به نام خدا

فیزیک دوازدهم رشته تجربی

فصل سوم: نوسان

محمد حسین پاک طینت

آبان ماه ۹۹

نوسان

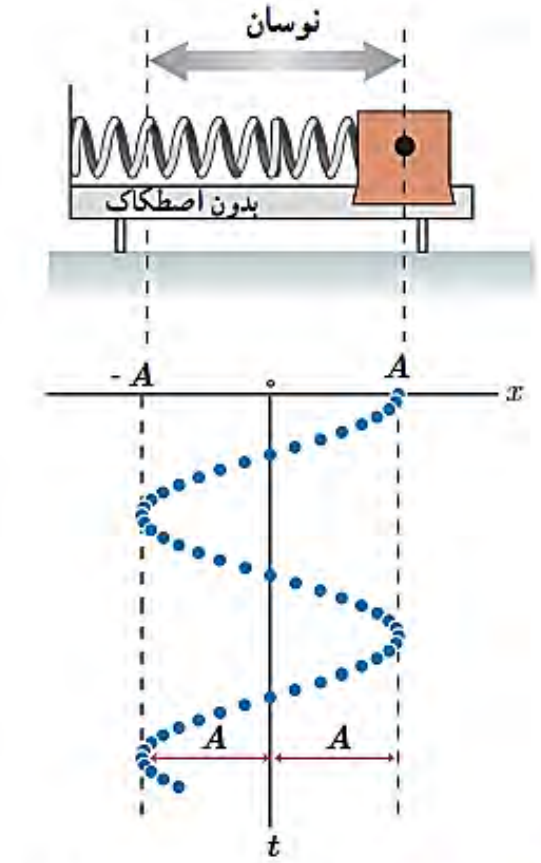
نوسان دوره ای: نوسان هایی که هر چرخه ی آن در دورهای دیگر تکرار شود.

دوره ی تناوب(T): مدت زمان یک چرخه ی کامل ⟵ واحد آن ثانیه است

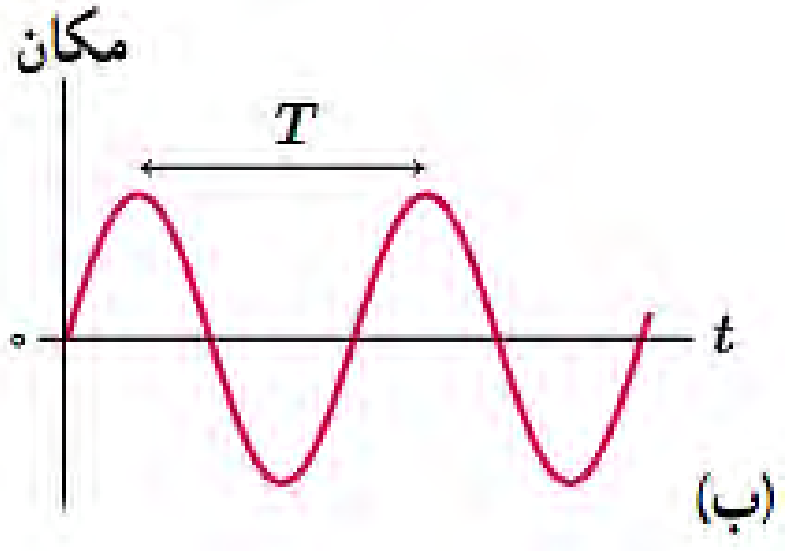
بسامد یا فرکانس(f): تعداد نوسان های انجام شده در یک ثانیه ⟵ واحد آن هرتز (Hz) است

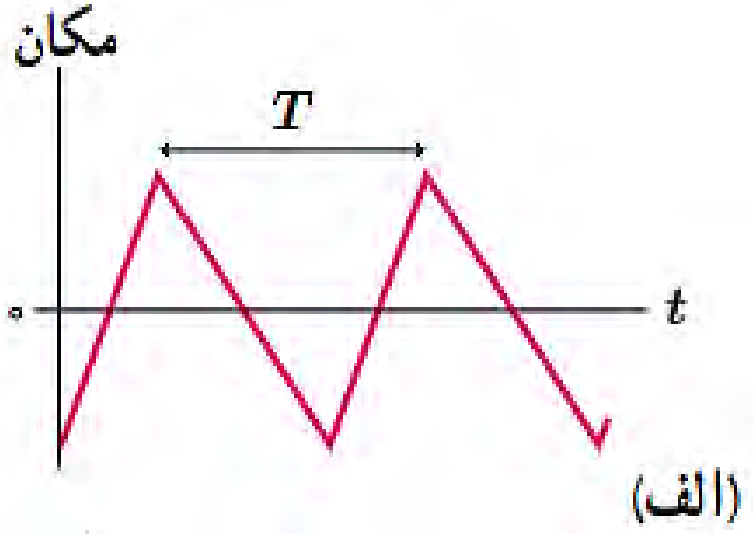
$$f = \frac{1}{T}$$

حرکت هماهنگ ساده: حرکتی که نمودار مکان – زمان آن سینوسی باشد.

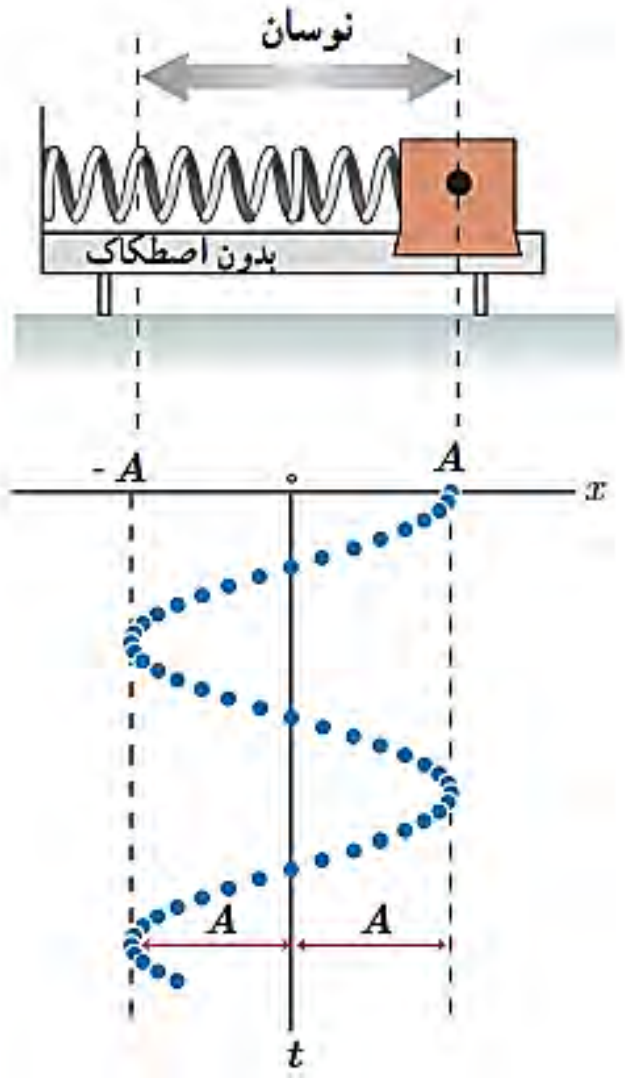


شکل ۳ـ۴ سامانهٔ جسم و فنر، نمونهٔ مشهوری از یک حرکت هماهنگ ساده است.





حرکت هماهنگ ساده



دامنه ی حرکت(A): بیشترین فاصله ی جسم از نقطه ی تعادل

معادله ی مکان – زمان در حرکت هماهنگ ساده:

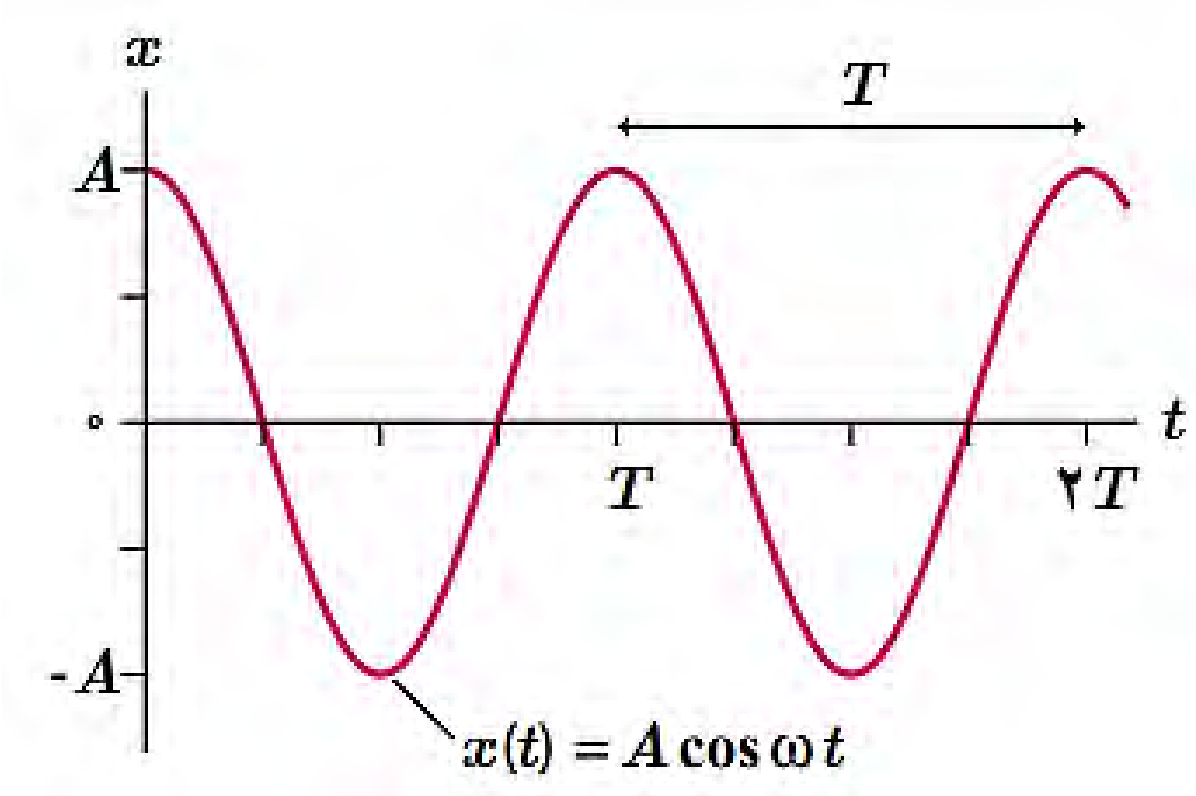
$$x = A\cos\omega t$$

- x: مکان نوسانگر (بُعد نوسان)
- A: دامنه
- ω: بسامد زاویه ای $\left(\frac{rad}{s}\right)$

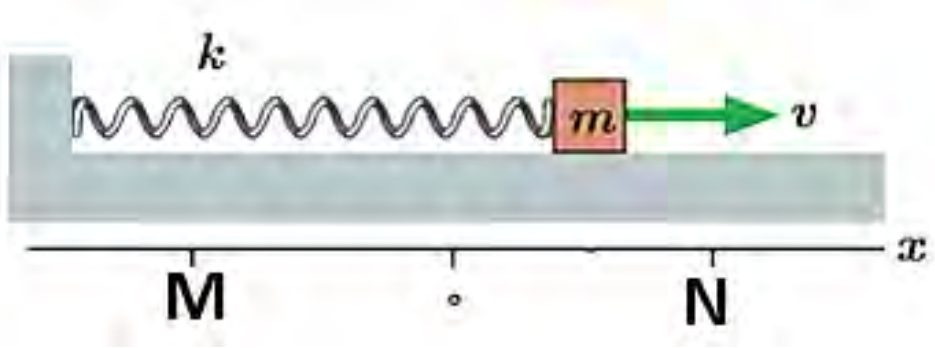
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

نمودار حرکت هماهنگ ساده

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



حرکت هماهنگ ساده



$x = x_{max} = -A$	$x = 0$	$x = x_{max} = +A$
$F = F_{max}$	$F = 0$	$F = F_{max}$
$a = a_{max}$	$a = 0$	$a = a_{max}$
$U = U_{max}$	$U = 0$	$U = U_{max}$
$v = 0$	$v = v_{max}$	$v = 0$
$k = 0$	$k = k_{max}$	$k = 0$

✓ M و N را نقاط بازگشت می نامند

مثال(شهریور۹۹):

معادله ی مکان – زمان نوسانگر هماهنگ ساده ای با دامنه ی $0.06m$ و بسامد $2.5Hz$ را بنویسید.

معادله ی کلی $x = A\cos\omega t$

$$A = 0.06m$$

$$\left.\begin{array}{l} f = 2.5Hz \\ \omega = 2\pi f \end{array}\right\} \longrightarrow \omega = 2\pi \times 2.5 = 5\pi \longrightarrow \boxed{x = 0.06\cos 5\pi t}$$

مثال(شهریور۹۹):

معادله ی حرکت هماهنگ ساده ی یک نوسانگر در SI به صورت $x = 0.02cos\pi t$ است.

الف – دوره ی حرکت چند ثانیه است؟

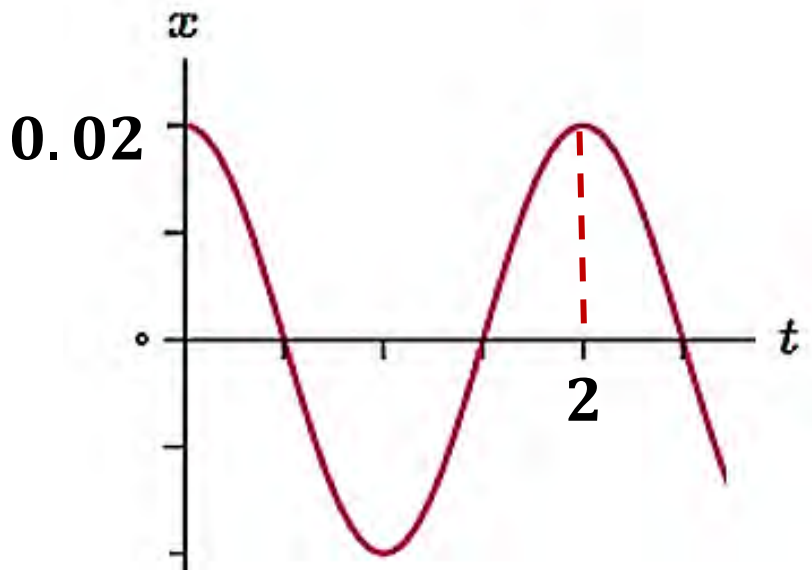
ب – نمودار مکان – زمان این حرکت را در یک دوره رسم نمایید.

