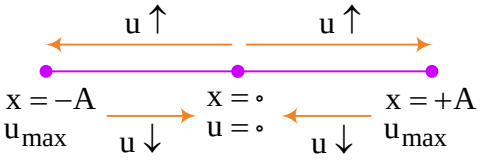
تست ۲۶:

نوسانگری روی پاره‌خطی به‌طول ۸cm روی سطح افقی بدون اصطکاک، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر در لحظه‌ای که فاصلهٔ نوسانگر از نقطهٔ تعادل برابر ۲cm است، بزرگی شتاب برابر $\frac{\pi^2}{2}\frac{m}{s^2}$ باشد، تندی نوسانگر در لحظهٔ عبور از نقطهٔ تعادل چند متر بر ثانیه است؟

(کنکور سراسری علوم‌تجربی داخل ۱۴۰۲)

۱) $\frac{\pi}{10}$ ۲) $\frac{\pi}{5}$ ۳) 10π ۴) 20π

انرژی در حرکت هماهنگ ساده:

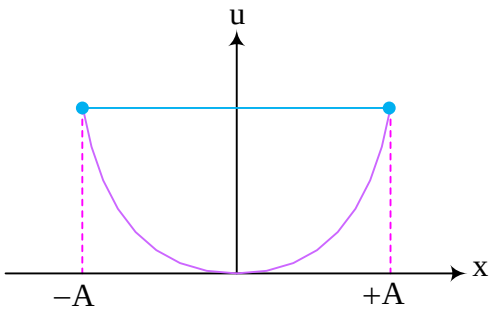


- **انرژی پتانسیل نوسانگر:**

در دامنه‌ها ← max

در نقطه تعادل ← صفر

- **نمودار انرژی پتانسیل- مکان** $(u_e = \frac{1}{2}kx^2)$

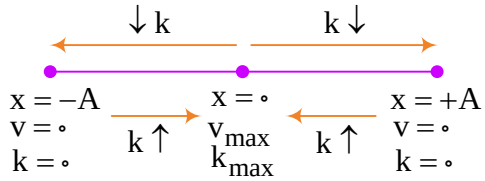


انرژی جنبشی نوسانگر

در دامنه‌ها ← صفر

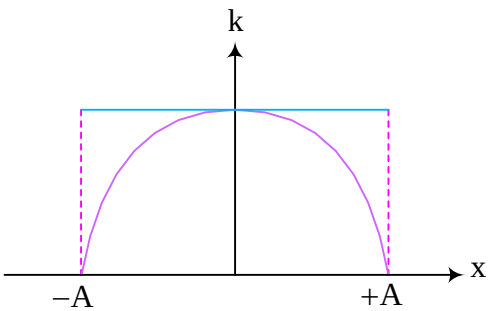
در نقطه تعادل ← max

$$k_{max} = \frac{1}{2}mv_m^2$$



- **نمودار انرژی جنبشی- مکان**

- انرژی مکانیکی نوسانگر: به مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل انرژی مکانیکی گویند. اگر نیروی اصطکاک و مقاومت هوا نباشد، انرژی مکانیکی نوسانگر ثابت می‌ماند. $E = k + u$

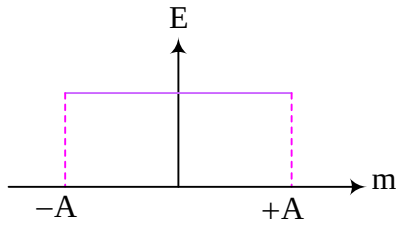


- رابطه‌ی انرژی مکانیکی:

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

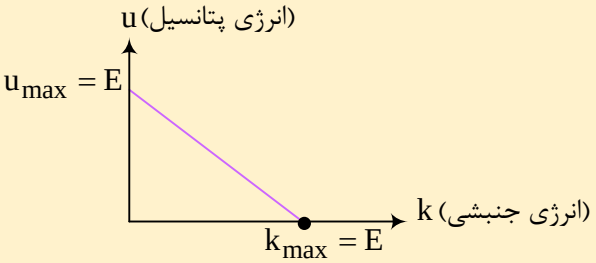
ثابت فنر — $k=m\omega^2$ — دامنه — انرژی مکانیکی — $\omega=2\pi f$

- **نمودار انرژی مکانیکی- در صورت عدم اصطکاک**



نکته:

نمودار u بر حسب k



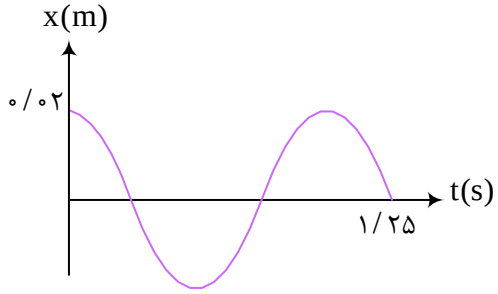
نکته:

بیشینه‌ی انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر با هم برابر و هم‌اندازه با انرژی مکانیکی می‌باشد.

$$u_{max}=k_{max}=E$$

تست ۲۵:

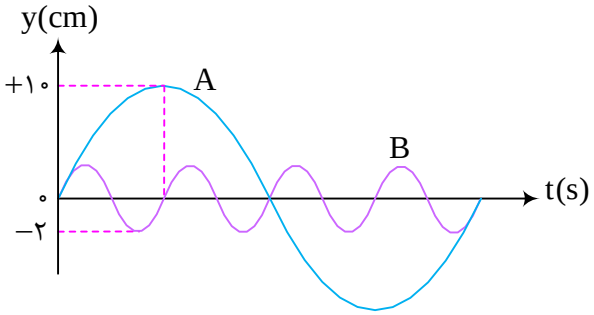
نمودار مکان- زمان نوسانگری به جرم ۱۰۰gr مطابق شکل زیر است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند میلی‌ژول است؟ (تجربی ۹۷)



۱) $0/02\pi^2$
۲) $0/04\pi^2$
۳) $0/06\pi^2$
۴) $0/08\pi^2$

تست ۲۸:

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؟ (تجربی ۹۳)



۱) $\frac{۵}{۱۶}$ ۲) $\frac{۱۶}{۵}$ ۳) $\frac{۵}{۹}$ ۴) $\frac{۱۶}{۲۵}$

تست ۲۹:

انرژی مکانیکی نوسانگری به جرم ۱۰۰gr برابر ۲۰mj است. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل نوسانگر ۱۵mj است. تندی نوسانگر چند cm/s است؟ (خارج ریاضی ۹۶)

۱) $۱۰\sqrt{۱۰}$ ۲) $۲۰\sqrt{۱۰}$ ۳) $\sqrt{۳}/۱۰$ ۴) $\sqrt{۳}/۲۰$

تست ۳۰:

معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده وزنه- فنری در SI به صورت $x=۰/۰۵\cos ۲۰t$ می‌باشد. اگر بیشینه جنبشی آن $۶\times ۱۰^{-۲}j$ باشد، ثابت فنر آن چند نیوتن است؟ (خارج ریاضی ۹۲- با تغییر جزئی)

۱) ۱۲ ۲) ۴۸ ۳) ۱۲۰ ۴) ۴۸۰

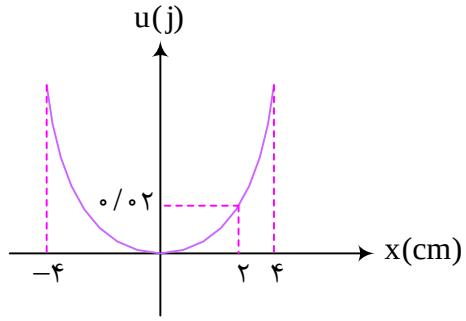
تست ۳۱:

نوسانگری به جرم ۱۰۰ گرم، روی پاره‌خطی به طول ۲۰cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و در مدت $\frac{۱}{۴}$ ثانیه از نقطه‌ی تعادل به انتهای مسیر (نقطه‌ی بازگشت) می‌رسد، انرژی جنبشی نوسانگر در مرکز نوسان چند میلی‌ژول است؟ ($\pi^۲ = ۱۰$) *(تجربی ۹۵)*

۱) ۲ ۲) ۸ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

تست ۳۲:

نمودار انرژی پتانسیل بر حسب مکان نوسانگری به جرم ۴۰۰gr و دوره‌ی تناوب ۰/۴s، مطابق شکل است. در مکان $x = ۲cm$ انرژی جنبشی نوسانگر چند ژول است؟ ($\pi^۲ = ۱۰$)



۱) ۰/۰۲ ۲) ۰/۰۶
۳) ۰/۰۴ ۴) ۰/۰۸

تست ۳۳:

جسمی به جرم ۱۰۰g روی پاره‌خطی به طول ۴cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر بیشینهٔ تکانهٔ نوسانگر در SI ، $۲\times۱۰^{-۳}\pi$ باشد، انرژی مکانیکی نوسانگر چند میکروژول است؟

(کنکور سراسری علوم‌تجربی داخل ۱۴۰۲)

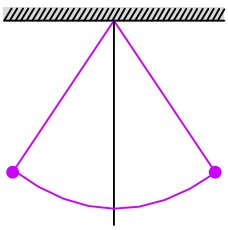
۱) $۲۰\pi^۲$ ۲) $۱۰\pi^۲$ ۳) $۲\pi^۲$ ۴) $\pi^۲$

تست ۳۴:

نوسانگری به جرم ۴۰۰ گرم، روی پاره‌خطی به طول ۱۰ سانتی‌متر، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر حداقل زمان لازم برای طی یک مسافت ۵ سانتی‌متری برابر $\frac{۱}{۳۰}$ ثانیه باشد، بیشینهٔ انرژی جنبشی این نوسانگر، چند میلی‌ژول است؟ $(\pi = ۳)$ *(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲)*

۱) ۹۰۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۹۰ ۴) ۴۵

آونگ ساده:



$T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

T: دوره تناوب (s)

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

g: شتاب گرانش ($m/s^۲$)

L: طول آونگ (m)

ω: بسامد زاویه‌ای ($\frac{Rad}{s}$)

نکات:

۱- دوره‌ی تناوب آونگ ساده به جرم و دامنه‌ی آن بستگی ندارد.

۲- برای یک ساعت آونگ‌دار اگر دوره‌ی تناوب آونگ کاهش یابد، آونگ تندتر کار می‌کند و در نتیجه ساعت جلو می‌افتد و اگر دوره‌ی تناوب آونگ افزایش یابد، آونگ کندتر کار می‌کند، در نتیجه ساعت عقب می‌افتد.

تست ۳۵:

آونگ ساده‌ای به طول $۲۴/۵cm$ در حال نوسان است. دوره‌ی آن چند ثانیه است؟ $(\pi^۲ = ۱۰$ **و** $g = ۹/۸ m/s^۲)$ *(خارج ریاضی ۹۱)*

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۳۶:

طول نخ آونگ ساده‌ای را نصف می‌کنیم، دوره‌ی تناوب آن چند برابر می‌شود؟ *(خارج تجربی ۹۲)*

۱) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) $\sqrt{۲}$ ۴) ۲

تست ۳۷:

دوره‌ی نوسان 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−۱۸ نوسان کامل انجام دهد؟ *(ریاضی ۹۴)*

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

تست ۳۸:

در مکانی که شتاب گرانش برابر $g = \pi^۲ \frac{m}{s^۲}$ است، طول آونگ ساده‌ای را چند سانتی‌متر انتخاب کنیم تا در هر ثانیه یک نوسان کامل انجام دهد؟ *(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱)*

۱) ۱۰۰ ۲) ۷۵ ۳) ۵۰ ۴) ۲۵

نکته:

اگر آونگی را در نقطه‌ای به ارتفاع h از سطح زمین به نوسان درآوریم، چون مقدار g کاهش می‌یابد، دوره‌ی آونگ زیاد می‌شود.

$$\frac{T_h}{T} = \sqrt{\frac{g}{g_h}} \xrightarrow{\frac{g}{g_h} = (\frac{R+h}{R})^۲} \boxed{\frac{T_h}{T} = \frac{R+h}{R} \xrightarrow{R \to \text{شعاع زمین}}}$$

تست ۳۹:

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

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) ۲ ۴) ۴

نکته:

هر گاه دو آونگ با دوره‌های $T_۱$ و $T_۲$ هم‌زمان شروع به نوسان کنند. (با فرض $T_۲ > T_۱$) از لحظه‌ی شروع نوسان، آونگ اول که دوره‌اش کوچک‌تر است سریع‌تر نوسان می‌کند و از آونگ دوم جلو می‌افتد، اگر پس از گذشت زمان t، آونگ اول n نوسان کامل از آونگ دوم جلو بیفتد و دوباره بر هم منطبق شوند (یعنی مجدداً یک وضعیت نوسانی پیدا می‌کنند)، زمان دو انطباق متوالی آونگ‌ها از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$t = \frac{nT_۲T_۱}{T_۲ - T_۱}$$

$n = n_۱ - n_۲$ ← نوسان کامل آونگ دومی
↳ نوسان کامل آونگ اولی

تست ۴۰:

دو آونگ ساده A و B را با هم و با دامنه‌ی کم به نوسان درمی‌آوریم. اگر دوره‌ی تناوب نوسان A برابر ۱/۸ ثانیه و دوره‌ی تناوب آونگ B برابر ۱/۵ ثانیه باشد، پس از گذشت ۳۶ ثانیه آونگ B چند نوسان بیشتر از آونگ A انجام می‌دهد؟

۱) ۱۲ ۲) ۸ ۳) ۴ ۴) ۶

نکته:

اگر آونگی درون آسانسوری که با شتاب a حرکت می‌کند، قرار گیرد و یا نیروی قائم و ثابت $\vec{F}$ بر آن وارد شود، باید به جای شتاب گرانشی g، از g' استفاده کنیم.

۱. آسانسور تندشونده رو به بالا حرکت کند (یا نیروی $\vec{F}$ رو به پایین به آونگ وارد شود)

۲. آسانسور تندشونده رو به پایین حرکت کند (یا نیروی $\vec{F}$ رو به بالا به آونگ وارد شود)

- در حالت بی‌وزنی، چون شتاب ظاهری گرانشی صفر می‌باشد، آونگ کار نمی‌کند. به عنوان مثال، در آسانسور در حالت سقوط آزاد ($g' = g - a \xleftarrow{a \to g} g' = 0$) آونگ کار نخواهد کرد.

تست F1:

آونگی را به سقف آسانسوری آویخته‌ایم. وقتی که آسانسور ساکن است، دوره‌ی تناوب آن T است، اگر آسانسور با شتاب $\frac{g}{2}$ به صورت تندشونده رو به پایین حرکت کند، دوره‌ی تناوب آن چند T می‌شود؟

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

تشدید:

- **بسامد طبیعی:** اگر دستگاهی مانند آونگ ساده یا سامانه‌ی جرم- فنر را اندکی از وضع تعادل منحرف و رها کنیم، با بسامدی معین شروع به نوسان می‌کند که به آن بسامد طبیعی گفته می‌شود.
- **نوسان واداشته:** اگر نوسانگر را با اعمال یک نیروی خارجی، علاوه بر بسامد طبیعی با بسامدهای دیگری به نوسان درآوریم، نوسان آن واداشته است.
- **نوسانات میرا:** نوساناتی که به آن نیروی خارجی اعمال نشود، با گذشت زمان دامنه‌ی آن کم و کمتر می‌شود و سرانجام متوقف می‌گردد که به آن نوسانات میرا گفته می‌شود.
- **تشدید (رزونانس):** اگر بسامد نوسان‌های واداشته (f_d) با بسامد طبیعی (f_0) یک جسم برابر باشد ($f_d = f_0$)، با به نوسان درآمدن آن جسم، دامنه‌ی نوسان‌های آن بزرگ‌تر و بزرگ‌تر می‌شود تا سرانجام با یک دامنه‌ی معین به نوسان خود ادامه دهد. در چنین وضعیتی گفته می‌شود برای نوسانگر تشدید رخ داده است.

نکات:

شرط ایجاد تشدید آن است که بسامد طبیعی نوسانگر برابر بسامد واداشته باشد.
اگر جسم را با بسامدهایی بیشتر یا کمتر از بسامد طبیعی به نوسان درآوریم، دامنه‌ی نوسان کوچکتر از حالتی است که آن را با بسامد طبیعی‌اش به نوسان درآورده‌ایم.