معادله ی کلی $x = Acos\omega t$

$x = 0.02cos\pi t$

$\longrightarrow$ $\begin{cases} A = 0.02m \\ \omega = \pi \frac{rad}{s} \end{cases}$

$\omega = \frac{2\pi}{T} \longrightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\pi} = 2s$



بسامد زاویه ای سامانه ی جرم – فنر:

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

ثابت فنر

جرم وزنه

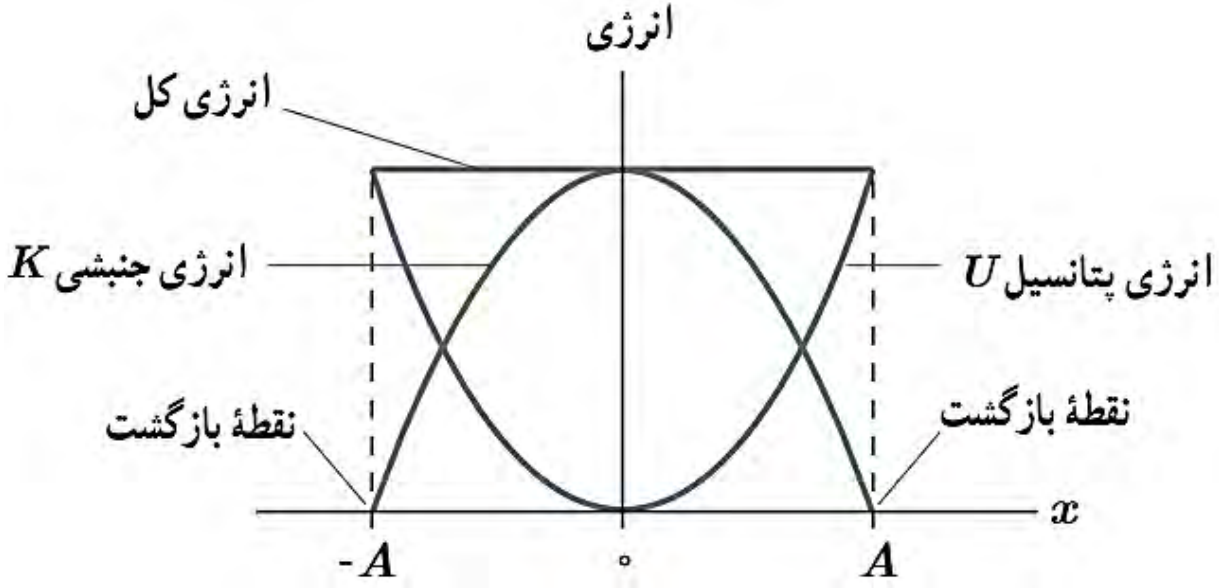
دوره ی تناوب سامانه ی جرم – فنر:

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

انرژی در حرکت هماهنگ ساده

انرژی مکانیکی $E = K + U$ انرژی پتانسیل

انرژی جنبشی



انرژی مکانیکی نوسانگر وزنه – فنر $E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = 2\pi^2mA^2f^2$

ثابت فنر

✓ انرژی مکانیکی نوسانگر با مجذور دامنه (A^2) و مجذور بسامد(f^2) متناسب است.

چند رابطه ی مهم

اندازه سرعت بیشینه $v_{max} = A\omega$

(هنگام عبور از وضع تعادل)

اندازه شتاب بیشینه $a_{max} = A\omega^2$

(در نقطه بازگشت)

انرژی مکانیکی نوسانگر $E = \frac{1}{2} m v_{max}^2$

مثال(خرداد ۹۹ رشته ریاضی):

معادله ی حرکت هماهنگ ساده ی یک نوسانگر به جرم ۱۰۰ گرم در SI به صورت $x = 0.02\ cos50\pi t$ است.

الف – بیشینه ی تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

ب – انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟

الف

معادله ی کلی $x = Acos\omega t$

$x = 0.02cos50\pi t$

$$\longrightarrow \begin{cases} A = 0.02m \\ \omega = 50\pi \frac{rad}{s} \end{cases}$$

$$v_{max} = A\omega = 0.02 \times 50\pi = 1\frac{m}{s}$$

ب

$$E = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 1^2 = 0.05\ J$$

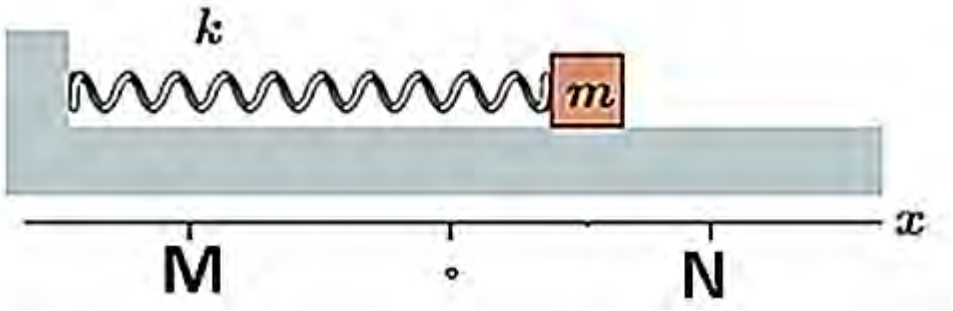
مثال(خرداد ۹۹ رشته تجربی):

معادله ی حرکت یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $x = 0.02cos(10\pi t)$ است.

الف – در چه لحظه ای پس از لحظه ی صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می رسد؟

ب – اندازه ی بیشترین شتاب حرکت این نوسانگر چقدر است؟

$(\pi^2 = 10)$



اولین بار: نقطه M ⟵ نوسانگر در نقاط بازگشت است ⟵ تندی صفر می شود

معادله ی حرکت یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $x = 0.02cos(10\pi t)$ است.

الف – در چه لحظه ای پس از لحظه ی صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می رسد؟

ب – اندازه ی بیشترین شتاب حرکت این نوسانگر چقدر است؟

$(\pi^2 = 10)$

الف

$$x = 0.02cos(10\pi t) \longrightarrow -0.02 = 0.02cos10\pi t \longrightarrow$$

$$cos10\pi t = -1 = cos\pi \longrightarrow 10\pi t = \pi \longrightarrow t = \frac{1}{10}s$$

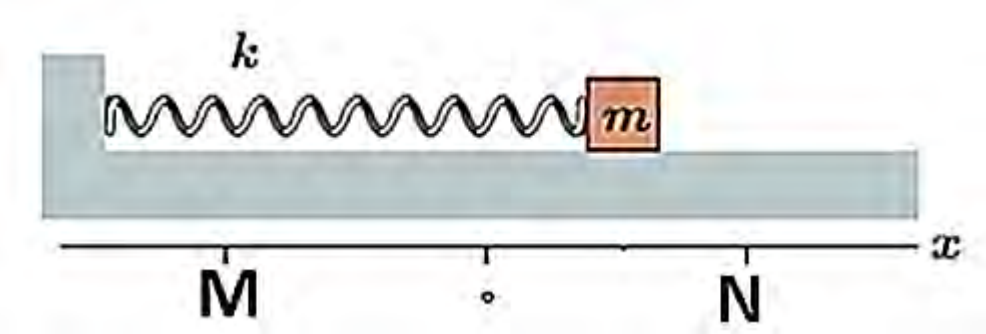
ب

$$a_{max} = A\omega^2 = 0.02 \times (10\pi)^2 = 20\frac{m}{s^2}$$

مثال(کنکور۹۸تجربی):

نوسانگر ساده‌ای روی پاره خطی به طول ۴ سانتی‌متر نوسان می‌کند و در هر ثانیه یک بار طول این پاره خط را طی می‌کند. بیشینه‌ی سرعت این نوسانگر چند سانتی متر بر ثانیه است؟

۱) $0/02\pi$ ۲) $0/04\pi$ ۳) 2π ۴) 4π



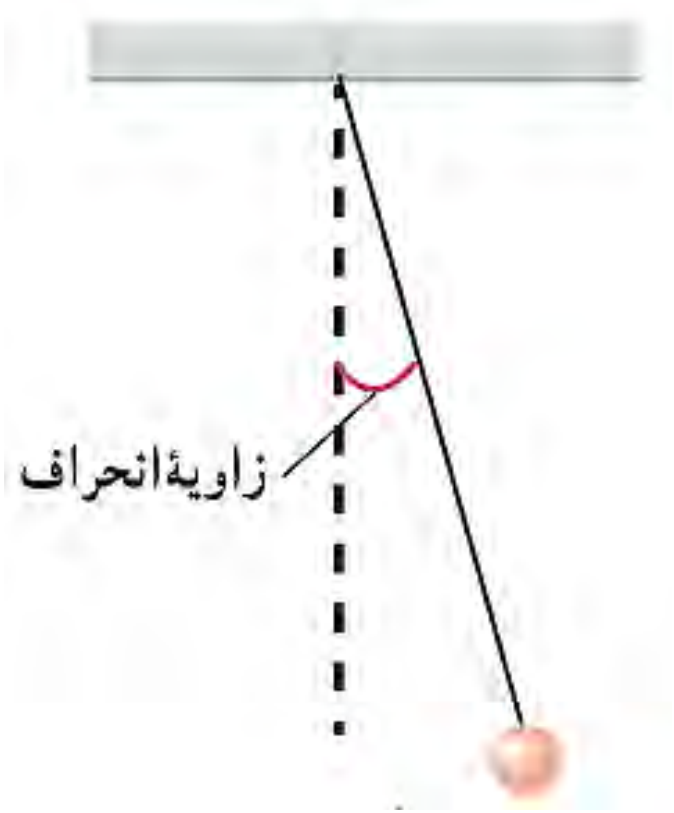
$$A = 0.02m$$

$$T = 2s \longrightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi$$

$$v_{max} = A\omega = 0.02 \times \pi = 0.02\pi \frac{m}{s} = 2\pi \frac{cm}{s}$$

آونگ ساده

آونگ ساده: شامل وزنه ی کوچکی به جرم m (وزنه ی آونگ) است که از نخی بدون جرم و کش نیامدنی به طول L آویزان است.



در صورتی آونگ ساده یک نوسانگر هماهنگ ساده خواهد بود که انحراف از وضع تعادل آن کوچک باشد.

آونگ ساده

چند نکته مهم:

- ✓ دوره ی تناوب آونگ ساده فقط به شتاب گرانشی (g) و طول آونگ (L) بستگی دارد.
- ✓ دوره ی تناوب آونگ ساده به جرم و دامنه ی آن بستگی ندارد.

دوره تناوب آونگ ساده $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \longrightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \times \sqrt{\frac{g_2}{g_1}}$

مثال(کنکور۹۱ریاضی):

آونگ ساده‌ای به طول یک متر، در محلی که شتاب گرانش زمین در SI برابر $g = \pi^2$ است، نوساناتی کم دامنه انجام می‌دهد.گلوله‌ی این آونگ در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می دهد؟

۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۱۲۰

$$L = 1m$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{\pi^2}} = 2s$$

در دو ثانیه یک نوسان انجام می دهد ⟵ در ۶۰ ثانیه(یک دقیقه) ۳۰ نوسان انجام می دهد

مثال(کنکور۹۸ریاضی):

آونگ ساده‌ای به طول $80cm$ با دامنه‌ی کم در حال نوسان است. طول آونگ را چگونه تغییر دهیم تا دوره‌ی نوسان آن نصف شود؟

۱) ۶۰ سانتی متر کاهش دهیم.

۲) ۶۰ سانتی متر افزایش دهیم.

۳) ۲۰ سانتی متر کاهش دهیم.

۴) ۲۰ سانتی متر افزایش دهیم.

$$\frac{T_2}{T_1}=\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}\times\sqrt{\frac{g_2}{g_1}} \longrightarrow \frac{1}{2}=\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}\times 1 \longrightarrow \frac{L_2}{L_1}=\frac{1}{4} \longrightarrow$$

$$L_2=\frac{80}{4}=20cm \longrightarrow$$ باید ۶۰ سانتی متر کاهش یابد

پدیده تشدید

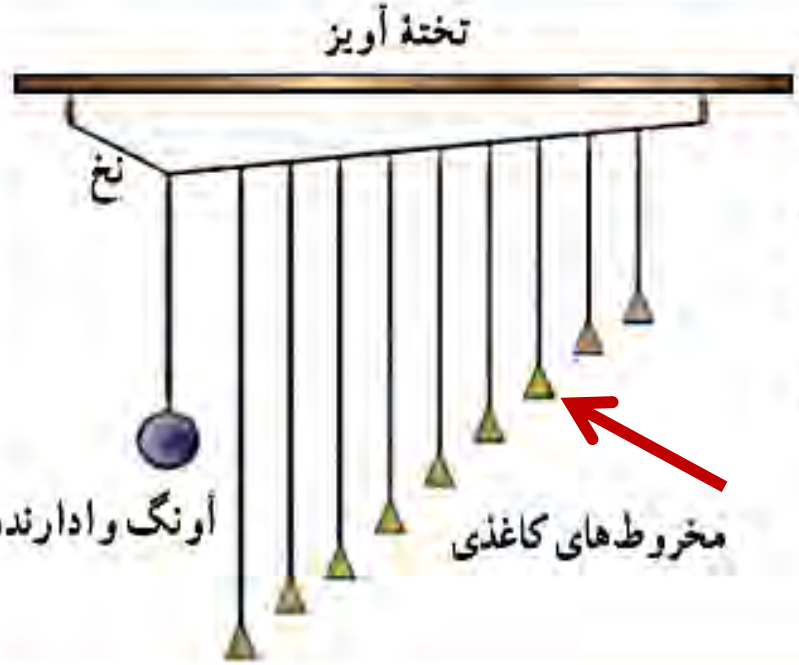
بسامد طبیعی: بسامد نوسانگری که بدون اعمال نیروی خارجی نوسان می کند.

نوسان واداشته: اگر نیروی خارجی اعمال شود، نوسانگر می تواند با بسامدی غیر از بسامد طبیعی نیز نوسان کند که به این نوسان، نوسان واداشته می گوییم.

تشدید: اگر بسامد نیروی خارجی با بسامد طبیعی نوسانگر برابر شود، دامنه ی نوسان ها بزرگ و بزرگتر می شود که می گوییم برای نوسانگر تشدید رخ داده است.

- ✓ اگر نوسانگر را با بسامدی بیشتر یا کمتر از بسامد طبیعی اش به نوسان در آوریم، دامنه ی نوسان کوچکتر از حالتی خواهد شد که با بسامد طبیعی اش نوسان می کند.

فعالیت ۳ـ۳



آونگ‌های بارتون[۲] : یک آونگ با وزنهٔ سنگین و تعدادی آونگ سبک با طول‌های متفاوت را مطابق شکل سوار کنید. آونگ‌ها روی نخی سوار شده‌اند که هر دو انتهای آن توسط گیره‌هایی به تختهٔ آویز متصل شده است. به آونگ سنگین اصطلاحاً *آونگ وادارنده*[۳] گفته می‌شود، زیرا به نوسان درآوردن این آونگ در صفحهٔ عمود بر صفحهٔ شکل، موجب تاب خوردن نخ آویز و در نتیجه به نوسان واداشتن سایر آونگ‌ها می‌شود. آونگ وادارنده را به نوسان درآورید و آنچه را مشاهده می‌کنید توضیح دهید.

توضیح:

انرژی به تمام آونگ ها منتقل می شود و به نوسان در می آیند ولی پس از زمان کوتاهی می ایستند.

ولی آونگی که طولش با طول وادارنده یکسان است، زمان بیشتری را نوسان می کند.

چون زمان تناوبش با وادارنده یکسان است و انرژی بیشتری به آن منتقل می شود.

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

فصل سوم: موج و انواع آن

محمد حسین پاک طینت

آذرماه ۹۹

موج

محیط کشسان: محیطی است که وقتی تغییری در آن رخ می دهد، دوباره به حالت اول بر می گردد.

موج: ارتعاش های پی در پی که در محیط کشسان بوجود می آیند و از محل شروع دور و دورتر می شوند.

انواع موج

موج مکانیکی: موج هایی که برای انتشار خود به محیط مادی نیاز دارند.

مانند موج روی سطح آب یا موج صوتی

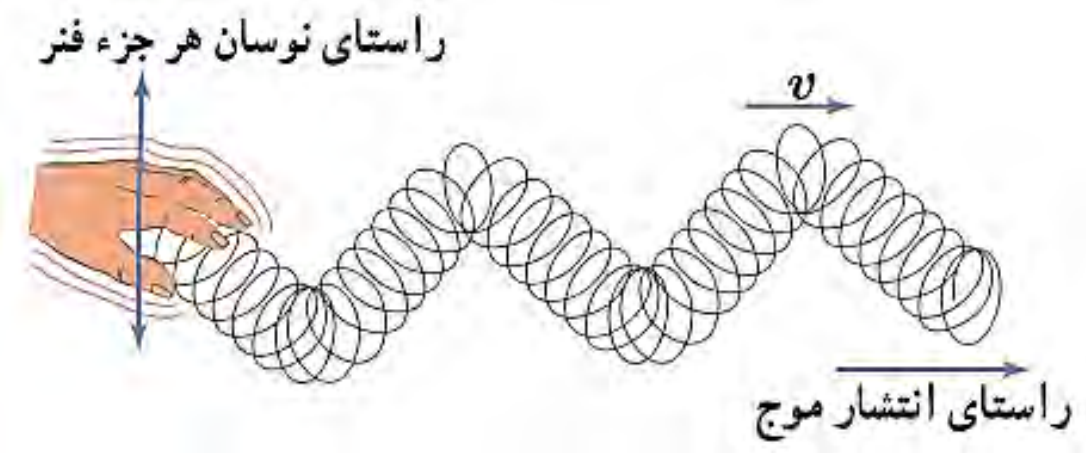
موج های الکترومغناطیسی: موج هایی که برای انتشار خود به محیط مادی نیاز ندارند.

مانند امواج رادیویی و نور مرئی

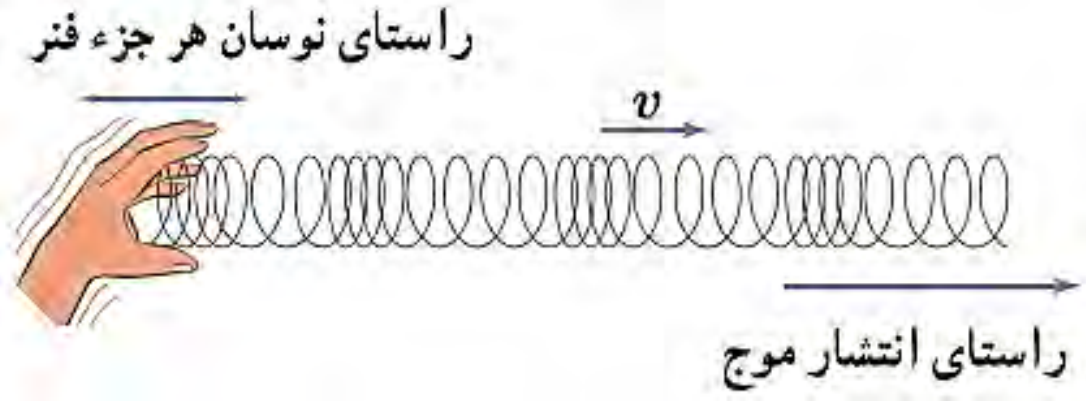
✓ اگرچه منشأ این امواج(مکانیکی و الکترومغناطیسی) متفاوت است، ولی همگی آنها مشخصه های یکسانی دارند و رفتار آنها از قاعده هایی کلی پیروی می کند که در هر پدیده ی موجی برقرار است.

انواع موج

تپ: آشفتگی(تغییری) که در محیط بوجود می آید.



موج عرضی: موجی که در آن، جابجایی هر جزء محیط، بر راستای انتشار موج عمود باشد.



موج طولی: موجی که در آن جابجایی هر جزء محیط، با راستای انتشار موج، هم راستا باشد.

مشخصه های موج

موج های پیش رونده: موج هایی که از نقطه ای به نقطه ی دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می کنند.

نکته: این موج است که از یک نقطه به نقطه ی دیگر حرکت می کند نه ماده ای که موج در آن حرکت می کند.

چشمه موج: جسمی نوسانی که موج را ایجاد می کند.

✓ اگر چشمه به طور هماهنگ ساده نوسان کند، اجزای محیط، حول نقطه ی تعادل خود با همان بسامد چشمه نوسان می کنند.

مشخصه های موج

جبهه موج: نقاطی از موج که با هم بالا و پایین می روند.

(نوسان مشابهی دارند)

طول موج(λ): فاصله ی بین دو قله(یا دره ی) مجاور را طول موج می نامیم.

✓ طول موج مسافتی است که موج در مدت یک دوره ی تناوب چشمه ی موج (T) طی می کند.

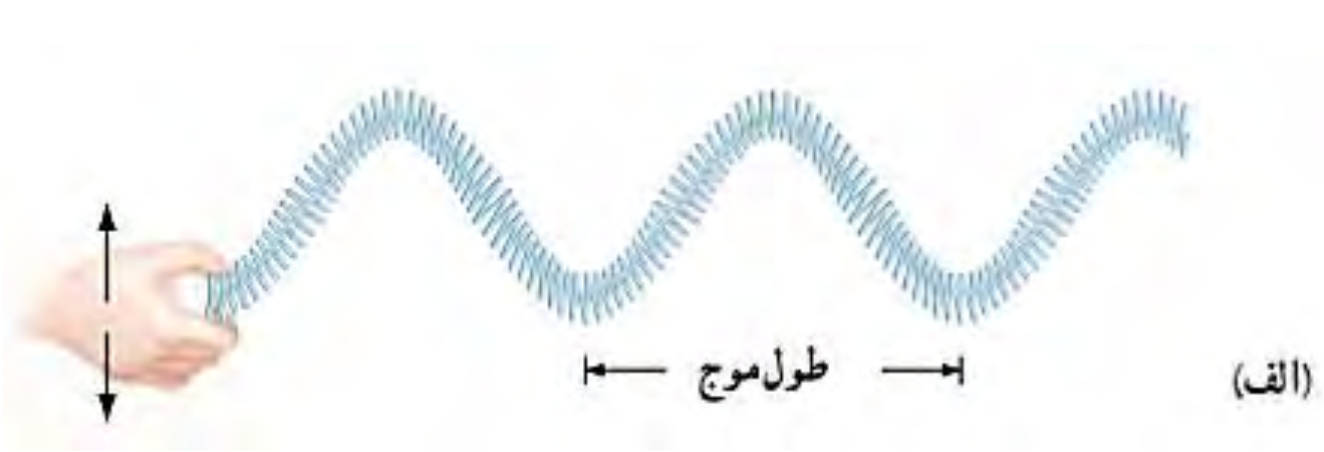
مشخصه های موج

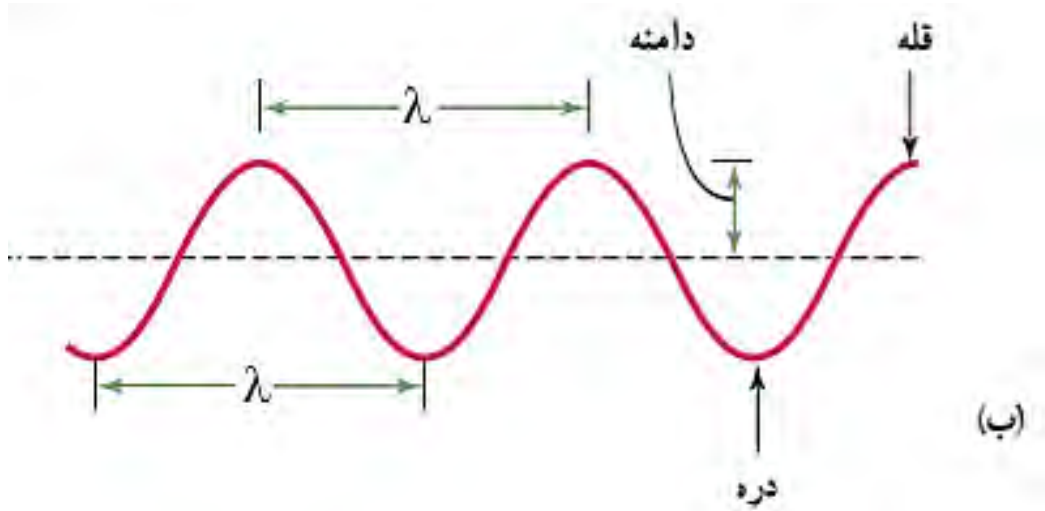
دامنه موج(A): بیشترین فاصله ی یک ذره از مکان تعادل.

دوره تناوب(T): مدت زمانی که هر ذره ی محیط یک نوسان کامل انجام می دهد.

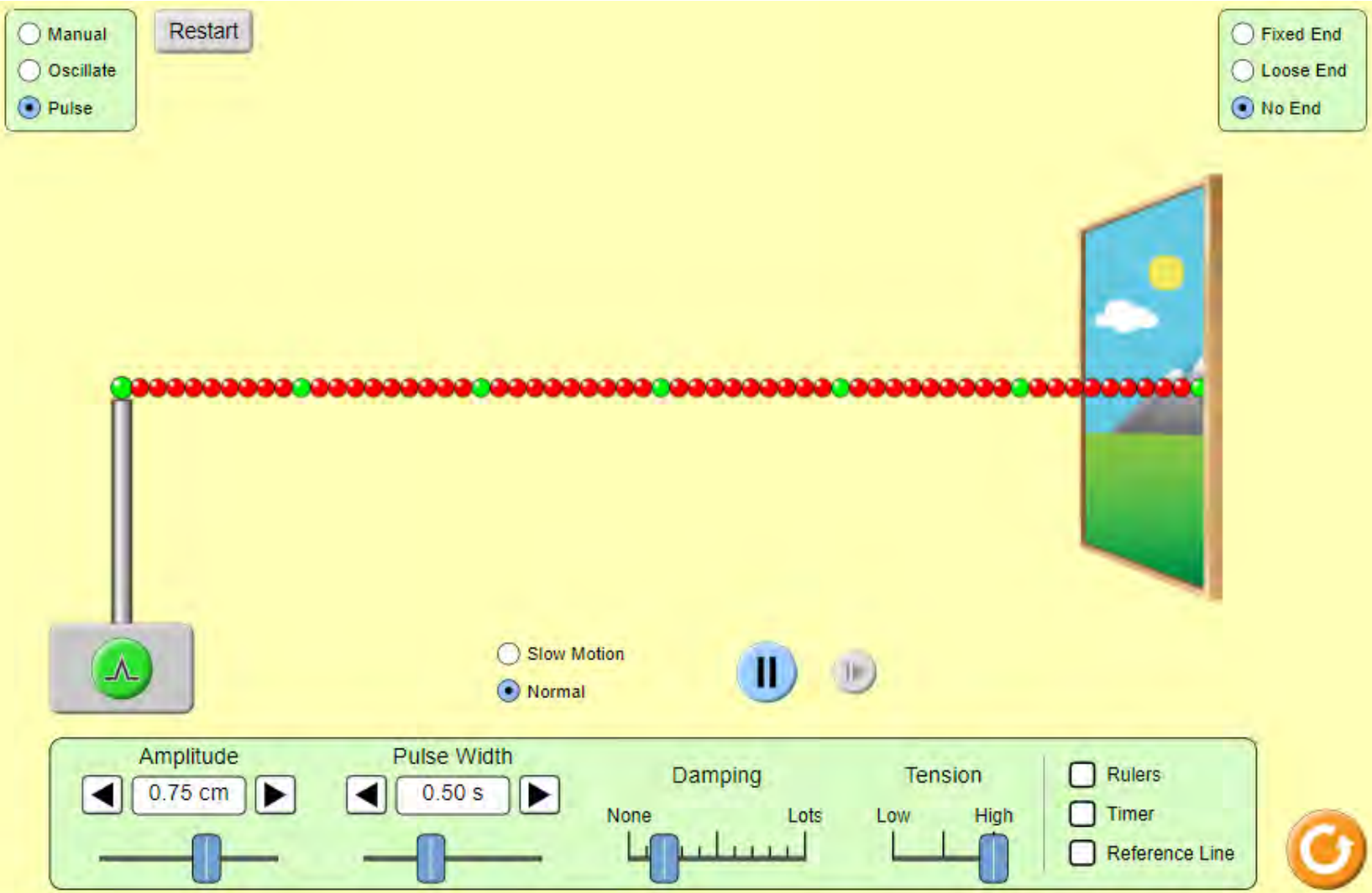
بسامد(f): تعداد نوسان های انجام شده توسط هر ذره ی محیط در یک ثانیه.