تست ۴۲:

آونگ ساده‌ی A، B، C و D که طول آن‌ها به ترتیب ۱m و ۲/۵m و ۳/۵m و ۶/۲m است، از میله‌ی افقی آویزان‌اند. اگر بسامد زاویه‌ای آونگ وا دارنده $۲\frac{rad}{s}$ باشد، با نوسان این آونگ، کدام یک از آونگ‌ها به شدت به نوسان درمی‌آیند؟ ($g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$)

۱) A ۲) B ۳) C ۴) D

موج و مشخصه‌های آن

- **موج:** هر گاه در ناحیه‌ای از محیط کشسان، ارتعاش به وجود آید، موجب پدید آمدن ارتعاش‌های پی در پی می‌شود که از محل شروع دور و دورتر می‌شوند. این وضعیت موج نامیده می‌شود.
- **محیط کشسان:** هر محیطی که قابلیت تبدیل انرژی جنبشی به پتانسیل و پتانسیل به جنبشی را داشته باشد؛ مانند فنر.
- **تپ موج یا پالس موج:** هر گونه تغییر شکل در محیط کشسان ← مانند طناب

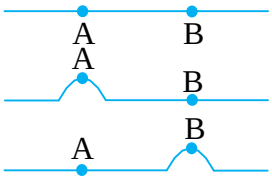
انواع موج

- **مکانیکی:** برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند و در خلأ منتشر نمی‌شوند؛ مانند: فنر، طناب، صوت و ...
- **الکترومغناطیسی:** هیچ محدودیتی برای انتشار ندارند هم در ماده هم در خلأ منتشر می‌شوند؛ مانند امواج رادیویی، نور و ...

ویژگی موج مکانیکی

۱) برای تولید و انتشار آن وجود یک محیط مادی و کشسان الزامی است. در خلأ منتشر نمی‌شوند.

۲) ذره‌های موج انرژی را از ذره‌ای به ذره‌ی دیگر منتقل می‌کنند اما همراه موج منتقل نمی‌شوند.



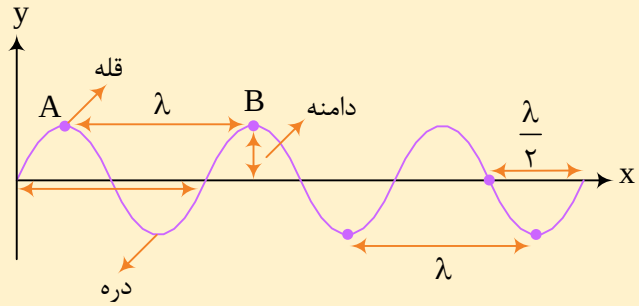
۳) همه‌ی ذره‌های محیط با همان بسامد چشمه‌ی موج به نوسان درمی‌آیند.

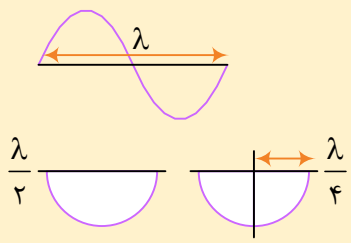
مشخصه‌های موج:

- **جبهه‌ی موج:** هر یک از برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های ایجاد شده در محیط انتشار موج را جبهه‌ی موج می‌نامیم.
- **طول موج:** فاصله‌ی بین دو برآمدگی یا دو فرورفتگی مجاور، طول موج نامیده می‌شود و آن را با λ نشان می‌دهند یا می‌توان گفت طول موج λ برابر با مسافتی است که موج در مدت دوره‌ی تناوب نوسان چشمه طی می‌کند.
- **دامنه (A):** بیشینه‌ی فاصله‌ی یک ذره از مکان تعادل، دامنه‌ی موج نامیده می‌شود که همان فاصله‌ی قله یا دره نسبت به سطح آرام یا ساکن است.

نکته:

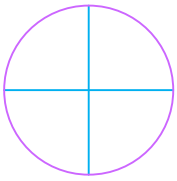
به یک دایره کامل یک λ گفته می‌شود.





نکته تستی :

نکته هم‌ارزی برای طول موج نیز صدق می‌کند.



$۲\pi \equiv T \equiv \lambda$

مثال : $\frac{۵\pi}{۶} \equiv \frac{۵T}{۱۲} \equiv \frac{۵\lambda}{۱۲}$ یا $\frac{۳\pi}{۷} \equiv \frac{۳T}{۱۴} \equiv \frac{۳\lambda}{۱۴}$

- **تندی انتشار موج (v):** مسافتی که جبهه‌ی موج در واحد زمان طی می‌کند، تندی انتشار موج می‌نامند.

$v = \frac{l}{\Delta t}$ $\quad$ $v = \frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}}$

نکته :

۱. تندی انتشار موج به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد. تندی انتشار موج به شرایط فیزیکی چشمه‌ی موج (دامنه، بسامد، شکل موج و انرژی آن) بستگی ندارد. بنابراین اگر موج از یک محیط وارد محیط دیگری شود، تندی آن تغییر می‌کند.

۲. تندی انتشار موج مکانیکی در یک محیط همگن (یکنواخت) در تمام جهات با هم برابر و مقداری ثابت است.

- **رابطه‌ی تندی انتشار موج با بسامد و دوره‌ی تناوب:**

$\boxed{v = \lambda f}$ $\quad$ $\boxed{v = \frac{\lambda}{T}}$

* در این رابطه مشخص می‌شود طول موج با بسامد نسبت عکس دارد.

تست ۴۳:

اگر بسامد نوسان یک چشمه‌ی موج در یک محیط ۲ برابر شود، تندی انتشار موج در آن محیط چه تغییری می‌کند؟

۱) ۲ برابر می‌شود. ۲) تغییری نمی‌کند. ۳) ۴ برابر می‌شود. ۴) $\frac{۱}{۲}$ برابر می‌شود.

تست ۴۴:

موج عرضی در یک محیط منتشر می‌شود و فاصله‌ی بین دو قله‌ی متوالی آن ۱۰cm است. اگر سرعت انتشار موج در آن محیط $5\,m/s$ باشد، بسامد موج چند هرتز است؟ *(تجربی ۹۲)*

۱) ۱۰۰ ۲) ۵۰ ۳) ۲۵ ۴) ۱۰

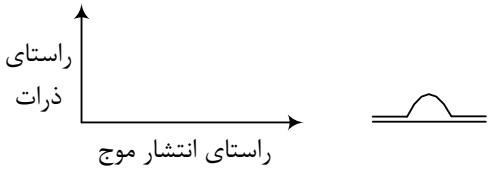
تست ۴۵:

دو موج مکانیکی A و B در یک محیط کشسان منتشر می‌شوند. اگر بسامد موج A، ۴ برابر بسامد موج B باشد، طول موج و سرعت انتشار موج A چند برابر طول موج و سرعت انتشار موج B است؟ (به ترتیب از راست به چپ) *(تجربی ۹۵)*

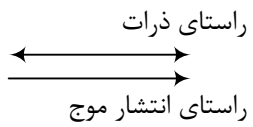
۱) $1, \frac{1}{4}$ ۲) $2, \frac{1}{4}$ ۳) $1, \frac{1}{2}$ ۴) $2, \frac{1}{2}$

انواع موج بر اساس شکل ظاهری

۱) موج عرضی: هر گاه راستای انتشار موج بر راستای ارتعاش ذرات عمود باشد.
علامت موج عرضی: برآمدگی و فرورفتگی است، دارای قله و دره است.
مثال: در جامدات ← طناب
در مایعات ← سطح مایعات

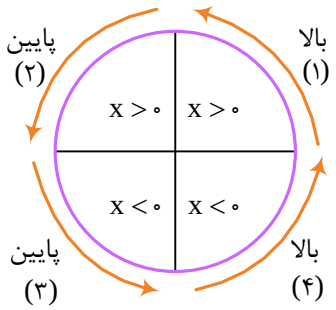


۲) موج طولی: هر گاه راستای انتشار موج در راستای انتشار ذرات باشد.
علامت موج طولی: انبساط و انقباض است.
مثال: فنر



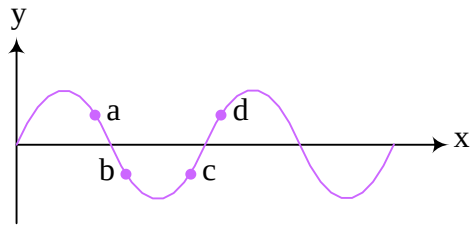
نقش موج:

در نقش موج هر ذره مانند ذره‌ی ماقبل خود عمل می‌کند؛ یعنی اگر ذره‌ی ماقبل ذره‌ی موردنظر پایین‌تر باشد، ذره به سمت پایین حرکت می‌کند و اگر ذره‌ی ماقبل ذره‌ی موردنظر بالاتر باشد، ذره به سمت بالا حرکت می‌کند.



تست ۴۶:

شکل زیر نمودار جابه‌جایی- مکان موجی را در لحظه‌ی t نشان می‌دهد که 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 می‌کند؟



۱) a و d بالا- b و c پایین

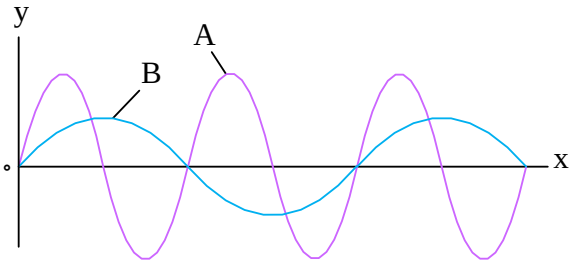
۲) a و b بالا- d و c پایین

۳) a و c بالا- b و d پایین

۴) b و d بالا- a و c پایین

تست ۴۷:

مطابق شکل زیر، دو موج مکانیکی A و B در یک محیط منتشر می‌شوند. دوره‌ی تناوب و تندی انتشار موج A به ترتیب چند برابر دوره‌ی تناوب و تندی انتشار موج B است؟ *(خارج تجربی ۹۷)*



۱) ۱, ۲

۲) ۱, $\frac{۱}{۲}$

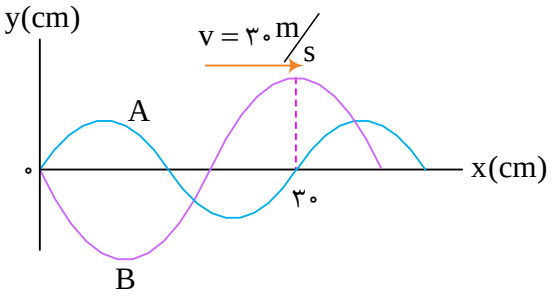
۳) $\frac{۱}{۲}$, ۲

۴) ۲, $\frac{۱}{۲}$

تست ۴۸ :

شکل زیر نمودار جابه‌جایی- مکان دو موج را در لحظه‌ی معینی نشان می‌دهد که در یک محیط در حال انتشارند. چشمه‌ی موج A در هر ۲۰ ثانیه چند نوسان کامل بیشتر از چشمه‌ی موج B را انجام می‌دهد؟

(خارج تجربی ۹۵)



۱) ۲۵

۲) ۷۵

۳) ۱۰۰

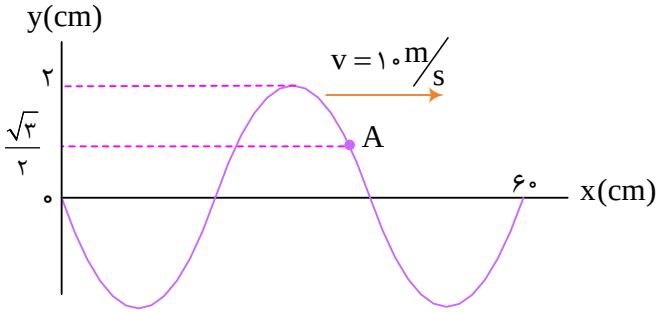
۴) ۵۰۰

تست ۴۹:

نمودار جابه‌جایی- مکان یک موج در لحظه‌ی $t=0$ مطابق شکل زیر است. بیشینه‌ی تندی ذره‌ی A چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ *(خارج ریاضی ۹۷- با تغییر جزئی)*

۱) 25π ۲) 100π

۳) $25\pi\sqrt{5}$ ۴) $25\pi\sqrt{13}$



تست ۵۰:

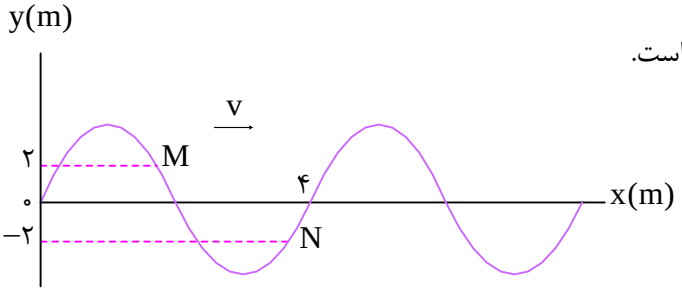
شکل روبه‌رو، نمودار جابه‌جایی- مکان یک موج عرضی را در یک لحظه نشان می‌دهد. دو ذره‌ی M و N: *(خارج ریاضی ۹۵)*

۱) حرکت یکی تندشونده و دیگری کندشونده است.

۲) طول موج برابر ۴m است.

۳) جهت حرکتشان یکسان است.

۴) دوره‌ی تناوب چشمه‌ی موج ۴s است.

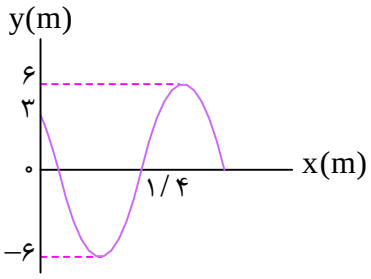


تست ۵۱:

شکل روبه‌رو، نمودار جابه‌جایی- مکان موج عرضی را در یک لحظه نشان می‌دهد که در جهت محور x منتشر می‌شود. اگر بسامد این موج ۵ هرتز باشد، تندی انتشار آن چند $\frac{m}{s}$ است؟ *(خارج تجربی ۹۱)*

۱) ۷ ۲) ۱۲

۳) ۲۴ ۴) ۲۸

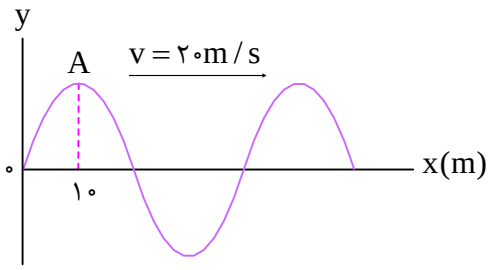


تست ۵۲:

نمودار جابه‌جایی- مکان یک موج عرضی در لحظه‌ی $t=0$ مطابق شکل است. در بازه‌ی زمانی صفر تا $\frac{1}{80}$ ثانیه، ذره‌ی A چند بار از نقطه‌ی تعادل عبور می‌کند؟ *(خارج تجربی ۹۰ با تغییر جزئی)*

۱) ۱ ۲) ۲

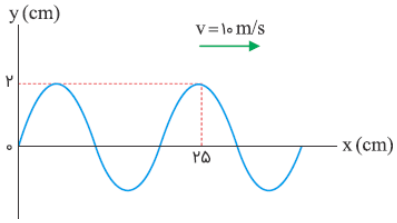
۳) ۳ ۴) ۴



تست ۵۳:

کدام موارد با توجه به شکل زیر که تصویر لحظه‌ای از یک موج عرضی را نشان می‌دهد، درست است؟

(کنکور سراسری علوم‌تجربی داخل ۱۴۰۱)



الف- مسافتی که موج در هر ثانیه طی می‌کند، برابر ۲۰cm است.

ب- مسافتی که هر ذره از محیط در مدت ۰/۰۱s طی می‌کند، ۴cm است.

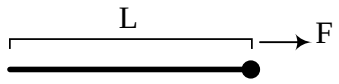
پ- جابه‌جایی هر یک از ذرات محیط در مدت ۰/۰۱s برابر ۴cm است.