- ✓ بسامد و دوره ی تناوب از مشخصه های چشمه موج هستند.





آزمایشگاه مجازی PHET



Wave on a String

PHET

مشخصه های موج

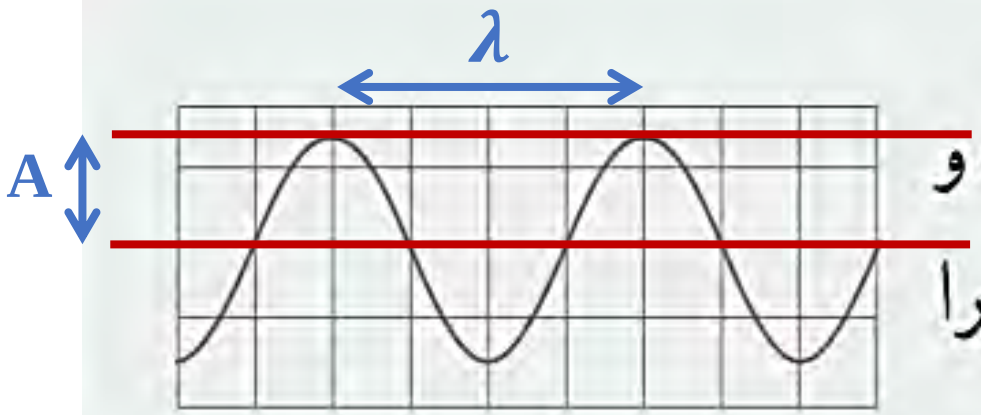
محاسبه تندی انتشار موج(V): با توجه به تعریف طول موج و دوره ی تناوب، می توان گفت موج در مدت زمان T مسافت λ را طی می کند. پس می توان نوشت:

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

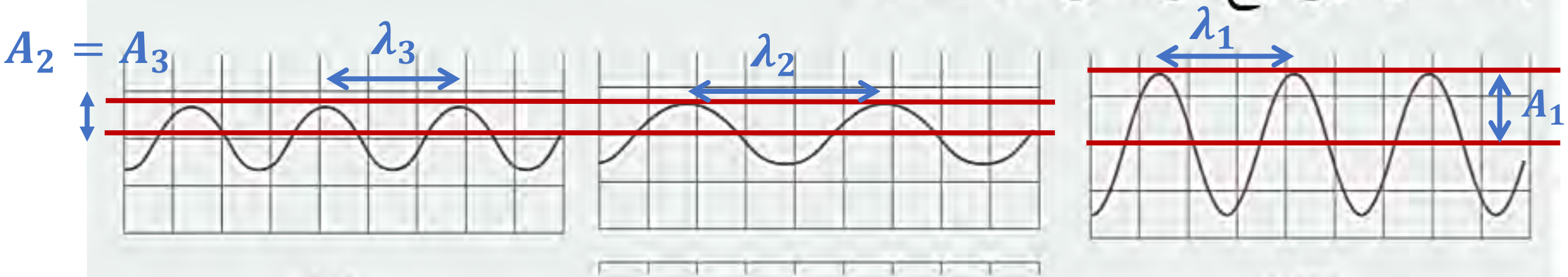
تندی انتشار — طول موج — زمان تناوب — بسامد

✓ تندی انتشار موج، به جنس و ویژگی های محیط انتشار بستگی دارد.

پرسش ۳ـ۴



شکل روبه‌رو موجی عرضی را نشان می‌دهد. دامنه و طول‌موج هر کدام از شکل موج‌های الف)، ب) و پ) را با دامنه و طول‌موج این شکل مقایسه کنید.



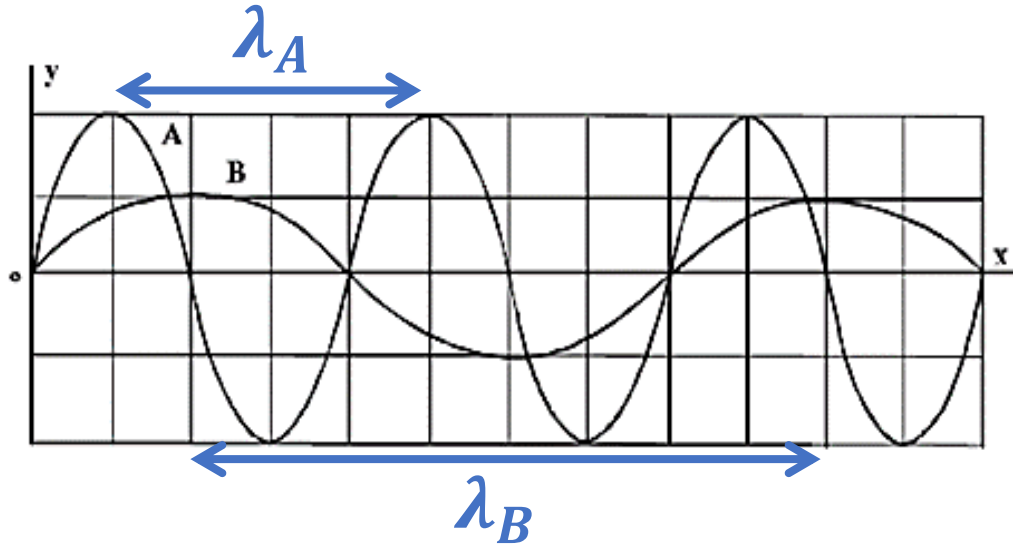
(پ) (ب) (الف)

$A_3 < A$ $A_2 < A$ $A_1 = A$

$\lambda_3 < \lambda$ $\lambda_2 = \lambda$ $\lambda_1 < \lambda$

مثال(کنکور۹۸ریاضی):

در شکل زیر، دو موج مکانیکی A و B در یک محیط منتشر می‌شوند. اگر T دوره‌ی موج و V سرعت انتشار موج باشد، $\frac{T_A}{T_B}$ و $\frac{V_A}{V_B}$ به ترتیب کدامند؟



۱) ۲ و ۱

۲) ۲ و $\frac{1}{2}$

۳) $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{2}$

۴) ۱ و $\frac{1}{2}$

محیط ها یکسان است $\longrightarrow$ $v_A = v_B$

$v = \frac{\lambda}{T}$

$\longrightarrow \frac{\lambda_A}{T_A} = \frac{\lambda_B}{T_B} \longrightarrow \frac{T_A}{T_B} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$

نکته: تندی انتشار موج، به جنس و ویژگیهای محیط انتشار بستگی دارد.

محاسبه تندی انتشار موج عرضی در تار یا فنر

تندی انتشار $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ ← نیروی کشش تار

چگالی خطی جرم $\mu = \frac{m}{L}$ ← جرم تار / طول تار

✓ تندری انتشار موج عرضی در یک فنر، تار یا ریسمان کشیده، به نیروی کشش و چگالی خطی جرم بستگی دارد.

مثال(خرداد ۹۹ تجربی):

در یک تار به طول $1.2m$ وجرم $30g$ تندی انتشار موج عرضی ، $10\frac{m}{s}$ است. نیروی کشش این تار چند نیوتون است؟

$$L = 1.2m$$

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0.03}{1.2} = 2.5 \times 10^{-2}\frac{kg}{m}$$

$$m = 30g = 0.03kg$$

$$v = 10\frac{m}{s}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \longrightarrow 10 = \sqrt{\frac{F}{2.5 \times 10^{-2}}}$$

$$\longrightarrow \quad 100 = \frac{F}{2.5 \times 10^{-2}} \quad \longrightarrow \quad F = 2.5N$$

مثال:

توضیح دهید اگر طول یک طناب را به $\frac{1}{3}$ مقدار اولیه‌ی آن کاهش داده و نیروی کشش آن را ثابت نگه داریم، سرعت انتشار موج در آن چه تغییری می‌کند؟

$$\frac{L_2}{L_1}=\frac{1}{3} \longrightarrow \frac{m_2}{m_1}=\frac{1}{3} \qquad \mu=\frac{m}{L} \longrightarrow \frac{\mu_2}{\mu_1}=\frac{m_2}{m_1}\times\frac{L_1}{L_2}=\frac{1}{3}\times\frac{3}{1}=1$$

$$v=\sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad \left.\begin{array}{l}\mu_2=\mu_1\\ F_2=F_1\end{array}\right\} \longrightarrow \boxed{v_2=v_1}$$

مثال(کنکور۹۸ریاضی):

چگالی خطی جرم (جرم واحد طول) در یک سیم که در ساز موسیقی به کار رفته، $4 \times 10^{-3} \frac{kg}{m}$ است و این سیم بین دو نقطه با نیروی $250N$ کشیده شده است. اگر بسامد صوت حاصل از ساز $312.5\ Hz$ باشد، طول موج ایجاد شده در آن چند متر است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۷۵ ۳) ۰/۸۰ ۴) ۱/۲۵

$$\mu = 4 \times 10^{-3} \frac{kg}{m}$$

$$F = 250N$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{250}{4 \times 10^{-3}}} = 250 \frac{m}{s}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \longrightarrow 250 = \lambda \times 312.5 \longrightarrow \lambda = 0.8m$$

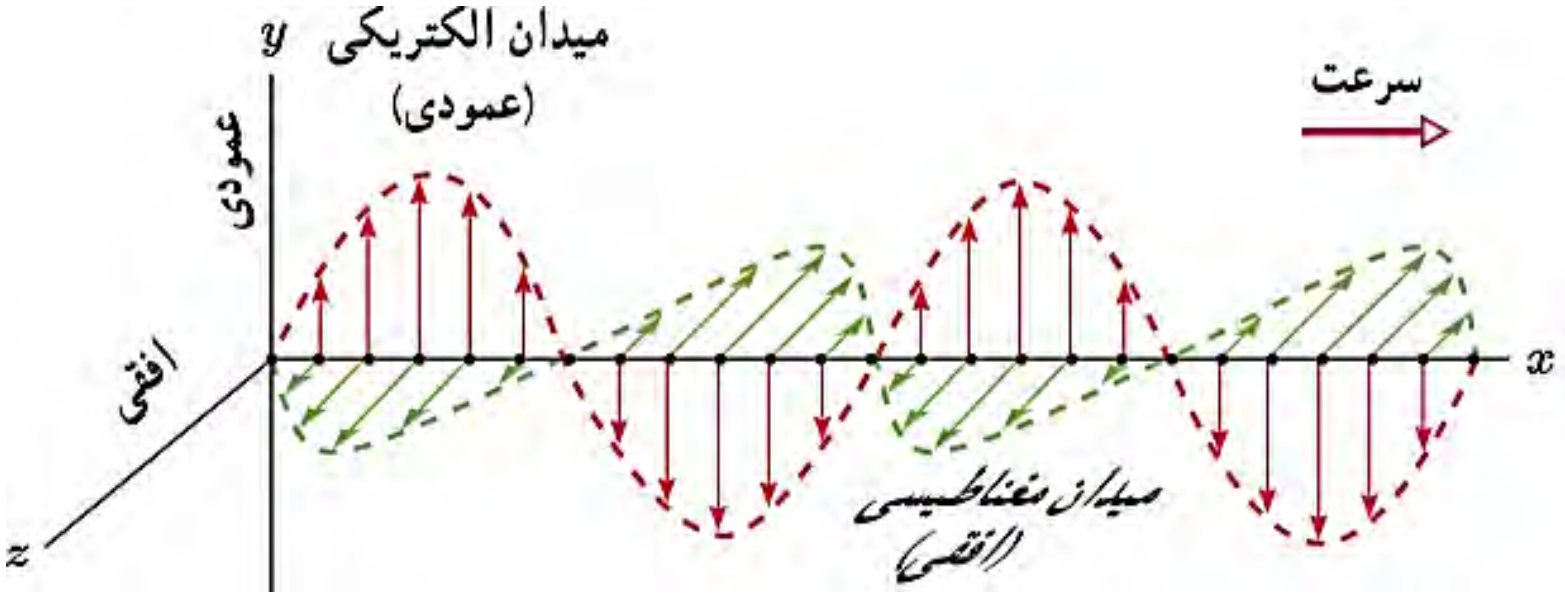
امواج الکترومغناطیسی

- ✓ امواج الکترومغناطیسی از رابطه ی میدان های الکتریکی و مغناطیسی بوجود می آیند. هر تغییری در میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی متغیری ایجاد می کند و نیز هر میدان مغناطیسی متغیر، میدان الکتریکی متغیر بوجود می آورد.

- ✓ رابطه ی متقابل میدان های الکتریکی و مغناطیی، باعث انتقال نوسان های میدان ها، از یک نقطه به نقاط دیگر یا همان انتشار موج می شود.

مشخصه های امواج الکترومغناطیسی

- ✓ میدان الکتریکی (E) همواره بر میدان مغناطیسی (B) عمود است.
- ✓ میدان های الکتریکی و مغناطیسی همواره بر جهت حرکت موج عمودند. (امواج الکترومغناطیسی عرضی هستند)
- ✓ میدان های الکتریکی و مغناطیسی، با بسامد یکسان و همگام با هم تغییر می کنند.