ت- جابه‌جایی هر یک از ذرات محیط در مدت ۰/۰۲s برابر صفر است.

۱) "الف" و "ت" ۲) "الف" و "پ"

۳) "ب" و "ت" ۴) "ب" و "پ"

تندی انتشار آن در تار یا فنر



$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ تندی انتشار (m/s) — F: نیروی کششی تار، μ: چگالی خطی جرم (kg/m)

$\mu = m/L$

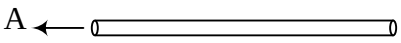
$v = \sqrt{\frac{F.L}{m}}$

نکته:

۱. وقتی قسمتی از یک تار بریده می‌شود، جرم آن به همان نسبت کاهش طول تغییر می‌کند. (به عنوان مثال اگر طول تار نصف شود، جرم آن نیز نصف می‌شود.) در نتیجه چگالی خطی آن ثابت می‌ماند.

۲. با کشیدن یا دولا کردن تار، جرم آن ثابت می‌ماند ولی طول آن تغییر می‌کند پس چگالی خطی ثابت نمی‌ماند.

رابطه تندی انتشار موج بر حسب جنس (چگالی) و سطح مقطع تار و قطر تار



$v = \sqrt{\frac{F}{\rho.A}}$ — A: سطح مقطع (m^2)، ρ: چگالی (kg/m^3)

$v = \frac{2}{D}\sqrt{\frac{F}{\pi\rho}}$ — D: قطر مقطع (m)

$gr/cm^3 \xrightarrow{\times 1000} kg/m^3$ یا gr/lit

تست ۵۴:

سیمی به طول یک متر و جرم ۴ گرم بین دو نقطه‌ی ثابت بسته شده است. اگر نیروی کشش سیم ۱۰ نیوتن باشد، تندی انتشار امواج عرضی آن چند $\frac{m}{s}$ است؟ (خارج ریاضی ۹۰)

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

تست ۵۵:

قطر مقطع یک سیم مرتعش یک میلی‌متر، چگالی آن $۸\ \frac{g}{cm^۳}$ و طول آن ۸۰cm است. اگر یک موج عرضی در مدت ۰/۰۲ ثانیه طول سیم را طی کند، نیروی کششی سیم چند نیوتن است؟ $(\pi = ۳)$

(ریاضی ۸۹)

۱) ۴/۸ ۲) ۹/۶ ۳) ۱۲/۴ ۴) ۱۶/۲

تست ۵۶:

تندی انتشار موج عرضی در یک تار، $۱۰۰\ \frac{m}{s}$ است. نیروی کششی این تار را چند درصد افزایش دهیم، تا تندی انتشار موج در آن به $۱۱۰\ \frac{m}{s}$ برسد؟ (تجربی ۹۱)

۱) $\sqrt{۱۰}$ ۲) ۱۰ ۳) $\sqrt{۲۱}$ ۴) ۲۱

تست ۵۷:

نیروی کششی یک تار ۶۰N است و هنگامی که با بسامد ۲۰۰ هرتز به ارتعاش در می‌آید، طول موج در آن ۲۵ سانتی‌متر می‌شود. اگر چگالی تار $۸\frac{g}{cm^۳}$ باشد، قطر مقطع آن چند میلی‌متر است؟ $(\pi = ۳)$

(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲)

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

تست ۵۸:

سطح مقطع یک تار مرتعش $۲mm^۲$ و چگالی $۸\frac{g}{cm^۳}$ آن است. اگر تندی انتشار موج در تار $۲۵\frac{m}{s}$ باشد، نیروی کشش تار چند نیوتن است؟ *(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱)*

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۲۰۰

امواج الکترومغناطیس

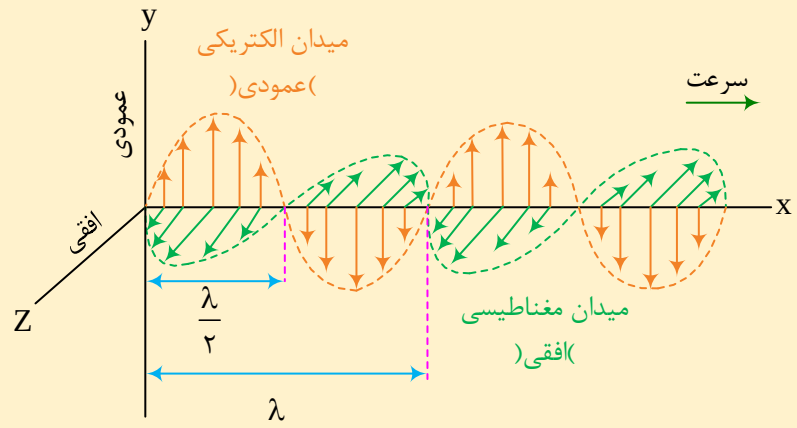
امواج الکترومغناطیس از رابطه‌ی متقابل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به وجود می‌آیند؛ یعنی هر تغییری در میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا، میدان مغناطیسی متغیری ایجاد می‌کند و این میدان مغناطیسی متغیر، خود میدان الکتریکی متغیری به وجود می‌آورد. این رابطه‌ی متقابل میدان‌ها سبب انتقال نوسان‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی از یک نقطه‌ی فضا به نقاط دیگر و یا همان انتشار موج الکترومغناطیسی می‌شود.

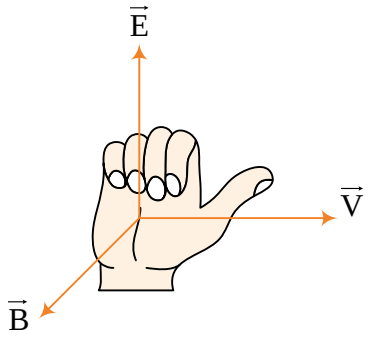
بنابراین، طبق نظریه ماکسول، امواج الکترومغناطیسی باید لزوماً ناشی از تغییرات هم‌زمانِ میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی باشد.

شکل زیر، یک تصویر لحظه‌ای از موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد. در این شکل، میدان الکتریکی در امتداد قائم (y)، میدان مغناطیسی در امتداد افقی (Z)و انتشار موج در جهت X است.

نکته:

در موج الکترومغناطیسی، طول موج و بسامد میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی نوسانی با هم برابر است.





قاعده‌ی دست راست برای یافتن جهت انتشار موج الکترومغناطیسی

اگر مطابق شکل مقابل، چهار انگشت را در جهت میدان الکتریکی مغناطیسی $\vec{B}$ قرار گیرد، (کف دست رو به میدان مغناطیسی باشد، به عبارتی، بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود) در این حالت انگشت شست جهت انتشار موج را نشان می‌دهد.

نکات امواج الکترومغناطیسی:

۱. میدان الکتریکی $\vec{E}$ همواره عمود بر میدان مغناطیسی $\vec{B}$ است.
۲. موج الکترومغناطیسی یک موج عرضی است.
۳. میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی هر دو نوسانی‌اند و بسامد و طول موج آن‌ها یکسان است.
۴. تغییر میدان مغناطیسی در فضا، میدان الکتریکی تولید می‌کند و بالعکس. تغییر میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی تولید می‌کند.
۵. میدان الکتریکی و مغناطیسی با هم هم‌فاز هستند؛ یعنی به طور هم‌زمان با هم بیشینه یا کمینه می‌شوند.
۶. امواج الکترومغناطیسی هم در ماده و هم در خلأ منتشر شوند.
۷. امواج الکترومغناطیسی، انرژی را به صورت انرژی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می‌کنند.

تندی انتشار امواج الکترومغناطیس در خلأ ($v = c$)

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 \ m/s \qquad c = (\varepsilon_0 \mu_0)^{-1/2}$$

$\varepsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \ \frac{c^2}{N.mc}$ ضریب گذردهی الکتریکی در خلأ

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \ m.T/A$ ضریب گذردهی مغناطیسی در خلأ

تندی انتشار تمام امواج الکترومغناطیس در خلأ با هم برابر است و در سایر محیط‌ها:

تندی انتشار موج در محیط‌های دیگر کمتر از تندی انتشار موج در خلأ است.

$$v = \frac{C}{n} \longrightarrow \text{ضریب شکست محیط}$$
$$\downarrow$$
تندی

تندی انتشار موج الکترومغناطیسی هرچند در خلأ یکسان است اما در سایر محیط‌ها یکسان نیست.

تست ۵۹:

یک موج الکترومغناطیسی در خلأ در حال انتشار است. در یک لحظه، میدان الکتریکی موج در یک نقطه بیشینه است. در آن لحظه، میدان مغناطیسی در همان نقطه چگونه است؟ (خارج ریاضی ۹۰)

۱) در خلاف جهت میدان الکتریکی و در حال کاهش
۲) عمود بر میدان الکتریکی و بیشینه
۳) در جهت میدان الکتریکی و بیشینه
۴) در جهت میدان الکتریکی در حال افزایش

تست ۶۰:

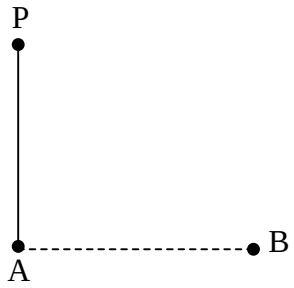
بسامد یک موج رادیویی ۱۲۰۰ کیلوهرتز است. طول موج آن چند متر است؟ ($c = ۳\times ۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}$)

(خارج ریاضی ۹۱)

۱) ۲/۵
۲) ۴
۳) ۲۵۰
۴) ۴۰۰

تست ۶۱:

مطابق شکل، دو ایستگاه رادیویی A و B با فاصله‌ی ۸۰km از هم قرار دارند و هر یک سیگنالی را گسیل می‌کنند. گیرنده‌ی p که در فاصله‌ی ۶۰km از A قرار دارد. این دو سیگنال را با اختلاف زمانی چند ثانیه دریافت می‌کند؟ ($c = ۳\times ۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}$) (ریاضی ۹۶)

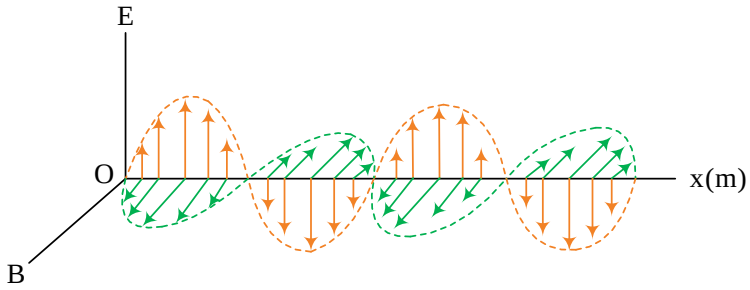


۱) $\frac{۴}{۳}\times ۱۰^{-۴}$
۲) $\frac{۴}{۳}\times ۱۰^{-۷}$
۳) $\frac{۲}{۳}\times ۱۰^{-۴}$
۴) $\frac{۲}{۳}\times ۱۰^{-۷}$

تست ۶۲:

نمودار میدان الکترومغناطیسی بر حسب مکان یک موج الکترومغناطیسی که در خلأ منتشر می‌شود، مطابق شکل زیر است. کدام مورد با توجه به نمودار درست است؟ ($c = ۳\times ۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}$)

(ریاضی ۹۷- با تغییر جزئی)



۱) طول موج ۰/۵ متر است.

۲) دوره‌ی تناوب موج یک ثانیه است.

۳) دامنه ۲m است.

۴) بسامد موج $۳\times ۱۰^{۸}\ Hz$ است.

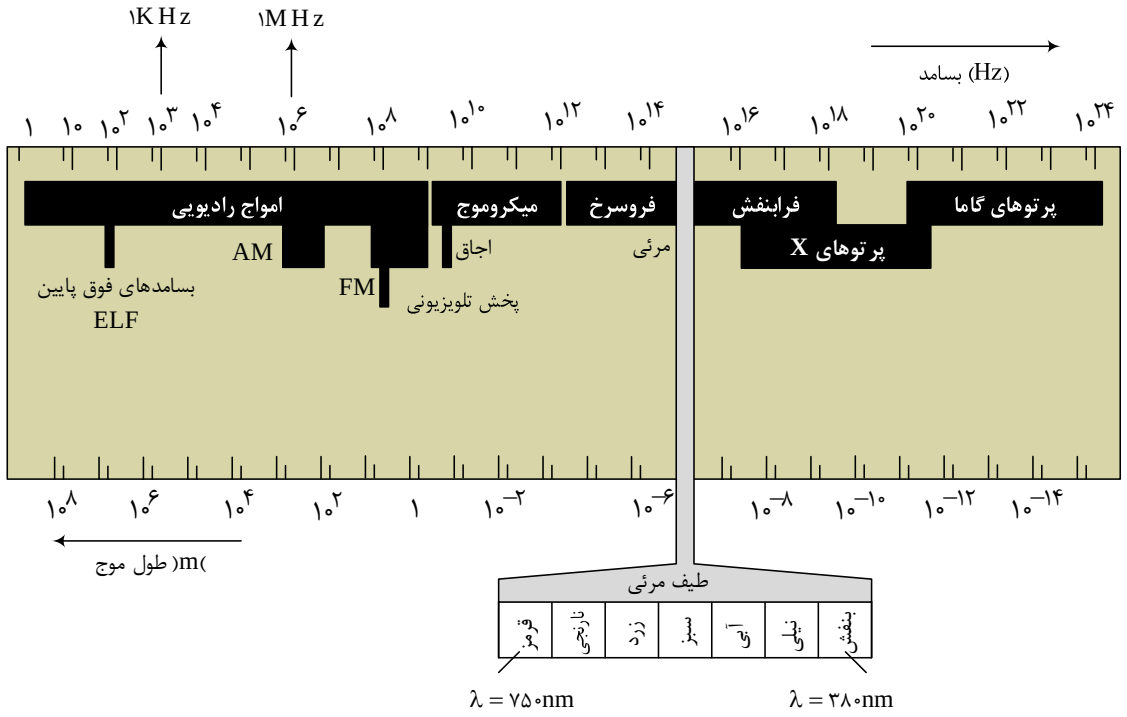
تست ۶۳:

اگر $\varepsilon_{۰}$ ضریب گذردهی الکتریکی در خلأ و $\mu_{۰}$ تراوایی مغناطیسی خلأ باشد، تندی انتشار موج‌های الکترومغناطیسی در خلأ برابر با کدام است؟ *(خارج ریاضی ۹۴)*

۱) $(\varepsilon_{۰}\mu_{۰})^{\frac{۱}{۲}}$ ۲) $(\varepsilon_{۰}\mu_{۰})^{۲}$ ۳) $(\varepsilon_{۰}\mu_{۰})^{-\frac{۱}{۲}}$ ۴) $(\varepsilon_{۰}\mu_{۰})^{-۲}$

طیف امواج الکترومغناطیس

این طیف شامل امواج رادیویی، میکروموج، فروسرخ، طیف نور مرئی، فرابنفش، پرتوهای X و پرتوهای گاما است، که از کمترین بسامد (بلندترین طول موج) تا بیشترین بسامد (کوتاه‌ترین طول موج) مطابق شکل زیر گسترده شده‌اند.



نکته:

۱. تمام امواج الکترومغناطیسی با تندی نور در خلأ حرکت می‌کند و هیچ گسستگی در طیف آن وجود ندارد.

۲. روش‌های تولید و کاربرد آن‌ها متفاوت است. در طیف امواج الکترومغناطیسی چشم انسان قادر است امواجی را که طول موج آن‌ها در گستره‌ی ۳۸۰nm تا ۷۵۰nm قرار دارد رؤیت کند.

۳. در گستره‌ی امواج رادیویی باند AM دارای بسامد کمتر (طول موج بیشتر) و باند FM دارای بسامد بیشتر (طول موج کمتر) است.

○ **امواج لرزه‌ای:** موج‌های مکانیکی هستند که زمین‌لرزه‌ها یکی از منشأهای مهم این امواج‌اند.

امواج لرزه‌ای

۱) امواج لرزه‌ای اولیه p
این امواج از نوع طولی و تندی آن‌ها در حدود $۸\,\frac{km}{s}$ است.

۲) امواج لرزه‌ای ثانویه s
این امواج از نوع عرضی و تندی آن‌ها حدود $۴/۵\,\frac{km}{s}$ است.

تفاوت امواج لرزه‌ای p و s

۱) امواج p طولی و امواج s عرضی
۲) تندی s > تندی p
۳) یک دستگاه لرزه‌نگار نخست امواج p و سپس امواج s را دریافت می‌کند. (حدوداً با ۳ اختلاف زمانی)

تست ۶۴:

ماهیت پرتو گاما مشابه کدام پرتو است؟ *(خارج ریاضی ۹۵)*

۱) آلفا ۲) بتا ۳) پوزیترون ۴) ایکس

تست ۶۵:

امواج صوتی و امواج فرابنفش هر دو ..... *(خارج تجربی ۹۳)*

۱) در خلأ منتشر می‌شوند و هر دو موج عرضی هستند.

۲) حامل انرژی‌اند ولی اختلاف تندی آن‌ها خیلی زیاد است.

۳) حامل انرژی‌اند و هر دو از موج‌های الکترومغناطیس هستند.

۴) در خلأ منتشر می‌شوند ولی اولی موج طولی و دومی موج عرضی است.

تست ۶۶:

طول موج یک متر یا یک کیلومتر، مربوط به کدام محدوده‌ی موج‌های الکترومغناطیسی است؟

(تجربی ۹۱)

۱) فروسرخ ۲) فرابنفش ۳) نور مرئی ۴) رادیویی

تست ۶۷:

کدام موج‌ها، برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند؟ *(کنکور سراسری علوم تجربی داخل ۱۴۰۱)*

الف- امواج صوتی ب- پرتوهای x پ- امواج رادیویی ت- پرتوهای فروسرخ

۱) "الف" ۲) "پ" ۳) "الف" و "ب" ۴) "ب" و "پ"

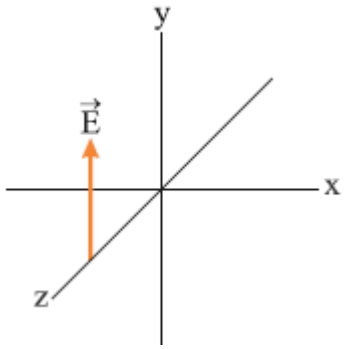
تست ۶۸:

یک دستگاه لرزه‌نگار، موج‌های p (طولی) و s (عرضی) حاصل از زمین‌لرزه را ثبت می‌کند. اگر نخستین امواج p، ۳/۵ دقیقه پیش از نخستین امواج s دریافت شوند و این موج‌هاروی خط راستی حرکت کنند. زمین‌لرزه در فاصله‌ی چند کیلومتری از محل لرزه‌نگار رخ داده است؟ تندی موج s برابر $۴/۵\,km/s$ و تندی موج‌های p برابر $۸\,km/s$ است؟

۱) ۳۶ ۲) ۲۱۶ ۳) ۳۶۰ ۴) ۲۱۶۰

تست ۶۹:

در شکل زیر، موج الکترومغناطیسی سینوسی در جهت محور z منتشر می‌شود و میدان الکتریکی آن، در یک لحظه و در یک نقطه نشان داده شده است. در این نقطه و در این لحظه، میدان‌مغناطیسی موج به کدام جهت است؟ *(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲)*



۱) در خلاف جهت محور x

۲) در خلاف جهت محور y

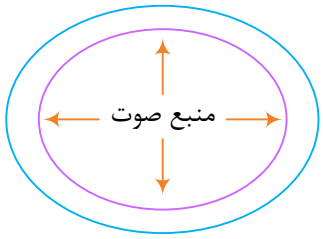
۳) در جهت محور x

۴) در جهت محور y

مشخصات امواج صوتی

صوت توسط جسمی مرتعش از قبیل سیم گیتار، تارهای صوتی حنجره انسان، دیاپازون و یا پوسته‌های مرتعشی مانند صفحه‌ی مرتعش (دیافراگم) یک بلندگو تولید می‌شود.

امواج صوتی در اطراف چشمه‌ی نقطه‌ای، کروی است و در تمام جهت‌ها منتشر می‌شود.



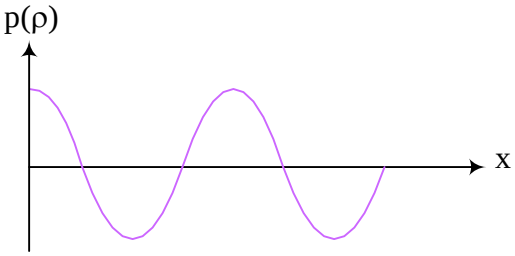
امواج صوتی از نوع موج‌های مکانیکی است.

امواج صوتی از نوع امواج طولی است و به صورت مجموعه‌ای از تراکم‌ها و انبساط ها در محیط منتشر می‌گردد.

نمودار فشار و چگالی گاز

امواج صوتی فقط در محیط‌های مادی مانند گاز، مایع یا جامد می‌تواند ایجاد و منتشر شود.

با انتشار صوت در هوا، هر مولکول هوا، با موج صوتی حرکت نمی‌کند؛ بلکه در مکان ثابتی به جلو و عقب نوسان می‌کند.



ویژگی‌های تندی صوت

تندی انتشار صوت نیز مانند هر موج مکانیکی دیگری در یک محیط همگن ثابت و با رابطه‌ی $v=\lambda f$ به بسامد و طول موج مربوط می‌شود.

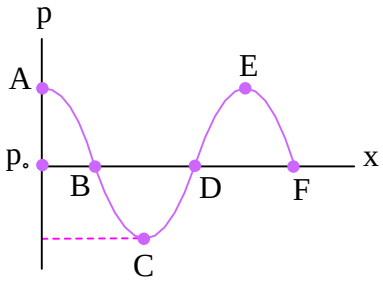
تندی صوت به جنس محیط و دمای آن بستگی دارد.

صوت در جامدها عموماً سریع‌تر از مایع‌ها و در مایع‌ها سریع‌تر از گازها حرکت می‌کند.

v صوت گازها $<v$ صوت مایعات $<v$ صوت جامدات

تست ۱۰:

شکل زیر نمودار تغییرات فشار هوا بر حسب فاصله را در یک لحظه از زمان، هنگام نوسان یک دیاپازون نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، نقطه‌ی A لایه‌ی .....، نقطه‌ی C لایه‌ی ..... و فاصله‌ی نقطه‌ی A تا نقطه‌ی C برابر ..... است.



۱) تراکمی- انبساطی- دو دامنه

۲) تراکمی- انبساطی- نصف طول موج

۳) تراکمی- تراکمی- دو دامنه

۴) تراکمی- تراکمی- نصف طول موج

تست ۱۱:

انفجاری در فاصله ۳۲۵m بالای تکه یخ بزرگی به ضخامت ۶۴۰m که روی سطح آب دریا قرار دارد، رخ می‌دهد. اگر تندی انتشار صوت در هوا $325\,m/s$، در یخ $3200\,m/s$ و در آب $1500\,m/s$ باشد، بعد از چند ثانیه صدای انفجار به یک زیردریایی که ۱۵۰۰m زیر قطعه یخ قرار دارد می‌رسد؟

۱) ۴ ۲) ۲/۲ ۳) ۲/۸ ۴) ۱/۸

تست ۱۲:

صوت حاصل از یک چشمه‌ی ساکن در مدت ۰/۴ ثانیه به یک دیوار برخورد کرده و به محل چشمه برمی‌گردد. اگر بسامد چشمه‌ی صوت ۴۰ کیلوهرتز و طول موج ۸/۷۵ میلی‌متر باشد، فاصله‌ی چشمه‌ی صوت تا دیوار چند متر است؟ (تجربی ۹۵)

۱) ۳۵ ۲) ۷۰ ۳) ۱۴۰ ۴) ۱۷۵

شدت صوت (I)

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

$\bar{p} = \frac{E}{t} \Rightarrow I = \frac{E}{A.t}$ ⟵ انرژی (j) ⟵ زمان (s)

$I = \frac{\bar{p}}{A}$ ⟵ آهنگ متوسط انتقال انرژی (w) ⟵ مساحت m^2

↓ شدت صوت

$\frac{w}{m^2}$

نکته :

صوت به صورت کروی منتشر می‌شود. ($A = 4\pi r^2$ کره)

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

نکته :

$E \alpha A^2$

$E \alpha f^2$

$I \alpha A^2$ ⟵ دامنه

$I \alpha f^2$

$I \alpha \frac{1}{r^2}$

$\frac{I_2}{I_1} = (\frac{A_2}{A_1} \times \frac{f_2}{f_1} \times \frac{r_1}{r_2})^2$

تست U۳:

صفحه‌ی حساسی به مساحت $3cm^2$ بر راستای انتشار صوت عمود است و در مدت ۵ ثانیه، $1/5 \times 10^{-11}$ انرژی صوتی به صفحه می‌رسد. شدت صوت در سطح این صفحه چند میکروووات بر متر مربع است؟

(تجربی ۹۵)

۱) $2/5 \times 10^{-8}$ ۲) 10^{-8} ۳) ۰/۰۱ ۴) ۰/۲۵

تست U۴:

فاصله‌ی شنونده‌ای از چشمه‌ی صوت چگونه تغییر کند تا شدت صوت دریافتی توسط شنونده، ۷۵ درصد کاهش یابد؟ (جذب انرژی صوتی در محیط ناچیز است.)

۱) ۱۰۰ درصد کاهش یابد.
۲) ۱۰۰ درصد افزایش یابد.
۳) ۵۰ درصد کاهش یابد.
۴) ۵۰ درصد افزایش یابد.

تراز شدت صوت

چون شدت‌های صوت در گستره‌ی شنوایی انسان بسیار بزرگ است (در حدود $۱۰^{۱۲}$) به جای شدت صوت (I)، از تراز شدت صوت (تراز صوتی) استفاده می‌کنیم.

$$\beta = \log \frac{I}{I_۰}$$

I: شدت صوت

$I_۰$: شدت صوت مبنا (شدت مرجع) $I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\ w/m^۲$

β: تراز شدت صوت بر حسب بل

$$d\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰}$$

$d\beta$: تراز شدت صوت بر حسب دسی‌بل

نکته تستی :

برای به دست آوردن تراز شدت صوت و شدت صوت، اگر شدت صوت را دادند، همواره توان شدت صوت را در نظر می‌گیریم و فاصله توان را با -۱۲، تراز شدت صوت می‌شود.

مثال -

اگر $I = ۱۰^{-۵}$ باشد، $-۱۲ \longleftrightarrow -۵$ فاصله این دو عدد ۷ است؛ یعنی $\beta = ۷$ بل و $d\beta = ۷۰$ دسی‌بل.

اگر $I = ۱۰^{-۲}$ باشد، $-۱۲ \longleftrightarrow -۲$ فاصله این دو عدد ۱۰ است؛ یعنی $\beta = ۱۰$ یا $d\beta = ۱۰۰$.

اگر $I = ۱۰^{-۳}$ باشد، $-۱۲ \longleftrightarrow ۳$ فاصله این دو عدد ۱۵ است؛ یعنی $\beta = ۱۵$ بل و $d\beta = ۱۵۰$ دسی‌بل.

حال اگر تراز شدت صوت را دادند و شدت صوت را خواستند،

مثال -

اگر $\beta = ۵$ باشد؛ یعنی فاصله از -۱۲، ۵ تا است $-۱۲ \xleftarrow[۵]{} -۷$ پس $I = ۱۰^{-۷}$.

اگر $d\beta = ۱۰$ باشد $\leftarrow \beta = ۱$؛ یعنی فاصله از -۱۲، ۱ است $-۱۲ \xleftarrow[۱]{} -۱۱$ پس $I = ۱۰^{-۱۱}$.

نکته تستی :

اعداد طلایی تراز شدت صوت:

$۰/۳ \longleftrightarrow ۲$

$۰/۶ \longleftrightarrow ۴$

$۰/۷ \longleftrightarrow ۵$

تست ۵۵:

شنونده‌ای، صوتی به بسامد ۲۵Hz را با شدت $۱۰^{۴}\frac{\mu_w}{m^۲}$ می‌شنود. تراز شدت صوت، چند دسی‌بل است؟

$(I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\ w/m^۲)$ (خارج ریاضی ۹۲)

۱) ۱۶۰ ۲) ۲۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۰۰

تست ۵۶:

شدت صوتی $۳/۲\times۱۰^{-۳}\ w/m^۲$ است. تراز شدت صوت چند دسی‌بل است؟ ($\log ۲ = ۰/۳$ و $I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\ w/m^۲$) (ریاضی ۹۲)

۱) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۸۵ ۴) ۹۵

تست ۵۷:

تراز شدت صوتی ۶۶ دسی‌بل است. شدت این صوت چند وات بر متر مربع است؟ ($\log ۲ = ۰/۳$ و $I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\ w/m^۲$) (تجربی ۹۲ خارج)

۱) ۴×۱۰^{-۶} ۲) ۴×۱۰^{-۱۰} ۳) ۶×۱۰^{-۶} ۴) ۶×۱۰^{-۱۰}

تست ۵۸:

تراز شدت صوتی ۳۷ دسی‌بل است. شدت این صوت چند $w/m^۲$ است؟ ($\log ۵ = ۰/۷$ و $I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\ w/m^۲$)

۱) ۷×۱۰^{-۵} ۲) $۱۰^{-۷}$ ۳) ۵×۱۰^{-۹} ۴) $۱/۵\times۱۰^{-۹}$

تست ۷۹:

یک چشمه‌ی صوت، از یک فضای باز امواجی را گسیل می‌کند و در فاصله‌ی ۵ متری آن تراز شدت صوت ۶۰ دسی‌بل است. توان چشمه‌ی صوت چند میلی وات است؟ (از اتلاف انرژی صوتی هوا صرف‌نظر شود و $I_0 = 10^{-12}\ w/m^2$) (خارج تجربی ۹۷)

۱) ۰/۱π ۲) ۰/۲π ۳) ۰/۰۱π ۴) ۰/۰۲π

تست ۸۰:

توان یک چشمه‌ی صوت ۵۰۰ میلی وات است. اگر در یک فضای باز، شنونده‌ای در فاصله‌ی ۲۰ متری از چشمه، صوت حاصل را با بلندی ۸۰ دسی‌بل احساس کند. در انتشار صوت در این فاصله، چند درصد صوت توسط محیط جذب شده است؟ ($I = 10^{-12}\ w/m^2$, $\pi = 3$) (خارج ریاضی ۹۶)

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۲۰ ۴) ۴۰

تست ۸۱:

شدت صوتی $2\sqrt{10}\times10^{5}$ برابر شدت صوت مرجع است. تراز شدت این صوت چند دسی‌بل است؟ ($\log 2 = 0/3$) (کنکور سراسری علوم‌تجربی داخل ۱۴۰۲)

۱) ۵/۸ ۲) ۱۰/۳ ۳) ۵۸ ۴) ۱۰۳

تست ۸۲:

در یک فضای باز، تراز شدت صوت در فاصلهٔ ۵۰متری چشمهٔ صوت برابر ۶۰ دسی‌بل است. توان چشمهٔ صوت، چند میلی‌وات است؟ ($I_0 = 10^{-12}\ \frac{W}{m^2}$ ، $\pi = 3$ و از جذب انرژی توسط محیط صرف‌نظر شود.)