شکل ۳۱ـ۱۳ قاعدهٔ دست راست برای یافتن جهت انتشار موج الکترومغناطیسی

امواج الکترومغناطیسی

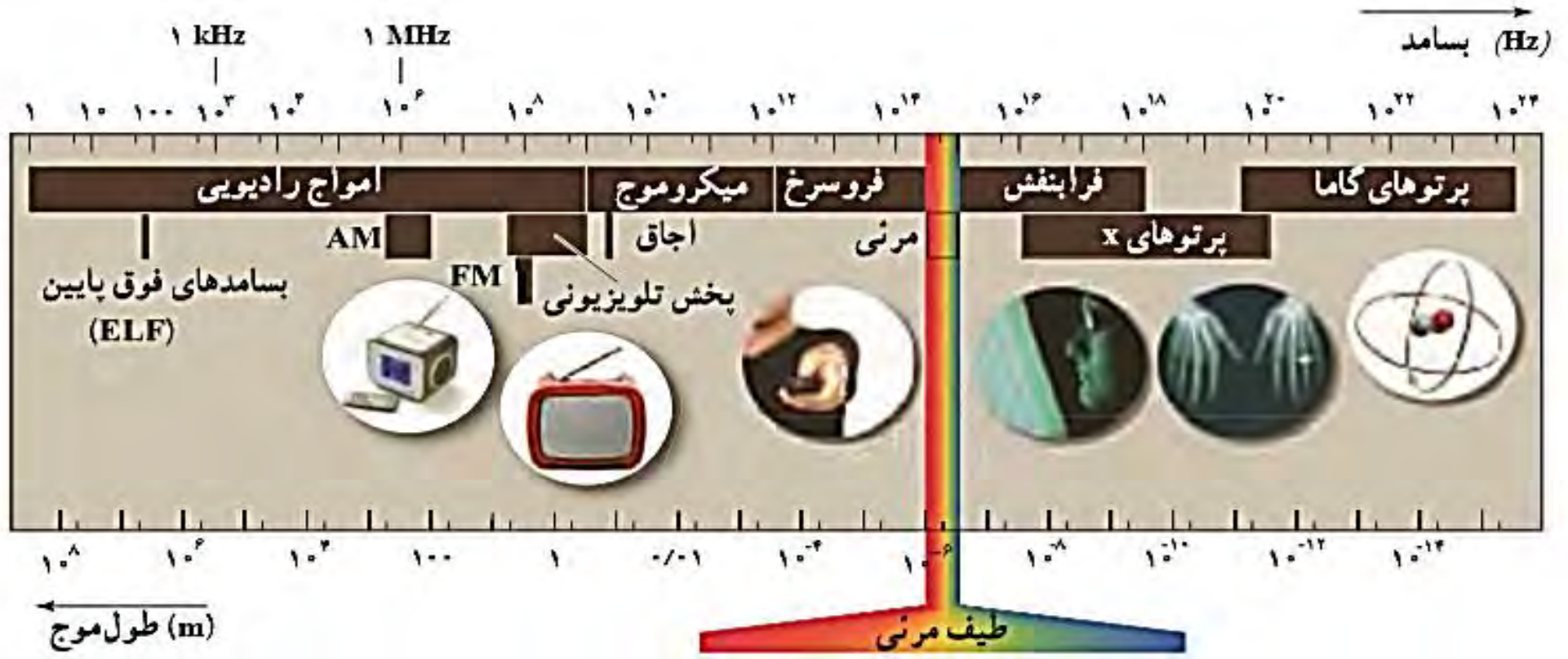
✓ ماکسول نشان داد که تندی امواج الکترومغناطیسی در خلأ از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \qquad \left.\begin{array}{l} \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ T.m/A \\ \varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \dfrac{c^2}{N.m} \end{array}\right\} \longrightarrow \quad c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

✓ هرتز، آزمایش های مهمی را در تأیید نظریه ی ماکسول انجام داد. او نشان داد که امواج رادیویی نیز با همان تندی نور مرئی حرکت می کنند و این نشان دهنده ی سرشت یکسان امواج رادیویی و نور مرئی بود.

✓ در امواج الکترومغناطیسی، انرژی بجای این که به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل ذرات منتقل شود، بصورت انرژی میدان های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می شود.

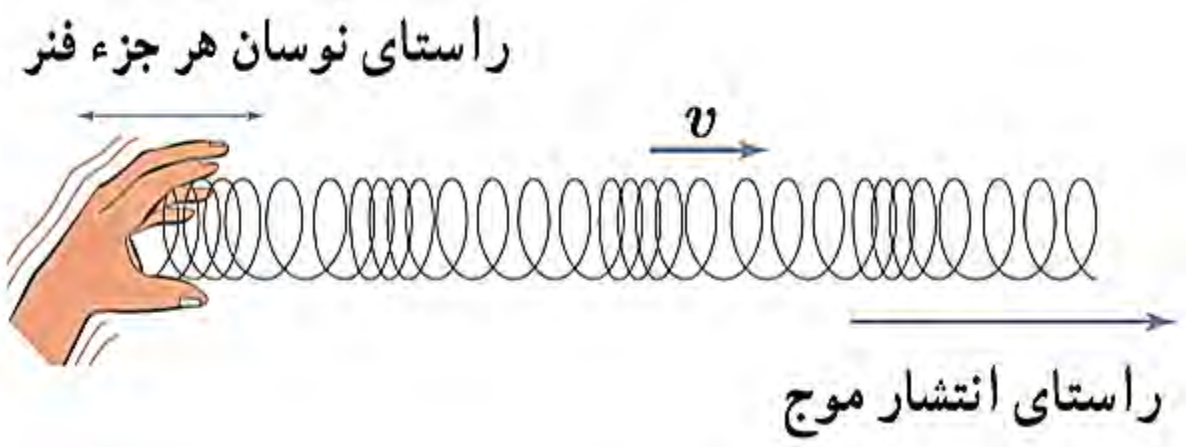
طیف امواج الکترومغناطیسی:



مشخصه های موج طولی

طول موج: فاصله ی بین دو تراکم (جمع شدگی) یا دو انبساط (باز شدگی) متوالی است.

دامنه: بیشینه ی جابجایی از وضع تعادل است.



✓ برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد، بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است.

مثال(شهریور۹۸تجربی)

اگر طول موج یک موج صوتی در هوا برابر $0.5m$ باشد، (تندی صوت در هوا تقریبا $335\frac{m}{s}$ فرض شود)

الف – بسامد این صوت چند هرتز است؟

ب – طول موج این موج صوتی در آب $2.2m$ است. تندی انتشار صوت در آب چند متر بر ثانیه است؟

$\lambda = 0.5m$

$v = 335\frac{m}{s}$

$$v = \lambda f \longrightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{335}{0.5} = 670\ Hz$$

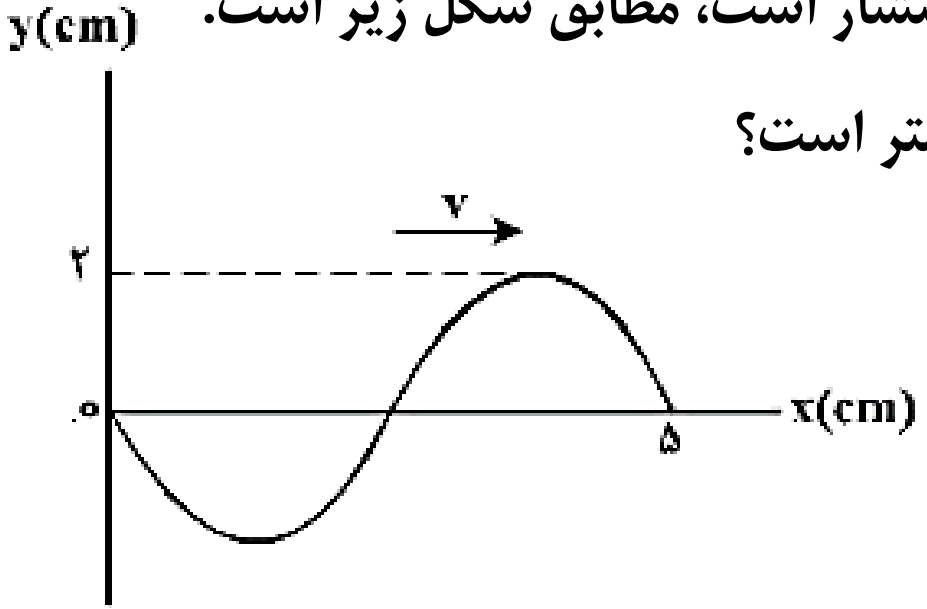
وقتی محیط عوض می شود، بسامد ثابت می ماند

$$f_1 = f_2 \longrightarrow \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \longrightarrow \boxed{\frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}} \longrightarrow \frac{v_2}{335} = \frac{2.2}{0.5}$$

$$\longrightarrow v_2 = \frac{2.2 \times 335}{0.5} = 1474\frac{m}{s}$$

مثال(کنکور۹۸تجربی)

نقش یک موج عرضی که در یک طناب با سرعت $20\frac{cm}{s}$ در حال انتشار است، مطابق شکل زیر است.



مسافتی که یک ذره از طناب در مدت $\frac{1}{8}s$ طی می‌کند، چند سانتی‌متر است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

$$v = \frac{\lambda}{T} \longrightarrow T = \frac{\lambda}{v} = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}s$$

$$v = 20\frac{m}{s}$$

$$\lambda = 5cm$$

$$A = 2cm$$

$$t = \frac{1}{8}s = \frac{T}{2} \longrightarrow \text{ذره به اندازه ی دو برابر دامنه مسافت طی می کند} \longrightarrow \text{مسافت} = 4cm$$

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته های علوم تجربی و ریاضی فیزیک

فصل سوم: صوت

محمد حسین پاک طینت

بهمن ماه ۹۹

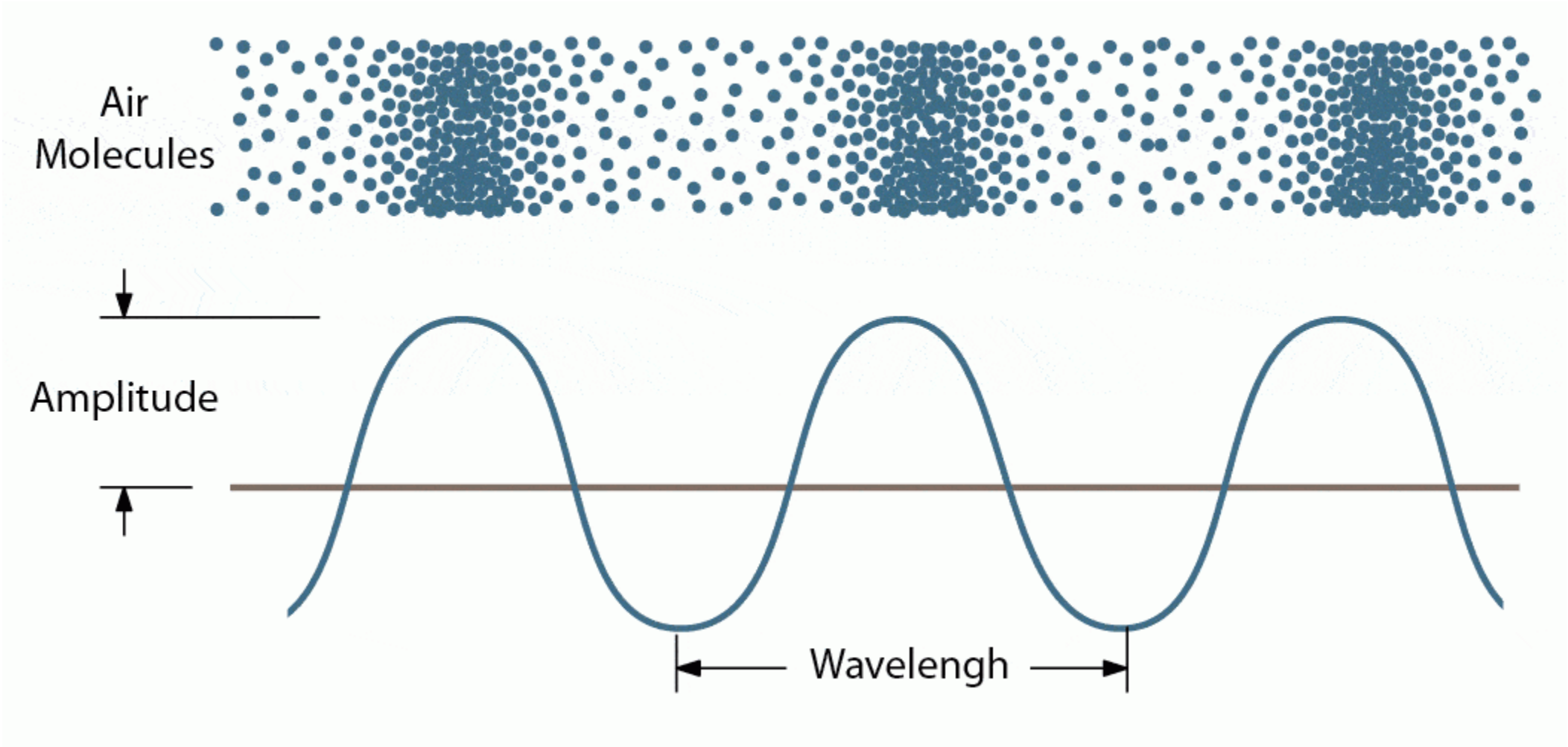
موج صوتی

صوت:

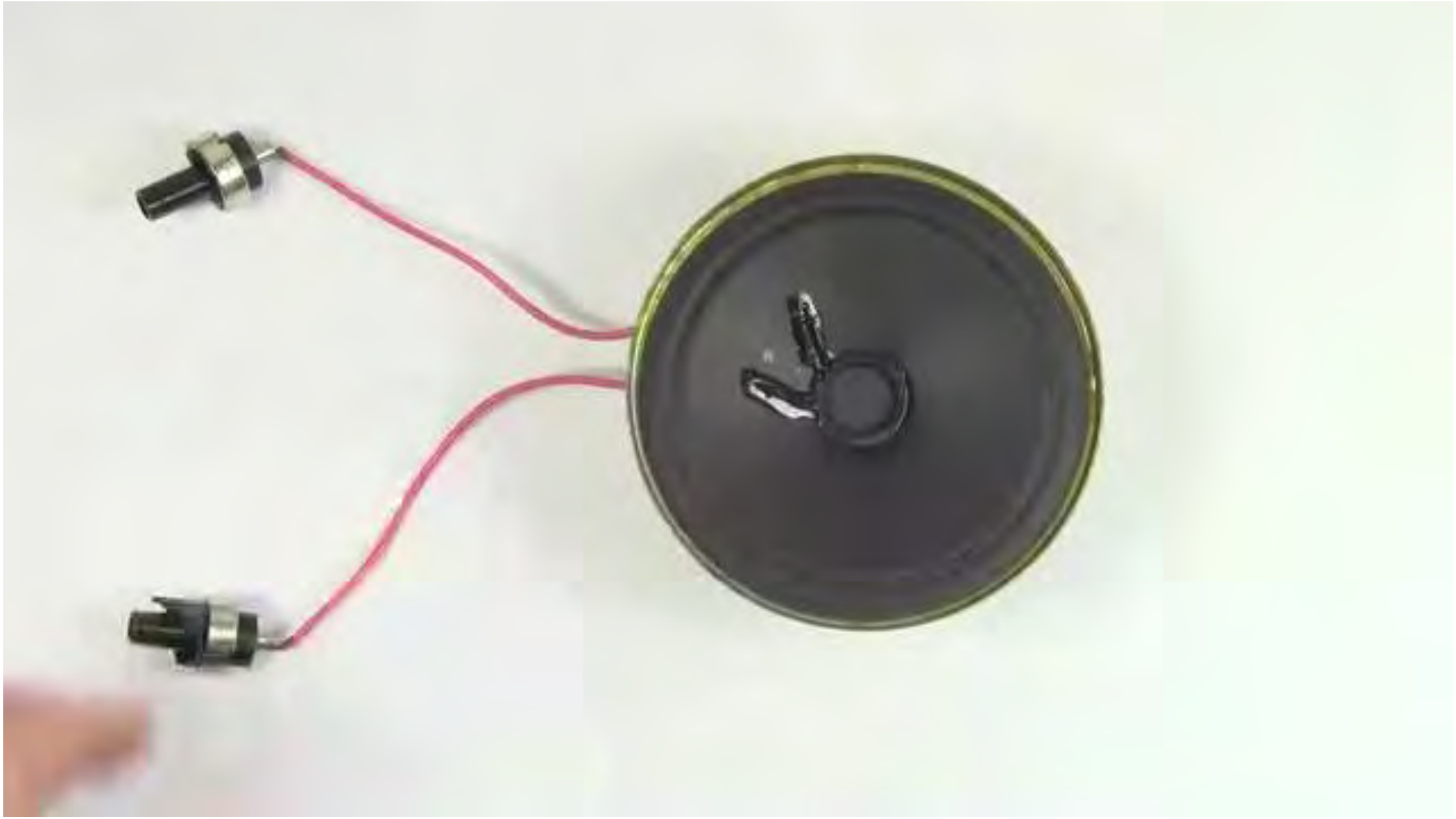
- سه بعدی است ← در تمام جهت ها منتشر می شود
- مکانیکی است ← به محیط مادی نیاز دارد
- موج طولی است ← راستای نوسان با راستای انتشار موج یکی است
- از مجموعه ای از تراکم ها و انبساط ها تشکیل شده است

چشمه ی صوت: جسمی مرتعش که صوت را تولید می کند. مانند سیم گیتار، حنجره انسان، بلندگو

نحوه تولید موج صوتی



نحوه تولید موج صوتی



موج صوتی

✓ سرعت انتشار صوت در هر محیط (مانند هر موج دیگری) به ویژگیهای محیط بستگی دارد.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \longrightarrow \text{سرعت انتشار}$$

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

λ: طول موج

f: بسامد

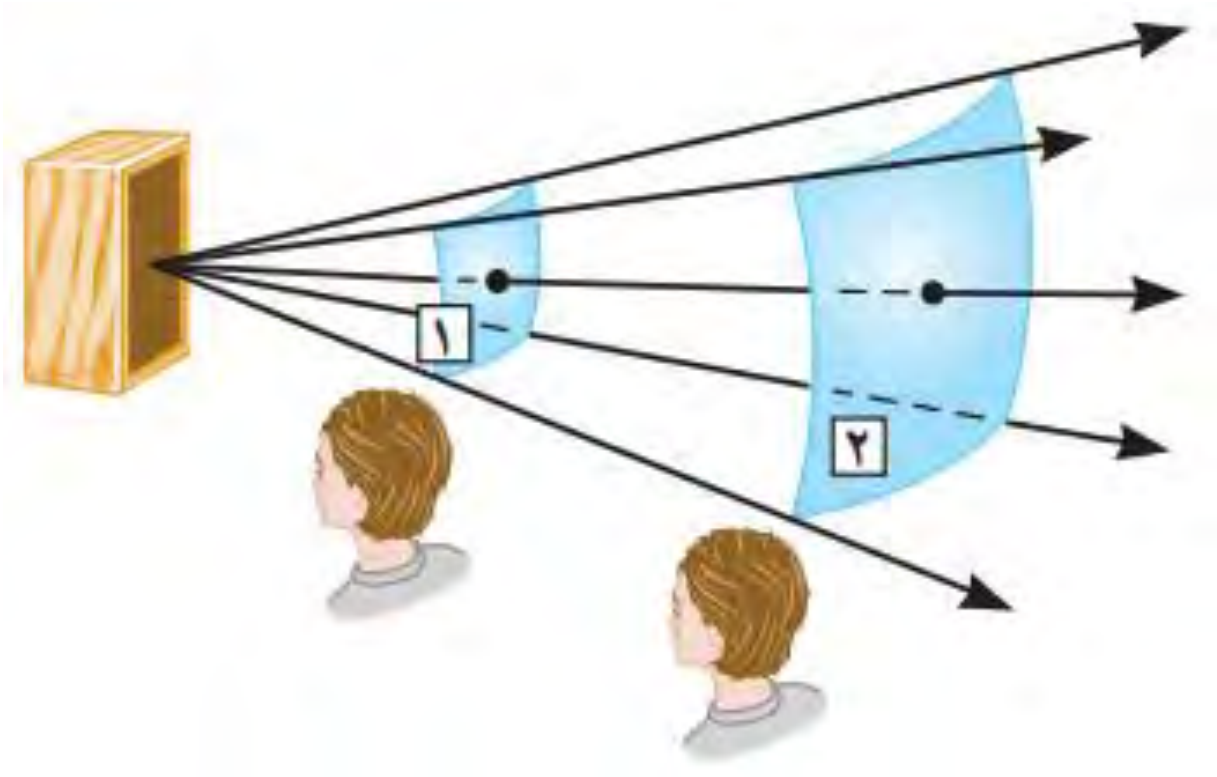
T: زمان تناوب

✓ سرعت صوت، عموما در جامدات بیشتر از مایعات و در مایعات بیشتر از گازها است.

✓ سرعت صوت علاوه بر جنس محیط، به دمای محیط نیز بستگی دارد.

شدت صوت

❖ چشمه ی صوت، با به حرکت در آوردن لایه ای از محیط که در تماس با چشمه است، انرژی را از ناحیه ای به ناحیه ی دیگر منتقل می کند و به محیط انرژی می دهد.



شدت صوت: انرژی که در مدت ۱ثانیه بوسیله ی موج به مساحت ۱متر مربع (عمود بر راستای انتشار) می رسد.

یا

آهنگ متوسط انرژی است که به واحد سطح عمود بر راستای انتشار می رسد.

شدت صوت $I = \frac{E}{At} \longrightarrow I = \frac{\overline{P}}{A}$ $\left(\frac{w}{m^2}\right)$

$\overline{P}$: توان متوسط انتقال انرژی

A: مساحتی که صدا به آن برخورد می کند

✓ شدت صوت را با یک آشکارساز اندازه می گیرند.

مثال(کنکور ۹۵ رشته ی علوم تجربی):

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

۱) $2/5 \times 10^{-8}$ ۲) 10^{-8} **۳) 0.01** ۴) 0.25

$$I = \frac{E}{At} = \frac{1.5 \times 10^{-11}}{3 \times 10^{-4} \times 5} = 10^{-8}\,\frac{w}{m^2} = 10^{-2}\,\frac{\mu w}{m^2}$$

مثال:

توان یک منبع صوتی $30w$ است. شدت صوت حاصل از این منبع در فاصله‌ی ۵ متری منبع صوت چقدر است؟($\pi = 3$)

$P = 30w$

$r = 5m$

$I = ?$

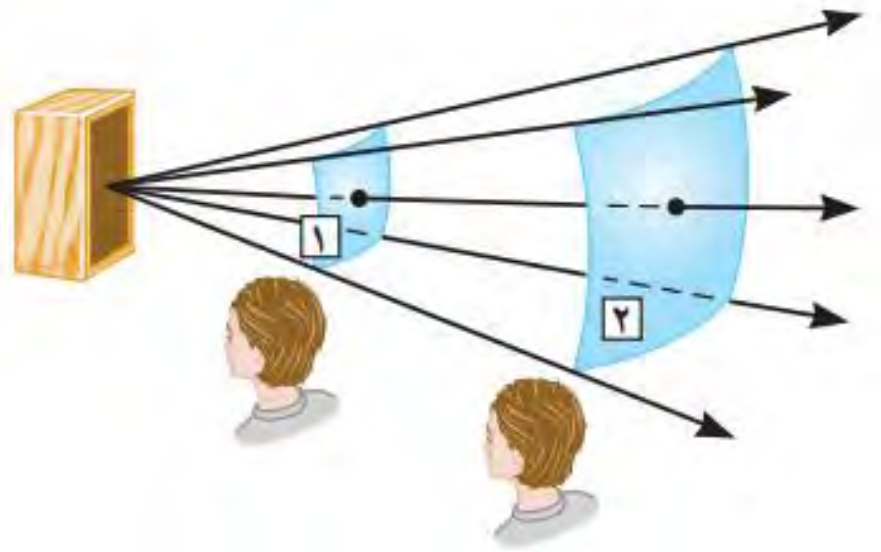
$$I = \frac{\overline{P}}{4\pi r^2} = \frac{30}{4 \times 3 \times 25} = \frac{1}{1000} \ \frac{w}{m^2}$$

رابطه های شدت صوت

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

مساحت کره $A = 4\pi r^2$

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



$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

وقتی چشمه صوت تغییر نمی کند
خواهد بود $P_1 = P_2$

$$\longrightarrow \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad \longrightarrow \quad \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

مثال:

شدت صوت یک سخنران در یک سالن در فاصله‌ی ۴متری از او برابر $10^{-6}\ \frac{w}{m^2}$ است. شدت صوت سخنران در فاصله‌ی ۲۰متری ، چقدر است؟(از جذب انرژی صوتی در هوا چشم‌پوشی می‌شود)

$r_1 = 4m$

$I_1 = 10^{-6}\ \frac{w}{m^2}$

$r_2 = 20m$

$I_2 = ?$

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \longrightarrow \frac{I_2}{10^{-6}} = \left(\frac{4}{20}\right)^2 \longrightarrow$$

$$\frac{I_2}{10^{-6}} = \frac{1}{25} \longrightarrow I_2 = \frac{1}{25} \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-8}\ \frac{w}{m^2}$$

تراز شدت صوت

- نسبت شدت های صوت در گستره ی شنوایی انسان، در حدود 10^{12} است. از $I_0 = 10^{-12}\frac{w}{m^2}$ که شدت صوت مرجع(آستانه ی شنوایی) نامیده می شود تا $I = 1\frac{w}{m^2}$ که آستانه ی دردناکی (صوت با شدت بیشتر از این مقدار، باعث درد گرفتن گوش می شود)نامیده می شود.

- به دلیل وسیع بودن گستره ی شدت هایی که می توانیم بشنویم، راحت تر آن است که از لگاریتم استفاده کنیم:

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0}$$ تراز شدت صوت (تراز صوتی)

- یکای تراز شدت صوت، دسی بل (dB) است.

- تراز شدت صوت مربوط به آستانه ی شنوایی($I_0 = 10^{-12}\frac{w}{m^2}$)، صفر است. $\beta_0 = 0$

مثال:

تراز شدت صوت برای شدت صوت $I = 10^{-5}\ \frac{w}{m^2}$ چند دسی‌بل است؟ $I_o = 10^{-12}\ \frac{w}{m^2}$

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} = 10log\frac{10^{-5}}{10^{-12}} = 10log10^{7} = 10 \times 7 = 70\ dB$$

$$log10^{n} = n$$

مثال(کنکور ۹۲ رشته ی ریاضی فیزیک):

شدت صوتی $3/2 \times 10^{-3}\ \frac{w}{m^2}$ است. تراز شدت این صوت چند دسی بل است؟

$(I_o = 10^{-12}\ \frac{w}{m^2}\ ,\ log\ 2 = 0/3)$

۱) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۸۵ ۴) ۹۵

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} = 10log\frac{3.2 \times 10^{-3}}{10^{-12}} = 10log(32 \times 10^8)$$

$$= 10log2^5 + 10log10^8 = 50log2 + 80log10 = 15 + 80 = 95\ dB$$

$$log(ab) = loga + logb$$

مثال:

تراز شدت صوت در صحبت کردن از فاصله‌ی یک متری، $40dB$ است. شدت صوت را برای آن حساب کنید.

$$I_0 = 10^{-12}\,\frac{w}{m^2}$$

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow 40 = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow 4 = log\frac{I}{I_0}$$

$$\longrightarrow log10^4 = log\frac{I}{I_0} \longrightarrow \frac{I}{I_0} = 10^4 \longrightarrow I = 10^{-12} \times 10^4$$

$$I = 10^{-8}\,\frac{w}{m^2}$$

مثال(کنکور ۹۰ رشته ی ریاضی فیزیک):

تراز شدت صوتی ۲۶ دسی‌بل است. شدت این صوت چند وات بر متر مربع است؟

$$(log\ 2 = 0/3\ ,I_o = 10^{-12}\ \frac{w}{m^2})$$

۱) 4×10^{-10} ۲) 2×10^{-4} ۳) 4×10^{-4} ۴) 42×10^{-10}

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow 26 = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow 2.6 = log\frac{I}{I_0}$$

$$\longrightarrow 2.6 = 2 + 2 \times 0.3 = log10^2 + 2 \times log2 = log10^2 + log2^2 = log400$$

$$\longrightarrow log400 = log\frac{I}{I_0} \longrightarrow \frac{I}{I_0} = 400 \longrightarrow I = 400 \times 10^{-12}\ \frac{w}{m^2}$$

رابطه ی مقایسه ای برای تراز شدت صوت

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} \longrightarrow \Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10log\frac{I_2}{I_1}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10log\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

تمرین ۳ـ۷

با زیاد کردن صدای تلویزیونی، شدت صوتی که به گوش ما می‌رسد ۱۰۰ برابر می‌شود. تراز شدت صوتی که می‌شنویم چند دسی‌بل افزایش یافته است؟

$$\frac{I_2}{I_1} = 100 \qquad \Delta\beta = 10log\frac{I_2}{I_1} = 10log100 = 10 \times 2 = 20dB$$

$$\Delta\beta = ?$$

مثال(کنکور ۹۹ رشته ی علوم تجربی)

اگر با زیاد کردن دامنه ی یک صوت، شدت صوتی که به گوش می رسد، ۱۰۰۰ برابر شود، تراز شدت صوتی که می شنویم، چگونه تغییر می کند؟

۱) ۳۰ برابر می شود

۲) ۳ برابر می شود.