(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱)

۱) ۰/۳ ۲) ۶ ۳) ۷/۵ ۴) ۳۰

● **تغییر تراز شدت صوت:** اگر $\Delta\beta = d\beta_2 - d\beta_1 = 10\log I_2/I_1 \xrightarrow[\frac{I_2}{I_1}=(\frac{r_1}{r_2})^2]{A_2=A_1,\ f_2=f_1} d\beta_2 - d\beta_1 = 20\log\frac{r_1}{r_2}$

دامنه $I\alpha A^2 \rightarrow$

$I\alpha f^2$

$I\alpha \frac{1}{r^2}$

تست ۸۳:

اختلاف تراز شدت دو صوت برابر ۳ دسی‌بل است. شدت صوت قوی‌تر چند برابر شدت صوت ضعیف‌تر است؟ $(\log 2 = 0/3)$ *(خارج تجربی ۹۵)*

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۲۰ ۴) ۳۰

تست ۸۴:

اگر صدایی ۱۲ دسی‌بل بلندتر از صدای دیگر باشد، شدت صدای بلندتر چند برابر شدت صدای دیگر است؟ $(\log 2 = 0/3)$ *(ریاضی ۹۷)*

۱) ۱۶ ۲) ۳۲ ۳) 10^2 ۴) 10^{12}

تست ۸۵:

اگر شدت صوت چشمه‌ای را ۸ برابر کنیم، تراز شدت صوت برای شنونده‌ای که به فاصله‌ی معینی از چشمه قرار دارد، ۱/۳ برابر می‌شود. تراز شدت صوت اولیه برای شنونده چند دسی‌بل بوده است؟ $(\log 2 = 0/3)$ *(خارج ریاضی ۹۵)*

۱) ۲۰ ۲) ۲۴ ۳) ۳۰ ۴) ۳۹

تست ۸۶:

در فاصله‌ی ۲۰ متری از یک چشمه‌ی صوت، تراز شدت صوت ۸۰ دسی‌بل است. در چند سانتی‌متری چشمه، تراز شدت صوت ۱۲۰ دسی‌بل است؟ (تجربی ۹۷) (از جذب انرژی صوتی توسط محیط صرف‌نظر شود.)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۲۰۰

تست ۸۷:

در یک فضای باز، وقتی شنونده‌ای فاصله‌ی خود را تا چشمه‌ی صوت از r_1 به r_2 می‌رساند، تراز شدت صوت از ۵۴ دسی‌بل به ۴۰ دسی‌بل کاهش می‌یابد، اگر $r_2 - r_1 = 36m$ باشد، r_1 چند متر است؟ ($\log 2 = 0/3$) (خارج ریاضی ۹۷)

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۱۲

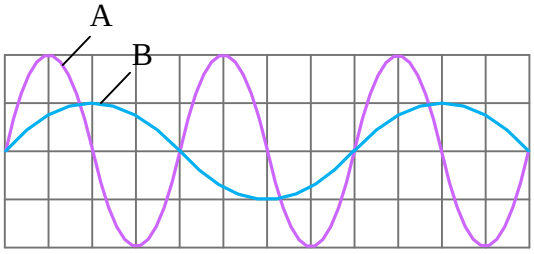
تست ۸۸:

دامنه‌ی ارتعاش یک موج صوتی ۲۰ درصد کاهش داده می‌شود. در یک نقطه‌ی معین، تراز شدت صوت، چند دسی‌بل کاهش می‌یابد؟ ($\log 2 = 0/3$) (ریاضی ۹۶)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۱۴ ۴) ۲۰

تست ۸۹:

نمودار جابه‌جایی- مکان دو موج صوتی A و B کادر یک محیط منتشر شده به صورت زیر است. در این حال تراز شدت صوت A ..... دسی‌بل از تراز شدت صوت B .....است.
($\log 2 = 0/3$)



۱) ۱۲، کمتر ۲) ۱۲، بیشتر
۳) ۱۶، کمتر ۴) ۱۶، بیشتر

ادراک شنوایی

- **تن موسیقی:** صوت حاصل از چشمه‌های صوتی که نوسان آن‌ها به حرکت هماهنگ نزدیک باشد (میرایی آن‌ها کم باشد)، تُن موسیقی یا به اختصار، تن گفته می‌شود.

- با شنیدن هر تُن، دو ویژگی را می‌توان از هم متمایز ساخت: ۱) ارتفاع، ۲) بلندی.

- **ارتفاع:** بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند؛ مثلاً اگر چند دیاپازون با بسامدهای مختلف به طور یکسان نواخته شوند، بسامد آن‌ها را می‌توان از کمترین تا بیشترین مقدار تشخیص داد.

- **بلندی:** شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند. به عنوان مثال، اگر دیاپازون با بسامد مشخص را با ضربه‌های متفاوت به ارتعاش واداریم، با آن که بسامد صداها یکسان است، اما صداها را با بلندی متفاوت حس می‌کنیم که این به شدت ضربه‌ها بستگی دارد. به عبارت دیگر، به کمیت فیزیکی تراز شدت صوت وابسته است.

نکته :

بلندی و شدت با هم متفاوت است. شدت صوت را می‌توان با یک آشکارساز اندازه گرفت، اما بلندی را فقط می‌توان احساس کرد.

نکته :

گوش انسان قادر با شنیدن صداهایی است که بسامد آن در گسترش ۲۰Hz تا ۲۰۰۰۰Hz باشد، در این گستره، بیشترین حساسیت گوش به صداهایی است که بسامد آن بین ۲۰۰۰Hz تا ۵۰۰۰Hz است.

اثر دوپلر

وقتی شنونده (ناظر) و چشمه‌ی صوت نسبت به یکدیگر در حال حرکت باشند، بسامدی که شنونده از چشمه صوت می‌شنود متفاوت از بسامدی است که هر دو ساکن باشند.

- اثر دوپلر، علاوه بر امواج صوتی برای امواج الکترومغناطیسی مانند میکروموج‌ها، موج‌های رادیویی و نور مرئی نیز برقرار است.

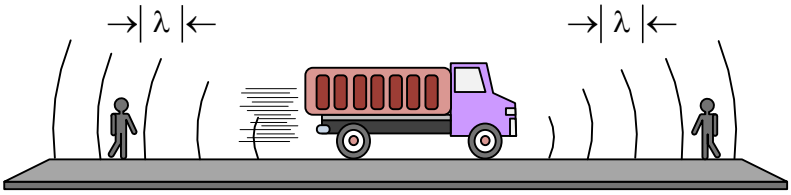
- **بررسی اثر دوپلر**

اگر چشمه‌ی صوت به ناظر (شنونده) ساکن نزدیک و یا ناظر به چشمه‌ی صوت ساکن نزدیک شود، بسامد صوتی که ناظر می‌شنود از بسامد چشمه بیشتر است.

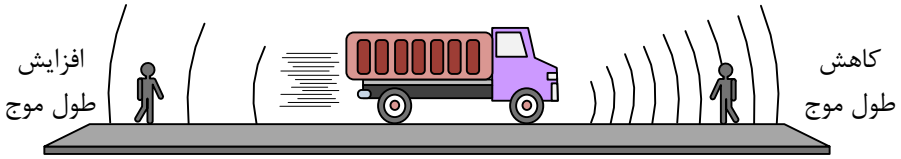
بسامد چشمه f_s بسامد شنونده دریافتی $f_\circ > f_s$

۱- اگر چشمه‌ی صوت از ناظر ساکن دور و یا ناظر از چشمه‌ی صوت ساکن دور شود، بسامد صوتی که ناظر می‌شنود، از بسامد چشمه کمتر است. $f_\circ < f_s$

۲- اگر چشمه‌ی صوت ساکن باشد، طول موج امواج صوتی در جلو و عقب چشمه‌ی صوت یکسان است.



۳- اگر چشمه‌ی صوت در حال حرکت باشد، طول موج امواج صوتی در جلوی چشمه، کوچک‌تر از طول موج در عقب آن است.



نکته :

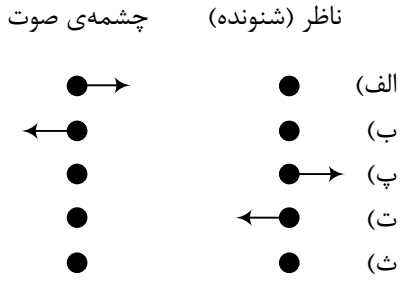
حرکت ناظر تأثیری در طول موج امواج صوتی ندارد. فقط با حرکت چشمه‌ی صوت است که طول موج امواج آن تغییر می‌کند.

تست ۹۰:

شکل‌های زیر جهت‌های حرکت یک چشمه‌ی صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد. در چند مورد بسامدی را که ناظر می‌شنود از بسامد چشمه‌ی صوت کمتر است؟

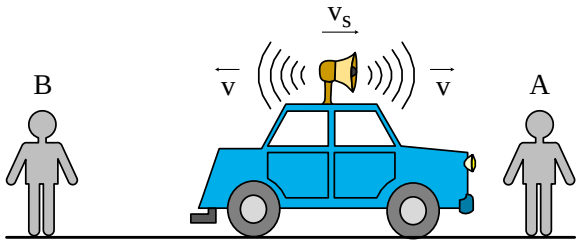
۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۳ ۴) ۴



تست ۹۱:

در شکل زیر، شنونده‌ها ساکن و چشمه‌ی صوت با تندی ثابت به شنونده‌ی ساکن A نزدیک و از شنونده ساکن B دور می‌شود. کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد طول موج دریافتنی توسط شنونده‌ها صحیح است؟



۱) $\lambda_A > \lambda_B$

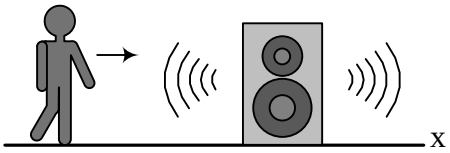
۲) $\lambda_A < \lambda_B$

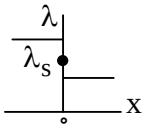
۳) $\lambda_A = \lambda_B$

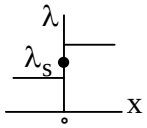
۴) بسته به شرایط هر سه گزینه می‌تواند درست باشد.

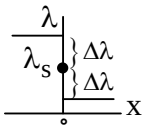
تست ۹۲:

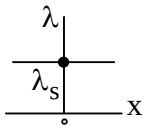
مطابق شکل زیر، شنونده‌ای با تندی ثابت به یک چشمه‌ی صوت ساکن که طول موج امواج آن λ_s است، نزدیک و سپس از آن دور می‌شود. نمودار طول موج دریافتی توسط شخص مطابق کدام گزینه است؟ (مبدأ مکان را محل قرار گرفتن چشمه صوت در نظر بگیرید.)



۱) 

۲) 

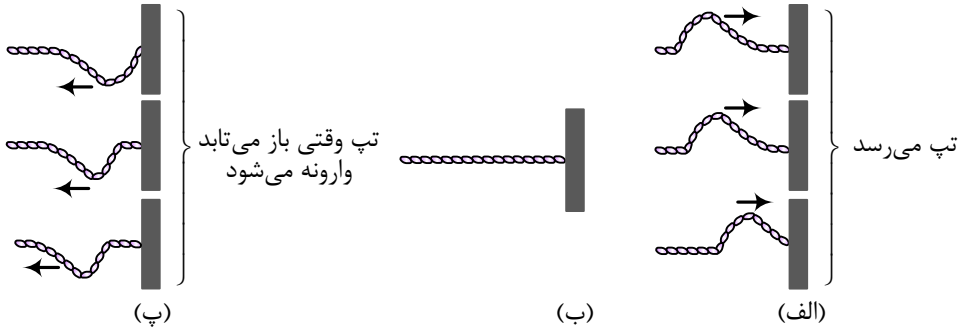
۳) 

۴) 

بازتاب موج

نمونه‌های بازتاب عبارتند از: تولید صدا در آلات موسیقی، پژواک صداها، دیدن ماه، دیدن صفحه‌ی کتاب، گرم شدن مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی، جمع شدن امواج رادیویی در کانون آنتن بشقابی.

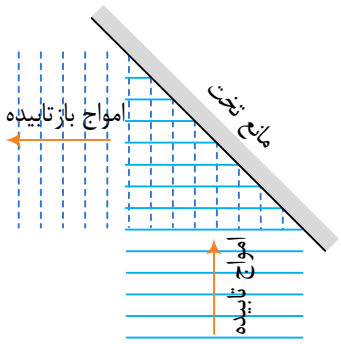
- **بازتاب امواج مکانیکی:** اگر مطابق شکل زیر، تپی را در یک ریسمان کشیده‌ی بلند که یک سر آن بر تکیه‌گاهی ثابت شده است روانه کنیم، وقتی تپ به تکیه‌گاه (مرز) می‌رسد، نیرویی به آن وارد می‌کند و طبق قانون سوم نیوتون، تکیه‌گاه نیز نیرویی با اندازه‌ی برابر و در جهت مخالف بر ریسمان وارد می‌کند. این نیرو در محل تکیه‌گاه، تپی در ریسمان ایجاد می‌کند که روی ریسمان در جهت مخالف تپ تابیده حرکت می‌کند. چنین بازتابی را بازتاب در یک بُعد می‌گویند.



نکته:

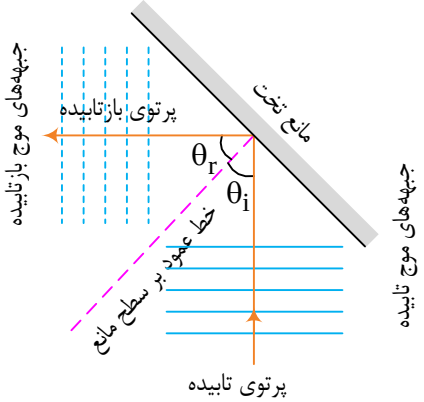
در بازتاب موج در یک بعد، در محل تکیه‌گاه (مرز) موج بازتابش قرینه‌ی موج تابشی است؛ یعنی اگر در محل تکیه‌گاه موج پیشتاز به صورت قله باشد، در برگشت به صورت دره برمی‌گردد و پیشتازی خود را حفظ می‌کند. از این رو، شکل (ب) مربوط به لحظه‌ای است که دو موج تابش و بازتابش بر هم منطبق شده‌اند.

- **بازتاب در دو بعد:** وقتی تیغه‌ی تختی را بر سطح آب تشت موج به نوسان درمی‌آوریم، امواج تخت بر سطح آب تشکیل می‌شود. اگر بر سر راه این امواج مانع‌هایی قرار دهیم، این امواج پس از برخورد با این موانع بازمی‌تابند. به چنین بازتابی، بازتاب در دو بعد می‌گویند.

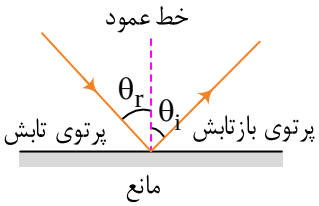


برای بررسی رفتار موج در برخورد با یک مانع از دو الگو استفاده می‌کنیم که عبارتند از: ۱) جبهه‌های موج، ۲) نمودار پرتویی.

- **نشان دادن رفتار موج با استفاده از جبهه‌ی موج:** اگر مطابق شکل بر سر راه امواج تخت، مانع تختی قرار دهیم، امواج بازتابیده نیز تخت‌اند. در این شکل جبهه‌های موج را مشاهده می‌کنید.
- **نشان دادن رفتار موج با استفاده از نمودار پرتویی:** یک پرتو، پیکان مستقیمی عمود بر جبهه‌های موج است که جهت انتشار موج را نشان می‌دهد. بنابراین مطابق شکل می‌توان در حضور جبهه‌های موج، نمودار پرتویی آن را نیز نشان داد.



- **زاویه‌ی تابش:** زاویه‌ی بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی تابیده (فرودی) را زاویه‌ی تابش می‌نامند و با θ_i نشان می‌دهند.
- **زاویه‌ی بازتابش:** زاویه‌ی بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی بازتابیده را زاویه‌ی بازتابش می‌نامند و با θ_r نشان می‌دهند.
- **قانون بازتاب عمومی:** همواره زاویه‌ی بازتابش برابر زاویه‌ی تابش است؛ یعنی $\theta_i = \theta_r$ می‌باشد.



چند نکته در مورد قانون بازتاب عمومی:

در هر بازتابشی، زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتابش با هم برابرند و به نوع مانع بستگی ندارد.
پرتوی تابش، پرتوی بازتابش، و خط عمود بر سطح بازتابنده، در هر بازتابشی در یک صفحه واقع‌اند.
برای همه‌ی انواع موج‌ها، اعم از تخت، دایره‌ای و کروی، زاویه‌ی تابش برابر زاویه‌ی بازتابش است.

- **بازتاب امواج صوتی:** امواج صوتی که از نوع امواج مکانیکی است می‌تواند از یک سطح تخت مانند دیوار بازتابش کند و از قانون بازتاب عمومی پیروی می‌کند.

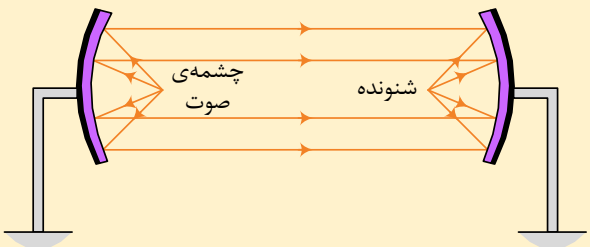
توجه: بازتاب امواج صوتی، یک نوع بازتاب سه‌بعدی است.

نکته:

امواج صوتی می‌توانند مانند سایر امواج از سطوح خمیده نیز بازتابیده شوند. به عنوان مثال، اگر مطابق شکل، دو سطح کاو مقابل هم قرار گیرند، وقتی چشمه‌ی صوت در کانون یکی از سطح‌ها قرار گیرد، امواج صوتی به این سطح برخورد می‌کند و بازتاب آن‌ها به صورت موازی به سطح کاو دوم برخورد می‌کند و مجدداً بازتاب می‌نماید و به شنونده‌ای که در کانون این سطح قرار دارد می‌رسد و صوت را با بیشترین شدت دریافت می‌کند.

نکته:

پرتوهایی که از کانون سطح کاو عبور کنند و به آن برخورد نمایند، بازتاب آن‌ها به صورت موازی است و بالعکس، پرتوهایی که به صورت موازی به سطح کاو بتابند، بازتاب آن‌ها از کانون آن سطح عبور می‌نمایند.



- پژواک: اگر در برابر دیوار یا صخره‌ی بلندی که چند ده متر از شما فاصله دارد، صدایی ایجاد نمایید، صوت ایجاد شده پس از بازتاب از روی دیوار یا صخره، با یک تأخیر زمانی به گوش شنونده‌ای که صوت اولیه را مستقیماً می‌شنوند، خواهد رسید، به چنین بازتابی پژواک می‌گویند.

دو نکته در مورد پژواک:

۱. اگر تأخیر زمانی بین این دو صوت کمتر از $۰/۱s$ باشد، گوش انسان نمی‌تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد.

۲. کمترین فاصله‌ی بین شخص و دیوار باید $۱۷m$ باشد، تا شخص بتواند پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهد.

- **روش مکان‌یابی پژواکی:** در این روش مکان جسم را بر اساس امواج صوتی بازتابیده از آن تعیین می‌کنند.

توجه: برای تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تندی آن‌ها از روش مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر استفاده می‌شود.

- **کاربردهای مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر:**

۱. خفاش و دلفین برای آگاهی از اشیایی که بر سر راه آن‌ها قرار دارند.

۲. اندازه‌گیری تندی شارش خون در رگ‌ها.

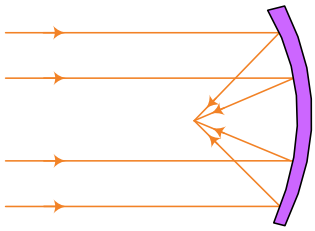
۳. در دستگاه سونار (کشتی‌ها از این دستگاه برای مکان‌یابی اجسام زیر آب استفاده می‌کنند.)

۴. در سونوگرافی.

- **بازتاب امواج الکترومغناطیسی:** بازتاب امواج الکترومغناطیسی یک بازتاب سه بعدی است و مانند سایر امواج از قانون بازتاب عمومی پیروی می‌کند.

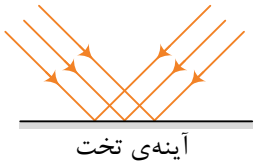
توجه: امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش در کانون آن سطح جمع می‌شوند. به همین منظور برای دریافت امواج رادیویی (مانند امواج ارسالی از ماهواره‌ها) و یا امواج فروسرخ خورشید برای گرم کردن آب و مواد غذایی از سطح‌های کاو برای بازتابش استفاده می‌شود.

- **رادار دوپلری:** از رادار دوپلری برای تشخیص حضور هواپیما و تندی خودروها و ... استفاده می‌شود، مکان‌یابی پژواکی بر اساس امواج الکترومغناطیسی کار می‌کند.



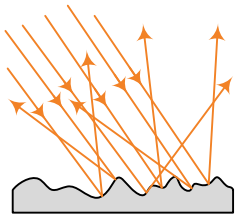
- **بازتاب نور مرئی:** نور مرئی بخشی از طیف امواج الکترومغناطیسی است که از قانون بازتاب عمومی امواج پیروی می‌کند؛ یعنی زاویه‌ی تابش و بازتابش در هر بازتابشی با هم برابرند.

- **بازتاب آینه‌ای یا منظم:** اگر سطح بازتابنده‌ی نور همچون آینه، بسیار هموار باشد، بازتاب نور را بازتاب آینه‌ای یا منظم می‌گویند.


آینه‌ی تخت

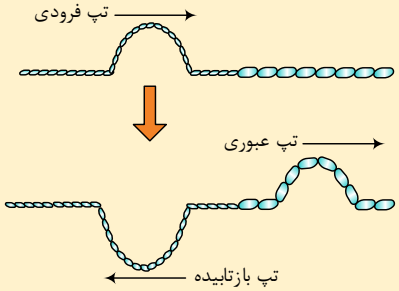
توجه: در بازتاب آینه‌ای، اگر مطابق شکل زیر، یک دسته پرتو نور به صورت موازی به آینه برخورد نماید، بازتاب آن‌ها از روی سطح آینه نیز موازی با یکدیگرند. در این حالت زاویه‌ی بازتاب همه‌ی پرتوها با هم برابر است و بازتابش پرتوها را فقط در یک جهت می‌توان دید.

- **بازتاب پخشنده یا نامنظم:** این بازتاب وقتی رخ می‌دهد که نور به سطحی غیرصیقلی و ناهموار برخورد نماید.



چند نکته در مورد بازتاب پخشنده:

۱. در بازتاب پخشنده، اگر مطابق شکل مقابل، یک دسته پرتو نور به صورت موازی به سطح غیرصیقلی برخورد نماید، پرتوهای نور به طور کاتوره‌ای از پستی و بلندی‌های سطح بازتابیده و در تمام جهت‌ها پراکنده می‌شوند؛ بنابراین بازتابش این دسته پرتو را می‌توان در جهت‌های مختلف مشاهده نمود.



۲. برای بازتاب پخشنده، در هر بازتاب، زاویه‌های تابش و بازتابش با هم برابرند، اما زاویه‌های پرتوهای بازتاب با هم برابر نیستند؛ زیرا این پرتوها به طور کاتوره‌ای (غیر موازی) بازتابیده شده‌اند.

۳. دیدن صفحه‌ی کاغذ، دیوار، دوستان، روشنایی اتاق در روز و ... به علت بازتاب پخشنده است.

۴. منظور از سطح ناهموار آن است که سطح در مقایسه با طول موج نور ناهموار باشد؛ یعنی باید از دید میکروسکوپی ابعاد اجزای سطح از طول موج نور مرئی بسیار بزرگ‌تر باشد. اگر ابعاد اجزای سطح بسیار کوچک‌تر از طول موج نور مرئی باشد، آن سطح برای نور مرئی، سطحی هموار محسوب می‌شود.

به عنوان مثال، اگر ابعاد اجزای سطحی بسیار بزرگ‌تر از $1\mu m$ باشد، برای طول موج نور مرئی در حدود $0/5\mu m$، سطحی ناهموار محسوب می‌شود و اگر اجزای این سطح بسیار کوچک‌تر از $1\mu m$ باشد، برای این طول موج، سطحی هموار خواهد بود.

تست ۹۳:

چه تعداد از موارد زیر، به وسیله‌ی مکان‌یابی پژواکی تعیین می‌گردد؟

الف) سونوگرافی　　ب) تندی شارش خون　　پ) سونار　　ت) رادیولوژی

۱) ۲　　۲) ۱　　۳) ۴　　۴) ۳

تست ۹۴:

در کدام موارد زیر، از امواج مکانیکی برای مکان‌یابی پژواکی استفاده می‌شود؟

(کنکور سراسری علوم‌تجربی داخل ۱۴۰۲)

الف: اندازه‌گیری تندی شارش خون　　ب: دستگاه سونار

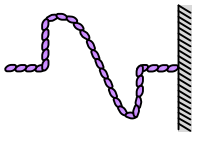
پ: اجاق خورشیدی　　ت: رادار دوپلری

۱) "الف" و "ب"　۲) "الف" و "پ"　۳) "پ" و "ب"　۴) "ب" و "ت"

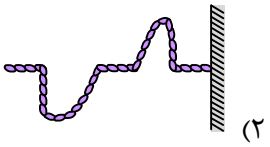
تست ۹۵:

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

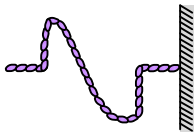
۱)



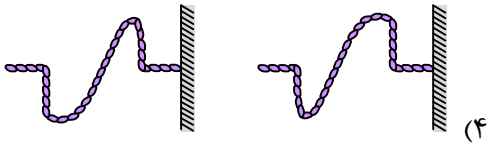
۲)



۳)

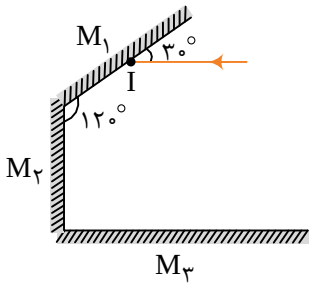


۴)



تست ۹۶:

در شکل مقابل پرتو SI موازی با سطح آینه تخت M_3 ابتدا به آینه تخت M_1، سپس بازتابش آن به آینه تخت M_2 و در نهایت به آینه تخت M_3 برخورد می‌کند. پرتوی نهایی نسبت به پرتوی ورودی اولیه چند درجه منحرف می‌شود؟



۱) ۱۰۰　　۲) ۱۲۰

۳) ۱۳۰　　۴) ۶۰

تست ۹۷:

دانش‌آموزی بین دو صخره ایستاده است و فاصله‌ی او از صخره‌ی نزدیک ۲۴۰ متر است. دانش‌آموز فریاد می‌زند و اولین صدای خود را پس از ۱/۵ ثانیه و صدای پژواک دوم را ۱ ثانیه بعد از پژواک اولیه می‌شنود، فاصله دو صخره چند متر است؟

۱) ۵۴۰ ۲) ۵۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۶۴۰

شکست موج

- **شکست موج:** شکست پدیده‌ای است که برای امواج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و ... رخ می‌دهد و نمونه‌های متعددی از آن در زندگی روزمره‌ی ما قابل مشاهده است. باید توجه داشت که اهمیت شکست امواج صوتی به اندازه‌ی موج‌های نوری (که بخشی از امواج الکترومغناطیسی‌اند) نیست.
- **شکست امواج یک بعدی:** یکی از نمونه‌های این نوع شکست، در عبور یک تپ از طنابی دو بخشی (نازک و ضخیم) مشاهده می‌شود. در این حالت، طبق شکل مقابل، وقتی موج سینوسی از سمت بخش نازک

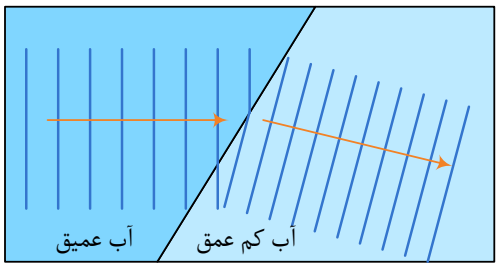
طناب به مرز جدایی دو بخش می‌رسد، بخشی از آن بازتابیده می‌شود و بخشی دیگر عبور می‌کند که این افزون بر جذب موج است که در هر دو محیط رخ می‌دهد.

در شکل‌های بالا، هر سه تپ فرودی، عبوری و بازتابیده سینوسی بوده و در نتیجه بسامد یکسانی دارند که توسط چشمه‌ی موج تعیین می‌شود. بنابراین موج عبوری که تندی آن (طبق رابطه‌ی $v=\sqrt{\frac{F}{\mu}}$) در قسمت ضخیم کمتر است، بنا به رابطه‌ی $\lambda=\frac{v}{f}$، طول موج کمتری نسبت به موج فرودی خواهد داشت.

عکس این مطلب هنگام ورود موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن نیز برقرار است که با توجه به ثابت ماندن بسامد موج‌ها، تندی و طول موجِ موجِ عبوری بیشتر از موج فرودی خواهد بود.

- **شکست امواج سطحی آب:** می‌دانیم که در حالت‌های دو یا سه بُعدی نیز همانند امواج یک بعدی، با عبور موج از یک مرز و ورود آن به محیط دیگر، تندی موج تغییر می‌کند و ممکن است جهت انتشار موج نیز تغییر کند و اصطلاحاً موج شکست پیدا کند. نمونه‌ای از این حالت در شکست امواج سطحی آب مشاهده می‌شود. از آن جایی که تندی امواج روی سطح آب به عمق آن بستگی دارد، با تغییر عمق آب، تندی موج سطحی و در نتیجه جهت انتشار آن تغییر نموده و اصطلاحاً موج می‌شکند. طبق شکل زیر، آن بخش از موج که زودتر از ناحیه‌ی عمیق به ناحیه‌ی کم عمق می‌رسد، با تندی کمتری حرکت کرده و از

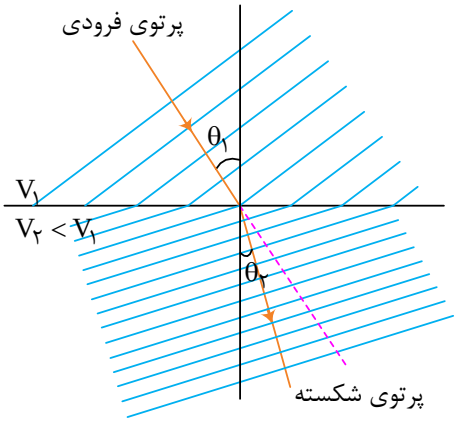
بقیه‌ی موج که هنوز وارد این ناحیه نشده، عقب می‌افتد و بنابراین فاصله‌ی بین جبهه‌های موج و در نتیجه طول موج کاهش می‌یابد و به این ترتیب جبهه‌های موج در مرز دو ناحیه تغییر جهت می‌دهند.



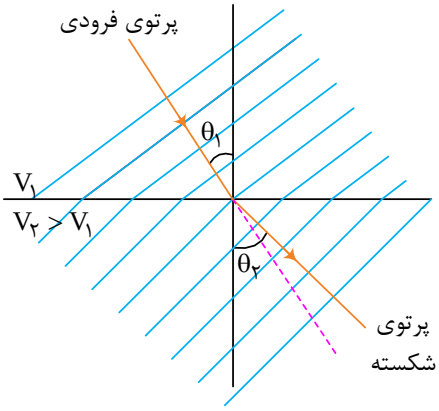
● **قانون شکست عمومی:** اگر جبهه‌های موج تختی به طور مایل به مرز جدایی دو محیط برسند، می‌شکنند و در نتیجه پرتوهای موج که همواره عمود بر جبهه‌های موج هستند، در عبور از این مرز تغییر جهت می‌دهند. طبق قانون شکست عمومی، اگر زاویه‌ی تابش (زاویه‌ی پرتوی فرودی با خط عمود بر مرز جدایی) را با θ_1، زاویه‌ی شکست (زاویه‌ی بین پرتوی شکسته با خط عمود بر مرز جدایی) را با θ_2، تندی انتشار موج فرودی را با v_1 و تندی انتشار موج شکست‌یافته را با v_2 نمایش دهیم، داریم:

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\frac{v_2}{v_1}$$

طبق این رابطه، در صورتی که موج از محیطی با تندی بیشتر به محیطی با تندی کمتر برود $(v_2<v_1)$، زاویه‌ی شکست (θ_2) کوچک‌تر از زاویه‌ی تابش (θ_1) می‌شود. (شکل ۱) بر عکس این حالت در صورتی که موج از محیطی با تندی کمتر به محیطی با تندی بیشتر برود $(v_2>v_1)$، زاویه‌ی شکست (θ_2) بزرگ‌تر از زاویه‌ی تابش (θ_1) می‌شود. (شکل ۲)



شکل (۱)



شکل (۲)

توجه: همان‌گونه که در شکل‌های فوق مشاهده می‌شود، هنگام ورود موج از محیطی با تندی بیشتر به محیطی با تندی کمتر، پرتوی فرودی پس از ورود به محیط دوم و شکست، به خط عمود بر مرز جدایی نزدیک می‌شود و زاویه‌ی بی امتداد پرتوی فرودی و پرتوی شکسته برابر است با $\theta_1-\theta_2$. در ضمن هنگام ورود موج از محیطی با تندی کمتر به محیطی با تندی بیشتر، پرتوی فرودی پس از ورود به محیط

دوم و شکست، از خط عمود بر مرز جدایی دور می‌شود و زاویه‌ی بین امتداد پرتوی فرودی و پرتوی شکسته برابر است با $\theta_2 - \theta_1$.