۳) ۳۰ دسی بل افزایش می یابد.

۴) ۳ دسی بل افزایش می یابد.

$$\frac{I_2}{I_1} = 1000 \qquad \Delta\beta = 10log\frac{I_2}{I_1} = 10log1000 = 10 \times 3 = 30dB$$

مثال:

در فاصله‌ی $20\ m$ از یک چشمه‌ی صوت، تراز شدت صوت $40\ dB$ است. در چه فاصله‌ای از این چشمه می توان صوت را به زحمت شنید؟

(از جذب صوت به‌وسیله‌ی هوا چشم‌پوشی کنید.)

$r_1 = 20m$

$\beta_1 = 40\ dB$

آستانه شنوایی $\beta_2 = 0$

$r_2 = ?$

$$\beta_1 - \beta_2 = 10log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$40 - 0 = 10log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$4 = log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = log10^4$$

$$\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = 10^4$$

$$\frac{r_2}{r_1} = 10^2$$

$$r_2 = 20 \times 100$$

$$r_2 = 2000\ m$$

$$log10^4 = 4$$

مثال(کنکور۹۹ رشته ریاضی فیزیک):

دو شخص به فاصله های d_1 و d_2 از یک چشمه ی صوت قرار دارند. شخصی که در فاصله ی d_1 قرار دارد، صدا را ۱۸ دسی بل بلند تر می شنود. $\frac{d_2}{d_1}$ کدام است؟ ($log2 = 0/3$ و از جذب انرژی صوت توسط محیط صرف نظر شود.)

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۹ ۴) ۱۶

$$\beta_1 - \beta_2 = 18\ dB \qquad \beta_1 - \beta_2 = 10log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \longrightarrow 18 = 10log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \longrightarrow$$

$$1.8 = log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \longrightarrow 6 \times 0.3 = 6 \times log2 = log2^6 \longrightarrow log64 = log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

$$\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = 64 \longrightarrow \frac{d_2}{d_1} = 8$$

ادراک شنوایی

تُن موسیقی: صوت حاصل از چشمه هایی که حرکت هماهنگ ساده انجام می دهند(مانند دیاپازون)

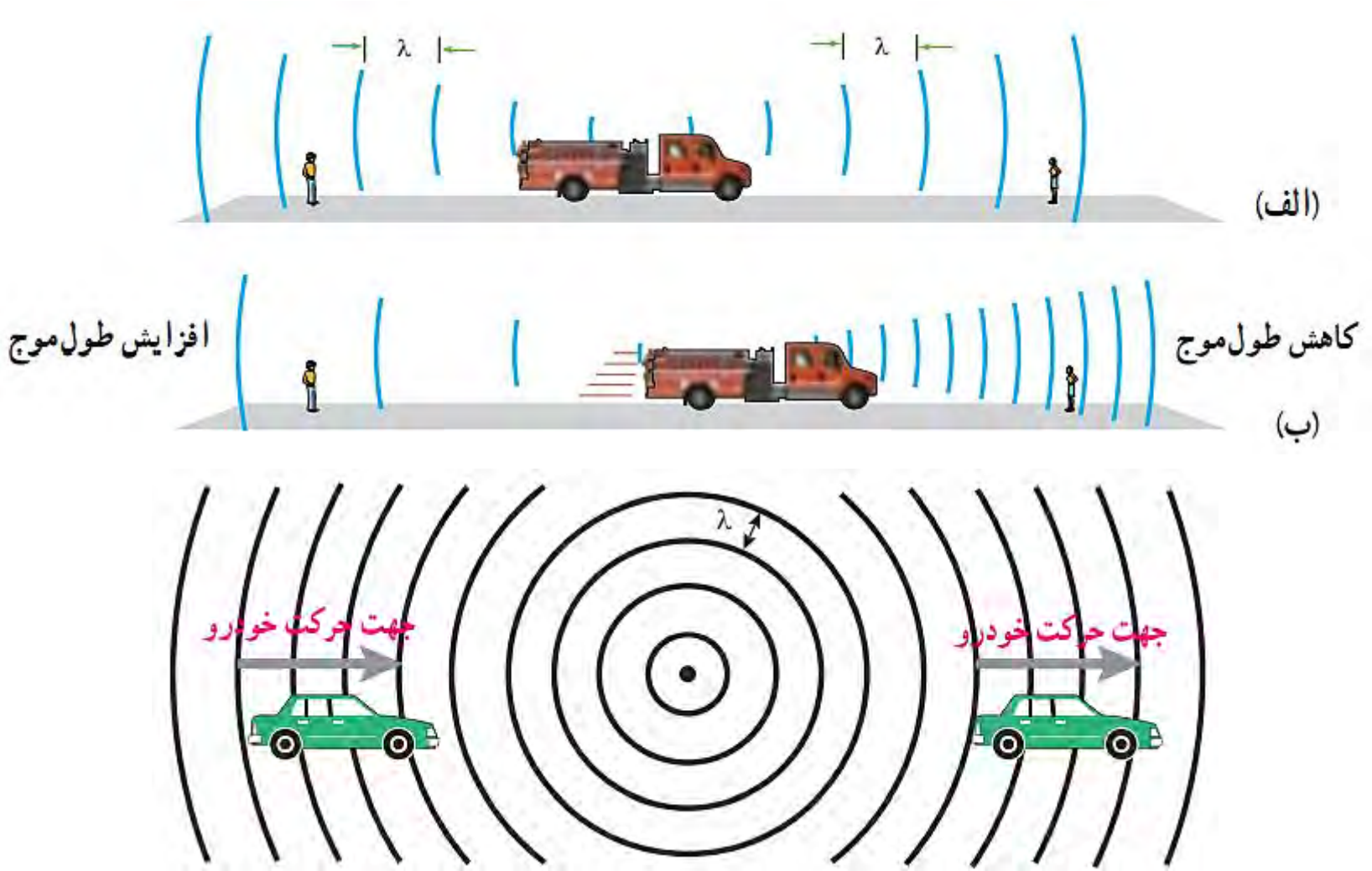
- ✓ با شنیدن هر تُن، دو ویژگی صوت را می توان تشخیص داد: ارتفاع و بلندی صوت
- ✓ ارتفاع و بلندی صوت هردو به ادراک شنوایی ما مربوط می شوند.
- ✓ ارتفاع، بسامدی است که گوش انسان درک می کند.
- ✓ بلندی، شدتی است که گوش انسان از صوت درک می کند.

ادراک شنوایی

- ✓ بلندی با شدت متفاوت است. شدت را می توان با آشکارساز اندازه گرفت اما بلندی چیزی است که ما حس می کنیم.
- ✓ حساسیت دستگاه شنوایی انسان به بسامد های مختلف، متفاوت است. بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامد های بین ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ هرتز است.
- ✓ گوش انسان قادر به شنیدن تُن های (بسامد های) صدای ۲۰ هرتز تا ۲۰۰۰۰ هرتز است.

اثر دوپلر

✓ به تغییر بسامد موجی که به ناظر می رسد در اثر حرکت چشمه ی موج یا ناظر اثر دوپلر می گویند



اثر دوپلر

- ✓ وقتی ناظر و چشمه به هم نزدیک می شوند، بسامد موجی که به ناظر می رسد، بیشتر از بسامد تولید شده است.
- ✓ وقتی ناظر و چشمه از هم دور می شوند، بسامد موجی که به ناظر می رسد، کمتر از بسامد تولید شده است.
- ✓ اثر دوپلر نه تنها برای امواج صوتی بلکه برای امواج الکترومغناطیسی نیز برقرار است.

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته های علوم تجربی و ریاضی فیزیک

بازتاب موج

محمد حسین پاک طینت

بهمن ماه ۹۹

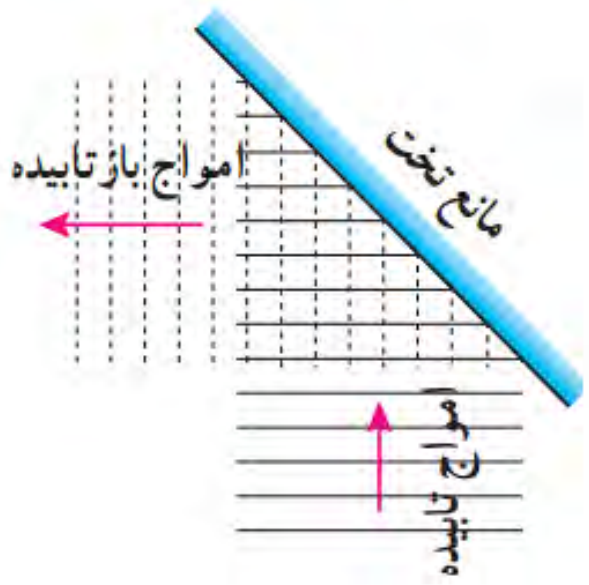
بازتاب امواج مکانیکی

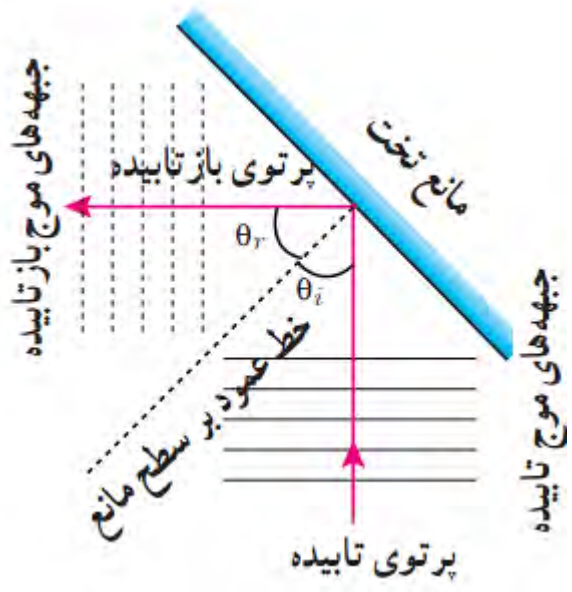
بازتاب یک بعدی: بازتاب از انتهای ثابت طناب

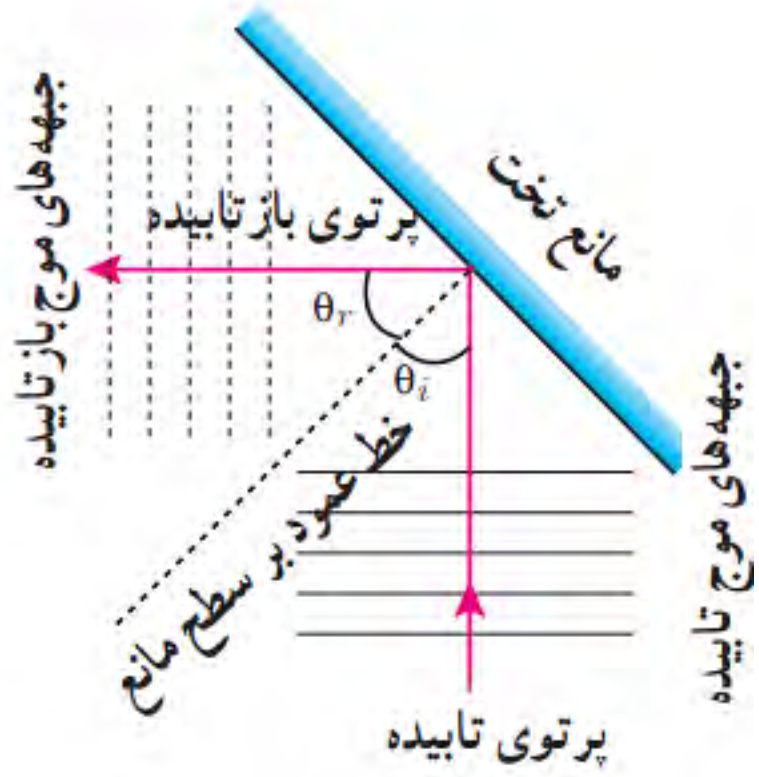
✓ تپ بازتابیده در جهت مخالف تپ تابیده شده حرکت می کند.

بازتاب دو بعدی: بازتاب امواج روی سطح آب

نمودار پرتوی: یک پرتو، پیکان مستقیمی عمود بر جبهه های موج است که جهت انتشار را نشان می دهد.





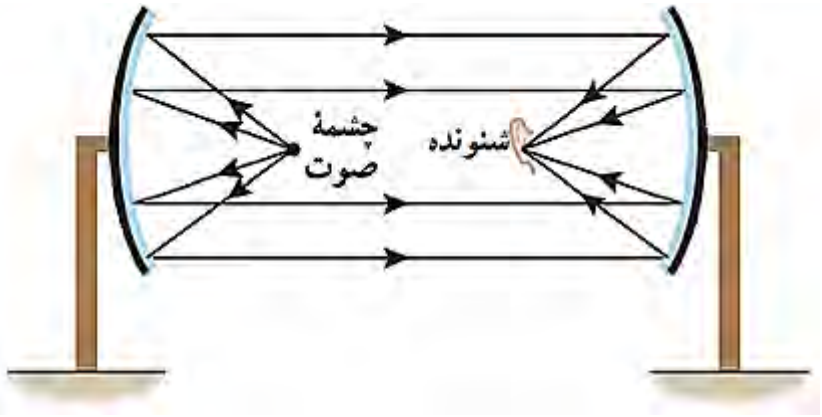


زاویه تابش(θ_i) : زاویه بین خط عمود و پرتو تابش(فرودی)

زاویه بازتابش(θ_r): زاویه ی بین خط عمود و پرتو بازتاب

قانون بازتاب عمومی: $\theta_i = \theta_r$

بازتاب سه بعدی: بازتاب امواج صوتی از یک سطح سخت مانند دیوار



✓ بازتاب صوت نیز از قانون بازتاب عمومی پیروی می کند.