توجه: مقایسه‌ی تندی انتشار موج در دو یا چند محیط، طبق قانون شکست عمومی و با توجه به ۲ نکته‌ی زیر انجام می‌شود:

۱. اگر زاویه‌ی شکست کوچک‌تر از زاویه‌ی تابش باشد، تندی انتشار موج در محیط اول بیشتر از محیط دوم است.

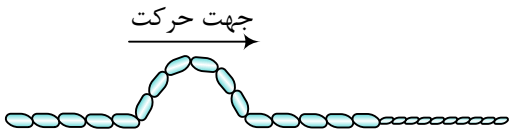
۲. اگر زاویه‌ی شکست بزرگ‌تر از زاویه‌ی تابش باشد، تندی انتشار موج در محیط دوم بیشتر از محیط اول است.

به طور کلی برای مقایسه‌ی تندی انتشار موج در چند محیط متوالی کافی است زاویه‌های شکست (یا تابش) آن محیط‌ها را با هم مقایسه کنیم. هر چه زاویه‌ی شکست (یا تابش) محیطی بزرگ‌تر باشد، تندی انتشار موج در آن محیط نیز بزرگ‌تر است و بر عکس.

- **شکست امواج الکترومغناطیسی:** امواج الکترومغناطیسی نیز مانند سایر امواج، با گذر از یک محیط به محیطی دیگر که در آن تندی آن‌ها متفاوت می‌شود، شکست پیدا می‌کنند. به جز گستره‌ی نور مرئی که بیشترین و معروف‌ترین موارد شکست برای آن‌ها مطرح می‌شود، شکست امواج رادیویی نیز اهمیت کاربردی در ارتباطات رادیویی دارد. توجه داشته باشید که قانون شکست عمومی برای این امواج نیز برقرار است.

تست ۹۸:

یک موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب دو بخشی شکل زیر، به قسمت نازک آن وارد می‌گردد. در این حالت، به ترتیب از راست به چپ، تندی و طول موج، موجِ عبوری نسبت به موج فرودی چه تغییری می‌کند؟



۱) بیشتر می‌شود- کمتر می‌شود.

۲) کمتر می‌شود- بیشتر می‌شود.

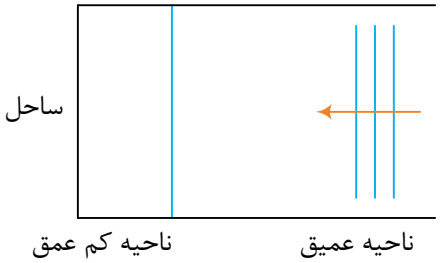
۳) هر دو بیشتر می‌شوند.

۴) هر دو کمتر می‌شوند.

تست ۹۹:

در ساحل یک دریاچه‌ی مصنوعی که به شکل زیر است، امواجی موازی به ساحل نزدیک می‌شوند که به بسامد آن‌ها ۲/۵ هرتز و فاصله‌ی بین یک فرورفتگی و برآمدگی پس از آن، ۲۰ سانتی‌متر است. اگر تندی امواج در ناحیه‌ی کم عمق ۰/۸ برابر تندی آن‌ها در ناحیه‌ی عمیق باشد، به ترتیب از راست به چپ، تندی موج در ناحیه‌ی عمیق و طول موج امواج در ناحیه‌ی کم‌عمق در SI کدام است؟

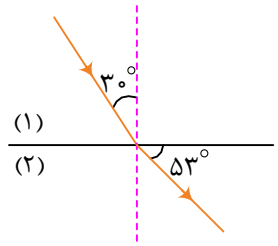
۱) ۱ و ۰/۳۲ ۲) ۰/۵ و ۰/۳۲
۳) ۰/۵ و ۰/۱۶ ۴) ۱ و ۰/۱۶



تست ۱۰۰:

مطابق شکل زیر، جبهه‌ی موجی از محیط (۱) وارد محیط (۲) می‌شود، تندی انتشار موج در محیط (۲) چند برابر تندی انتشار موج در محیط (۱) است؟ ($\sin 53^\circ = 0/8$)

۱) $\frac{6}{5}$ ۲) $\frac{5}{6}$
۳) $\frac{8}{5}$ ۴) $\frac{5}{8}$

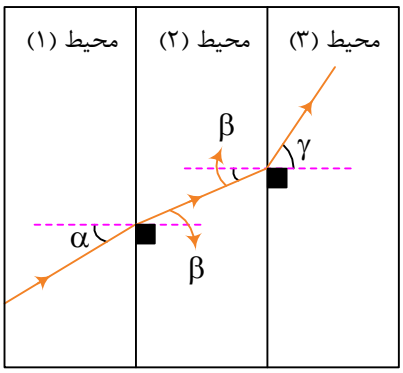


تست ۱۰۱:

در شکل زیر، مسیر یک پرتوی موج الکترومغناطیسی در سه محیط متوالی نشان داده شده است. با توجه به شکل کدام گزینه مقایسه‌ی سرعت نور را در این سه محیط به درستی نشان می‌دهد؟

$(\hat{\gamma} > \alpha > \beta)$

۱) $v_2 < v_1 = v_3$ ۲) $v_2 < v_1 < v_3$
۳) $v_2 < v_3 < v_1$ ۲) $v_1 < v_2 < v_3$



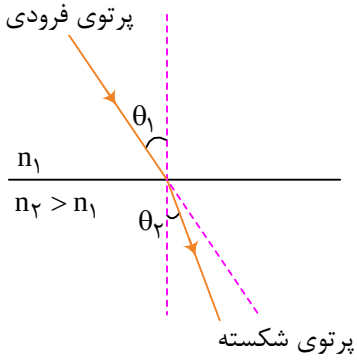
رابطه‌ی ضریب شکست و قانون شکست اسنل

- **ضریب شکست:** طبق تعریف، به نسبت تندی نور در خلأ ($c = ۳\times۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}$) به تندی نور در یک محیط شفاف (v)، ضریب شکست آن محیط شفاف گفته می‌شود و آن را با نماد n نشان می‌دهند. یعنی:

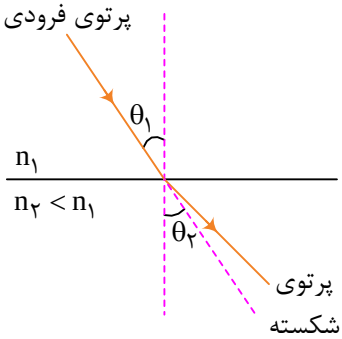
$$n = \frac{c}{v}$$

توجه: از آن جایی که تندی نور در خلأ بیشترین تندی ممکن است، ضریب شکست همواره بزرگ‌تر یا مساوی ۱ است.

- **قانون شکست اسنل:** با ترکیب قانون شکست عمومی و رابطه‌ی ضریب شکست، می‌توان به رابطه‌ای رسید که «ویلبرد اسنل» (فیزیک‌دان هلندی) به طور تجربی آن را کشف نموده و به افتخار او قانون شکست اسنل نامیده می‌شود. طبق این قانون، اگر پرتوی نوری با زاویه‌ی تابش $\theta_۱$ از محیط شفافی به ضریب شکست $n_۱$ وارد محیط شفاف دیگری به ضریب شکست $n_۲$ شده و با زاویه‌ی $\theta_۲$ شکست پیدا کند، می‌توان نوشت: $n_۱ \sin\theta_۱ = n_۲ \sin\theta_۲$. طبق این رابطه، در صورتی که پرتوی نور از محیطی با ضریب شکست کمتر به محیطی با ضریب شکست بیشتر برود ($n_۲ > n_۱$)، می‌شکند و پرتوی شکسته به خط عمود بر مرز جدایی نزدیک می‌شود. در این حالت زاویه‌ی شکست ($\theta_۲$) کوچک‌تر از زاویه‌ی تابش ($\theta_۱$) شده و زاویه‌ی بین امتداد پرتوی فرودی و پرتوی شکسته برابر خواهد بود با $\theta_۱ - \theta_۲$. (شکل ۱) بر عکس این
حالت، در صورتی که پرتوی نور از محیطی با ضریب شکست بیشتر به محیطی با ضریب شکست کمتر برود ($n_۲ < n_۱$)، می‌شکند و پرتوی شکسته از خط عمود بر مرز جدایی دور می‌شود. در این حالت زاویه‌ی شکست ($\theta_۲$) بزرگ‌تر از زاویه‌ی تابش ($\theta_۱$) شده و زاویه‌ی بین امتداد پرتوی فرودی و پرتوی شکسته برابر خواهد بود با $\theta_۲ - \theta_۱$.

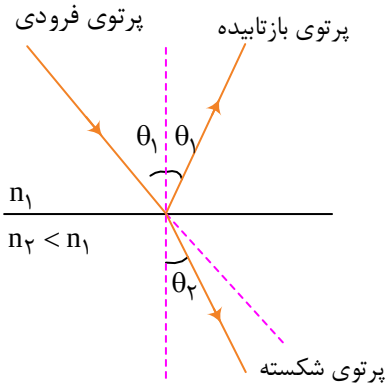


شکل (۱)



شکل (۲)

توجه: هنگام تابیدن یک پرتوی نور به مرز جدایی دو محیط شفاف، علاوه بر شکست بخشی از نور و ورود آن به محیط دوم، بخش دیگری از نور به محیط اول بازمی‌تابد که از قانون بازتاب عمومی پیروی می‌کند. این پدیده در شکل مقابل نشان داده شده است.



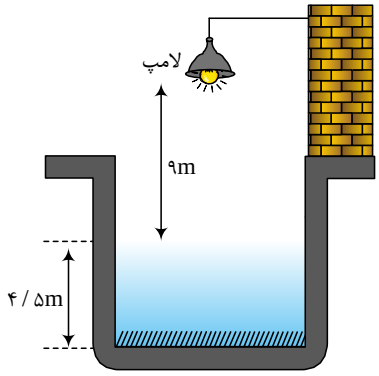
تست ۱۰۲:

ضریب شکست نوعی شیشه برابر با ۱/۵ است. تندی انتشار نور در آن چند $\frac{m}{s}$ است؟ $(c = ۳\times۱۰^۸ \frac{m}{s})$

۱) $۱/۵\times۱۰^۸$ ۲) ۲×۱۰^۵ ۳) ۲×۱۰^۸ ۴) ۳×۱۰^۸

تست ۱۰۳:

در شکل زیر حداقل زمان لازم برای آن که نور لامپ پس از گذشتن از هوا و آب و بازتابش از روی آینه‌ی تخت افقی که در کف مخزن نصب شده، دوباره به لامپ برگردد، چند ثانیه است؟ (ضریب شکست آب نسبت به هوا $\frac{۴}{۳}$ و تندی انتشار نور در هوا $۳\times۱۰^۸ \frac{m}{s}$ است.) *(خارج تجربی ۹۳)*



۱) ۹×۱۰^{-۸} ۲) ۵×۱۰^{-۸}
۳) ۲×۱۰^{-۸} ۴) $۱۰^{-۷}$

تست ۱۰۴:

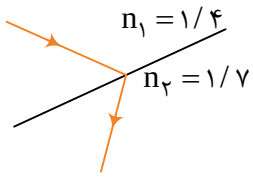
پرتوی نوری با زاویه‌ی تابش ۵۳° از هوا وارد محیط شفافی شده و زاویه‌ی شکست آن در محیط ۳۷° می‌شود. تندی نور در این محیط شفاف چند $\frac{m}{s}$ است؟ ($c = ۳\times ۱۰^۸ \frac{m}{s}$) (خارج تجربی ۹۰)

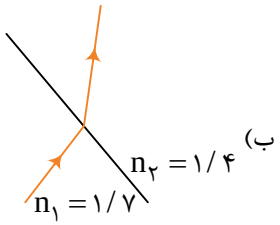
۱) ۲×۱۰^۸ ۲) $۲/۲۵\times ۱۰^۸$ ۳) $۲/۵\times ۱۰^۸$ ۴) $۲/۷۵\times ۱۰^۸$

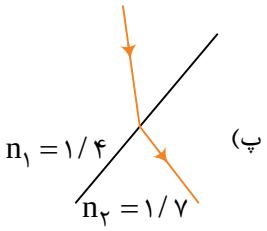
تست ۱۰۵:

در چه تعداد از شکل‌های زیر، شکست نشان داده شده از لحاظ فیزیکی امکان‌پذیر است؟

۱) صفر
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۳

الف)


ب)


پ)


تست ۱۰۶:

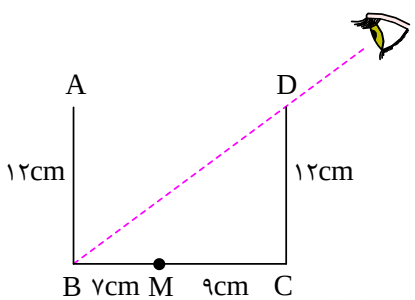
پرتوی نوری از هوا تحت زاویه‌ی تابش ۵۳ درجه بر سطح یک محیط شفاف می‌تابد. قسمتی از آن بازتابش پیدا می‌کند و قسمتی نیز وارد محیط شفاف می‌شود. اگر پرتوی بازتابیده و شکسته برهم عمود باشند، ضریب شکست محیط شفاف چقدر است؟ ($\sin ۵۳ = ۰/۸$) (خارج ریاضی ۹۱)

۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۳}{۲}$ ۳) $\frac{۱۶}{۹}$ ۴) $\frac{۹}{۴}$

تست ۱۰۷:

مطابق شکل زیر،چشم ناظر در موقعیتی است که فقط می‌تواند تمام دیواره‌ی داخلی AB از ظرف خالی را ببینید اگر بدون تغییر در موقعیت چشم ناظر، ظرف را با مایعی به ضریب شکست n به طور کامل پر کنیم، ناظر قادر به دیدن کف ظرف تا نقطه‌ی M می‌شود، n کدام است؟ ($n = ۱$ هوا)

۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۳}{۲}$
۳) $\frac{۵}{۴}$ ۴) $\frac{۶}{۵}$



تست ۱۰۸:

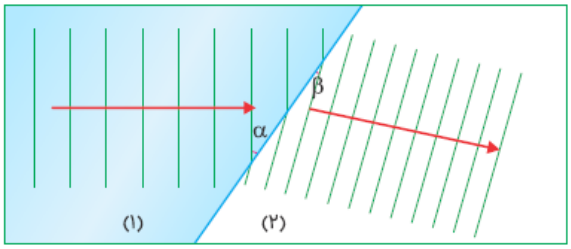
نوری که طول موج آن در خلأ λ_1 است، وارد محیط شفافی می‌شود و طول موج آن ۱۵۰ نانومتر تغییر می‌کند. اگر بسامد این نور $5\times10^{14}\,Hz$ باشد، ضریب شکست این محیط شفاف چقدر است؟

$(c=3\times10^8\,\frac{m}{s})$ *(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲)*

۱) $\frac{3}{2}$ ۲) $\frac{4}{3}$ ۳) $\frac{5}{4}$ ۴) $\frac{8}{5}$

تست ۱۰۹:

شکل زیر، ورود موج از محیط (۱) به (۲) را نشان می‌دهد. اگر $\alpha=37^\circ$ و $\beta=30^\circ$ باشد، نسبت سرعت انتشار موج در محیط (۱) به سرعت انتشار موج در محیط (۲) چقدر است؟ $(\cos37^\circ=0/8)$



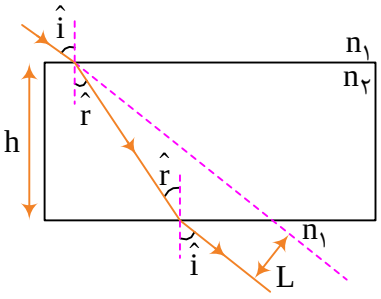
(کنکور سراسری علوم‌تجربی داخل ۱۴۰۱)

۱) $\frac{1/6\sqrt{3}}{3}$ ۲) $\frac{5}{6}$

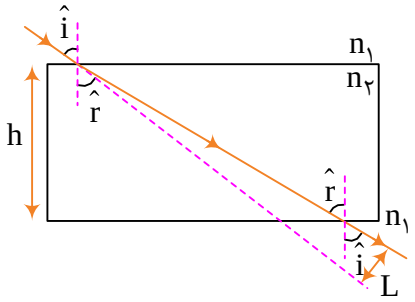
۳) $\frac{5\sqrt{3}}{8}$ ۴) $\frac{6}{5}$

تیغه‌ی متوازی‌السطوح، مسیر پرتوی نور تک رنگ در چند محیط شفاف متوالی، سراب و پاشندگی نور

- **تیغه‌ی شیشه‌ای متوازی‌السطوح:** محیط شفافی از جنس شیشه که سطوح مقابل به هم آن با یکدیگر موازی هستند، تیغه‌ی شیشه‌ای متوازی‌السطوح نامیده می‌شود. با مواد شفافی از جنس‌های دیگر نیز می‌توان تیغه‌ی متوازی‌السطوح ساخت. هر گاه یک پرتوی نور تک‌رنگ، به طور مایل و با زاویه‌ی تابش $\hat{i}$ به یکی از وجوه یک تیغه‌ی شفاف بتابد، اگر محیط دو طرف تیغه‌ی شفاف یکسان باشد، این پرتوی نور پس از انحراف در داخل تیغه با همان زاویه‌ی $\hat{i}$ از وجه مقابل تیغه خارج می‌شود؛ به عبارت دیگر، همواره زاویه‌ی تابش برابر با زاویه‌ی شکست خروجی از تیغه‌ی شفاف است و پرتوی نور خروجی (برای تمام رنگ‌های نور) موازی با پرتوی نور تابش اولیه می‌باشد.



حالت اول: ضریب شسکت تیغه از محیط شفاف اطراف آن بزرگ‌تر است. $(n_2 > n_1)$



حالت دوم: ضریب شسکت تیغه از محیط شفاف اطراف آن کوچک‌تر است. $(n_2 < n_1)$

توجه: هنگام عبور یک پرتوی تک‌رنگ مایل از تیغه‌ی شفاف، پرتو نسبت به راستای اولیه‌اش جابه‌جا می‌شود. (در شکل‌های فوق، اندازه‌ی جابه‌جایی پرتوی نور از راستای اولیه با L نشان داده شده است.) میزان این جابه‌جایی به این عوامل بستگی دارد: ضریب شکست محیط‌های شفاف، زاویه‌ی تابش $(\hat{i})$ و ضخامت تیغه‌ی شفاف (h).

- **انحراف پرتوی نور تک‌رنگ در چند محیط شفاف متوالی:** هنگامی که یک پرتوی نور تک‌رنگ مایل از چند محیط شفاف متوالی (با ضریب شکست‌های متفاوت) که سطوح آن‌ها با یکدیگر موازی هستند، عبور کند، در صورتی که محیط اول و آخر یکسان باشند، الزاماً پرتوی ورودی به محیط اول و خروجی از محیط آخر با هم موازی خواهند بود و تعداد محیط‌های شفاف موازی در طول مسیر پرتوی نور و ضریب شکست آن‌ها در این نتیجه بی‌تأثیر است.

● **مقایسه‌ی ضریب شکست دو یا چند محیط شفاف متوالی با یکدیگر:** برای این کار، طبق قانون شکست اسنل، از ۲ نکته‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

۱. اگر زاویه‌ی شکست کوچک‌تر از زاویه‌ی تابش باشد، ضریب شکست محیط اول کوچک‌تر از محیط دوم است.

۲. اگر زاویه‌ی شکست بزرگ‌تر از زاویه‌ی تابش باشد، ضریب شکست محیط دوم کوچک‌تر از محیط اول است.

به طور کلی، برای مقایسه‌ی ضریب شکست چند محیط شفاف متوالی کافی است. زاویه‌های شکست (یا تابش) آن محیط‌ها را با هم مقایسه کنیم. هر چه زاویه‌ی شکست (یا تابش) محیطی بزرگ‌تر باشد، ضریب شکست آن محیط کوچک‌تر است و برعکس.

● **سراب:** می‌دانیم که چگالی هوا با افزایش دما کاهش می‌یابد که این، سبب کاهش ضریب شکست نیز می‌شود. در روزهای گرم که هوای سطح زمین نسبتاً داغ است، جبهه‌های موج نوری که از اجسام دوردست به طرف پایین می‌آیند، با پایین آمدن هر چه بیشتر، به تدریج با ضریب شکست‌های کوچک‌تر و کوچک‌تری روبه‌رو می‌شوند و در هر مرحله با دور شدن از خط عمود، بیشتر و بیشتر به سمت افق خم می‌شوند. وقتی پرتوها در نزدیکی سطح زمین تقریباً افقی می‌شوند، به سبب گرم‌تر و تندتر بودن بخش پایینی جبهه‌ی موج نسبت به بخش بالایی، به سمت بالا خم برمی‌دارند. در ادامه، وقتی پرتوها رو به بالا می‌روند، به هم شدن رو به بالای خود ادامه می‌دهند؛ زیرا اکنون مدام با محیط‌هایی با ضریب شکست‌های بزرگ و بزرگ‌تر مواجه می‌شوند و بنابراین در هر مرحله با نزدیک شدن به خط عمود، بیشتر و بیشتر رو به بالا خم می‌شوند. اگر بخشی از این نور به چشم ما برسد، به نظر می‌آید که منشأ این نور از امتداد رو به عقب پرتوهایی است که به چشم ما رسیده‌اند و این حس ایجاد می‌شود که گویی از سطح زمین آمده است. به این پدیده سراب یا سراب آبگیر می‌گویند.

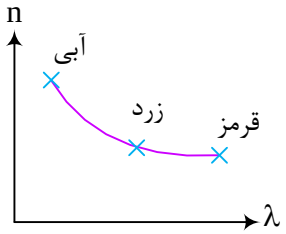
توجه ۱: پدیده‌ی سراب را نه‌تنها می‌توان دید؛ بلکه می‌توان از آن عکس هم گرفت.

توجه ۲: متلاطم بودن هوای گرم در نزدیکی زمین، موجب می‌گردد که سراب هم‌چون موج‌های آب، لرزان به نظر برسد.

توجه ۳: سراب آبگیر در حقیقت تصویری مجازی از آسمان است که به رنگ آبی دیده شده و توهم وجود یک آبگیر را ایجاد می‌کند.

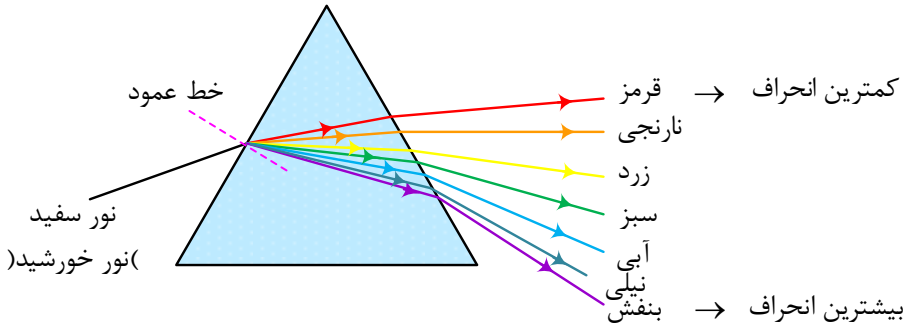
توجه ۴: تشکیل سراب، لزوماً به هوای داغ نیاز ندارد و همان‌طور که گفته شد، تنها لازمه‌ی آن کاهش دمای هوا با افزایش ارتفاع است، پس سراب را می‌توان در محیط‌های سرد نیز مشاهده کرد.

● **پاشندگی نور:** باریکه‌ای نور تشکیل شده از پرتوهایی با طول موج‌های مختلف، در هنگام عبور از مرز دو محیط، در زاویه‌های مختلفی شکسته و پخش می‌شوند که به این پخش‌شدگی نور، پاشندگی نور می‌گویند. دلیل این پدیده آن است که ضریب شکست هر محیطی (به جز خلأ) به طول موج نور بستگی دارد.



توجه: عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیشتر است. در نمودار روبه‌رو، نحوه‌ی تغییر ضریب شکست در طیف مرئی نور بر حسب طول موج نشان داده شده است.

● **پاشندگی نور سفید:** هنگامی که یک باریکه‌ی نور سفید از هوا بر یک سطح شیشه‌ای فرود می‌آید، بر اثر شکست نور، مؤلفه‌های سازنده‌ی آن به میزان متفاوتی خم می‌شوند که البته این تفاوت چندان محسوس نیست. لذا برای افزایش جدایی رنگ‌ها در پاشندگی نور، معمولاً از منشوری با سطح مقطع مثلثی استفاده می‌شود.



با توجه به کاهش طول موج نور از قرمز تا آبی، ترتیب ضریب شکست منشور برای نورهای رنگ سفید به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$n_{\text{بنفش}} > n_{\text{نیلی}} > n_{\text{آبی}} > n_{\text{سبز}} > n_{\text{زرد}} > n_{\text{نارنجی}} > n_{\text{قرمز}}$$

در ضمن با توجه به قانون شکست اسنل، هر چه ضریب شکست یک محیط شفاف برای یک رنگ بیشتر باشد، زاویه‌ی شکست برای آن رنگ کوچک‌تر خواهد بود، لذا می‌توان نوشت:

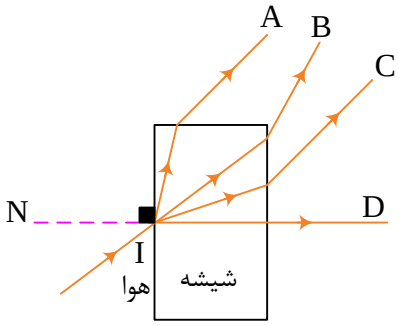
$$\hat{r}_{\text{بنفش}} < \hat{r}_{\text{نیلی}} < \hat{r}_{\text{آبی}} < \hat{r}_{\text{سبز}} < \hat{r}_{\text{زرد}} < \hat{r}_{\text{نارنجی}} < \hat{r}_{\text{قرمز}}$$

از سوی دیگر، چون تندی انتشار نور در محیط برای یک رنگ با ضریب شکست محیط برای آن رنگ نسبت عکس دارد، می‌توان گفت:

$$v_{\text{بنفش}} < v_{\text{نیلی}} < v_{\text{آبی}} < v_{\text{سبز}} < v_{\text{زرد}} < v_{\text{نارنجی}} < v_{\text{قرمز}}$$

تست ۱۱۰:

پرتوی نور تک رنگ SI، از هوا بر شیشه می‌تابد، پرتو شکسته کدام است؟ (تجربی ۹۰)

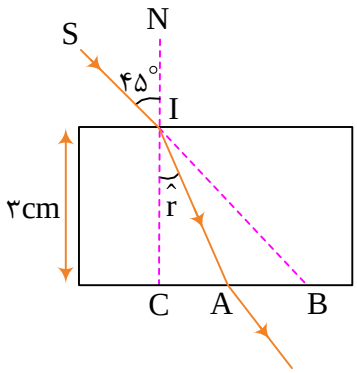


۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

تست ۱۱۱:

در شکل زیر پرتوی SI با زاویه‌ی تابش 45° به یک سطح شیشه‌ای به ضخامت ۳cm می‌تابد و در نقطه‌ی A از تیغه خارج می‌شود. اگر راستای SI در نقطه‌ی B از شیشه خارج شود، AB چند cm است؟

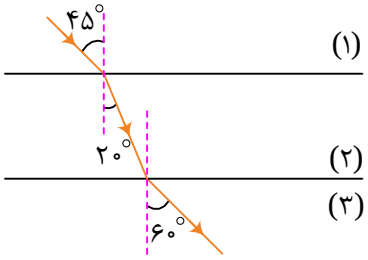
($n = \sqrt{2}$ تیغه شیشه‌ای) (ریاضی ۹۱)



۱) $\sqrt{3}$
۲) $3-\sqrt{3}$
۳) $1+\sqrt{3}$
۴) $2\sqrt{3}$

تست ۱۱۲:

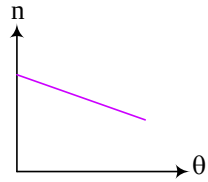
مطابق شکل زیر، پرتوی نوری از محیط شفاف (۱) وارد محیط شفاف (۲) و سپس وارد محیط شفاف (۳) می‌شود. تندی نور در محیط (۳) چند برابر تندی نور در محیط (۱) است؟ (تجربی ۹۲)

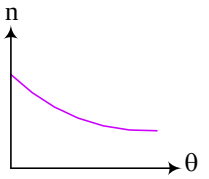


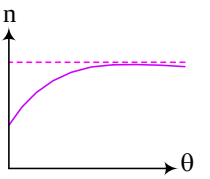
۱) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$
۳) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
۴) $\frac{\sqrt{2}}{3}$

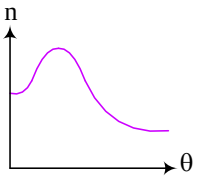
تست ۱۱۳:

کدام یک از گزینه‌های زیر، نمودار تغییرات ضریب شکست هوا (n) با دما (θ) در محدوده‌ی دمایی صفر تا ۸۰ درجه‌ی سلسیوس به درستی نشان داده شده است؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

تست ۱۱۴:

چه تعداد از عبارت‌های زیر درباره‌ی پدیده‌ی سراب درست هستند؟

الف) سراب را می‌توان دید، ولی نمی‌توان از آن عکس گرفت.

ب) لرزان بودن سراب آبگیر به دلیل تلاطم هوای گرم است.

پ) سراب آبگیر در واقع تصویری حقیقی از آسمان است که با نزدیک شدن سراب ناپدید می‌شود.

ت) سراب را فقط می‌توان در محیط‌های گرم مشاهده کرد.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

تست ۱۱۵:

چه تعداد از جمله‌های زیر در مورد پاشندگی نور توسط منشور نادرست است؟

الف) بیشترین انحراف مربوط به نور بنفش و کمترین انحراف مربوط به نور قرمز است.

ب) ضریب شکست منشور برای نور سبز بیشتر از ضریب شکست منشور برای نور آبی است.

پ) علت پاشندگی نور در منشور تفاوت ضریب شکست منشور برای نورهایی با رنگ‌های متفاوت است.

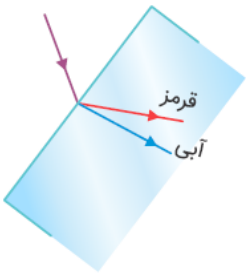
ت) در داخل منشور تندی نور بنفش بیشتر از نور قرمز است.

۱) ۲ ۲) ۱ ۳) ۴ ۴) ۳

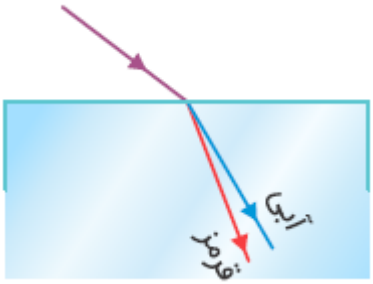
تست ۱۱۶:

در شکل‌های زیر، پرتو فرودی که شامل نورهای آبی و قرمز است، از هوا وارد شیشه می‌شود. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟ *(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱)*

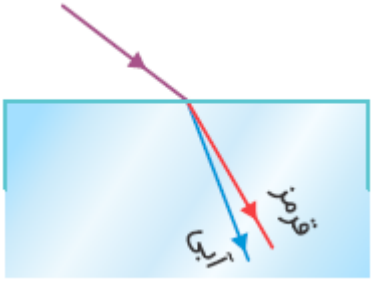
۱)



۲)



۳)



۴)