✓ امواج صوتی نیز مانند سایر امواج، از سطوح خمیده نیز بازتاب می شوند.

پژواک: بازتاب صوت که با یک تاخیر زمانی، به گوش شنونده ای برسد که صوت اولیه را مستقیما می شنود.

✓ اگر تاخیر زمانی کمتر از $0.1\ s$ باشد، گوش انسان نمی تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تشخیص دهد.

مکان یابی پژواکی: روشی است که بر اساس امواج صوتی بازتابیده از یک جسم، مکان آن را تعیین کند.

✓ خفاش، از مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر، برای تعیین مکان اجسام متحرک و تندی آنها استفاده می کند.

✓ برای تعیین تندی شارش خون(گویچه های قرمز) در رگ ها نیز از مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر استفاده می شود.

✓ در دستگاههای سونار در کشتی ها و نیز در سونوگرافی نیز از مکان یابی پژواکی استفاده می شود.

تمرین ۳ـ۸

کمترین فاصلهٔ بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ تندی صوت در هوا را ۳۴۰ m/s در نظر بگیرید.

حد اقل تاخیر زمانی بین دو صوت $\Delta t = 0.1\ s$

$v = 340 \frac{m}{s}$

$\Delta x = ?$

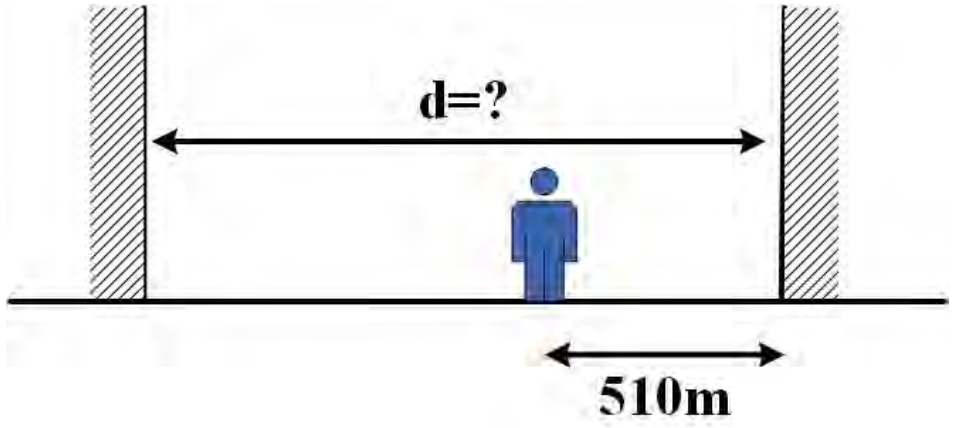
$$\Delta x = v\Delta t = 340 \times 0.1 = 34\ m$$

✓ مسافت رفت و برگشت صوت، ۳٤ متر است. پس فاصله تا دیوار برابر با ۱۷ متر خواهد بود.

مثال(کنکور ۹۸ تجربی):

شخصی بین دو صخره ی قائم و موازی ایستاده است و فاصله اش از صخره ی نزدیک تر ۵۱۰ متر است. اگر این شخص فریاد بزند، اولین پژواک صدای خود را ۳ ثانیه‌ی بعد می شنود و پژواک دوم را یک ثانیه پس از آن می شنود. فاصله‌ی بین دو صخره چند متر است؟

۱) ۱۳۶۰ ۲) ۱۱۹۰ ۳) ۱۰۲۰ ۴) ۸۵۰



زمان رفت(یا برگشت)از صخره نزدیک $t_1 = 1.5\ s$

$$v = \frac{\Delta x_1}{\Delta t} = \frac{510}{1.5} = 340\,\frac{m}{s}$$

زمان رفت(یا برگشت)از صخره دورتر $t_2 = 2s$

$$\Delta x_2 = v t_2 = 340 \times 2 = 680\ m$$

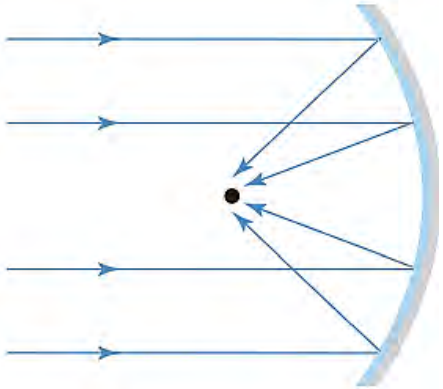
$$d = 680 + 510 = 1190\ m$$

بازتاب امواج الکترومغناطیسی

- بازتاب امواج الکترومغناطیسی نیز از قانون بازتاب عمومی پیروی می کند.

- امواج تابیده شده به یک سطح کاو، پس از بازتابش در یک نقطه کانونی می شوند.(بازتاب در سه بعد)

- برای دریافت امواج رادیویی و یا اجاق های خورشیدی نیز از یک سطح کاو برای کانونی کردن امواج الکترومغناطیسی استفاده می شود.



- در رادارهای دوپلری از امواج الکترومغناطیسی برای مکان یابی پژواکی استفاده می شود.

بازتاب امواج الکترومغناطیسی

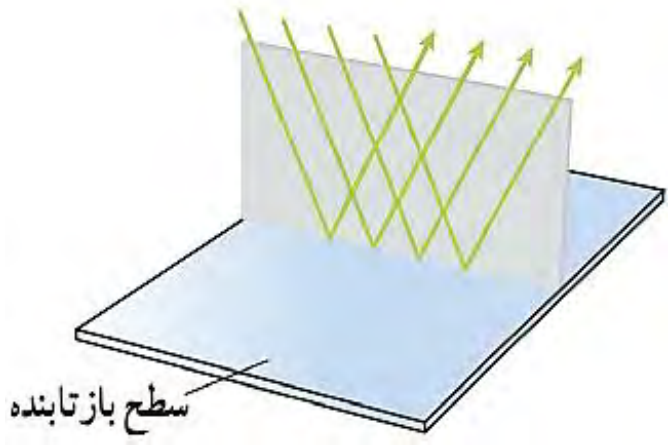
✓ نور مرئی نیز از قانون بازتاب عمومی پیروی می کند.

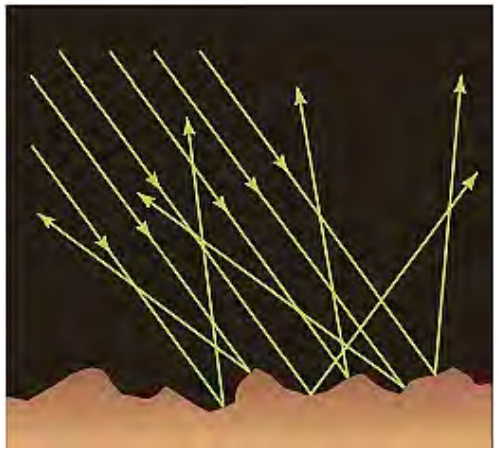
✓ در بازتاب نور مرئی، مانند سایر امواج، پرتوی تابش، پرتوی بازتاب و خط عمود بر سطح در یک صفحه اند.

بازتاب منظم(آینه ای): سطح بازتاب کننده ی نور بسیار هموار باشد.

بازتاب نامنظم(پخشنده): وقتی نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد.

✓ دلیل این که می توانیم اجسام دیگر را در هر جهتی ببینیم، بازتاب نامنظم است.





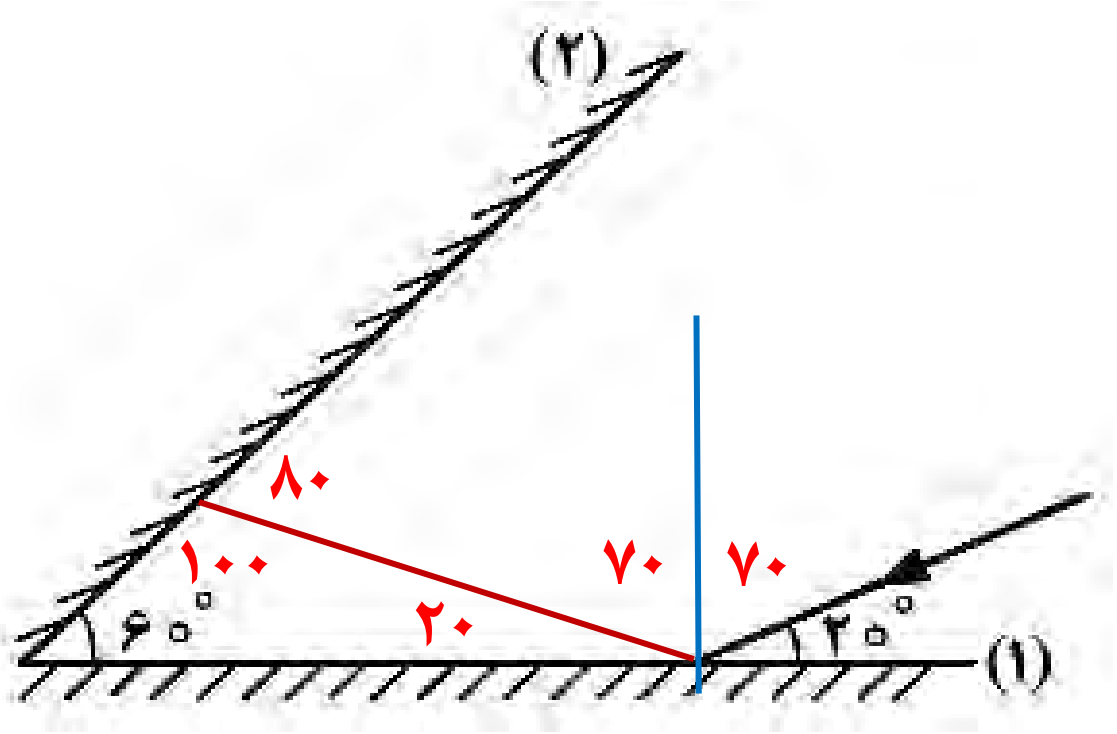
بازتاب امواج الکترومغناطیسی

- منظور از سطح ناهموار، آن است که در مقایسه با طول موج نور، ناهموار است.

- طول موج نور مرئی، حدود 0.5 میکرون است. سطح کاغذ که ناهمواری های بزرگتر از یک میکرون دارد، سطح ناهموار محسوب می شود. اما ناهمواری های سطح آینه، خیلی کمتر از یک میکرون است. پس آینه برای نور مرئی سطح هموار محسوب می شود.

مثال(کنکور ۹۳ تجربی):

مطابق شکل زیر، پرتو نوری با سطح آینه تخت ۱ زاویه ی ۲۰ درجه می سازد. این پرتو در اولین برخورد به آینه ی ۲، با سطح آن آینه زاویه ی چند درجه می سازد؟



۱) ۱۰

۲) ۲۰

۳) ۷۰

۴) ۸۰

مثال(کنکور ۹۸ ریاضی)

مطابق شکل زیر، پرتو نوری به آینه ی ۱ می تابد و پس از بازتاب، به آینه ی ۲ برخورد می کند.

اگر امتداد پرتو تابش آینه ی ۱ با امتداد پرتو بازتاب آینه ی ۲ زاویه ی ۱۰۰ درجه بسازد،

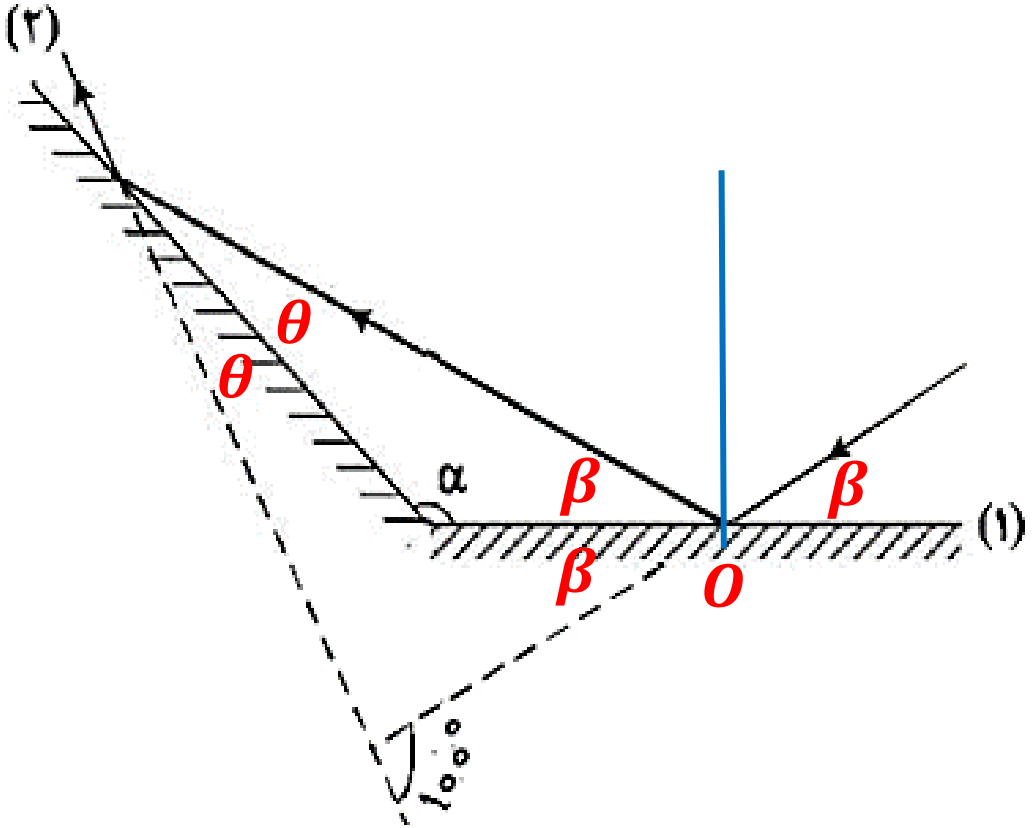
αچند درجه است؟

۱) ۱۰۰

۲) ۱۲۰

۳) ۱۳۰

۴) ۱۴۰



$$2\theta + 2\beta = 100$$

$$\theta + \beta = 50$$

$$\alpha + \beta + \theta = 180$$

$$\alpha = 130$$

به نام خدا

فیزیک دوازدهم

رشته های علوم تجربی و ریاضی فیزیک

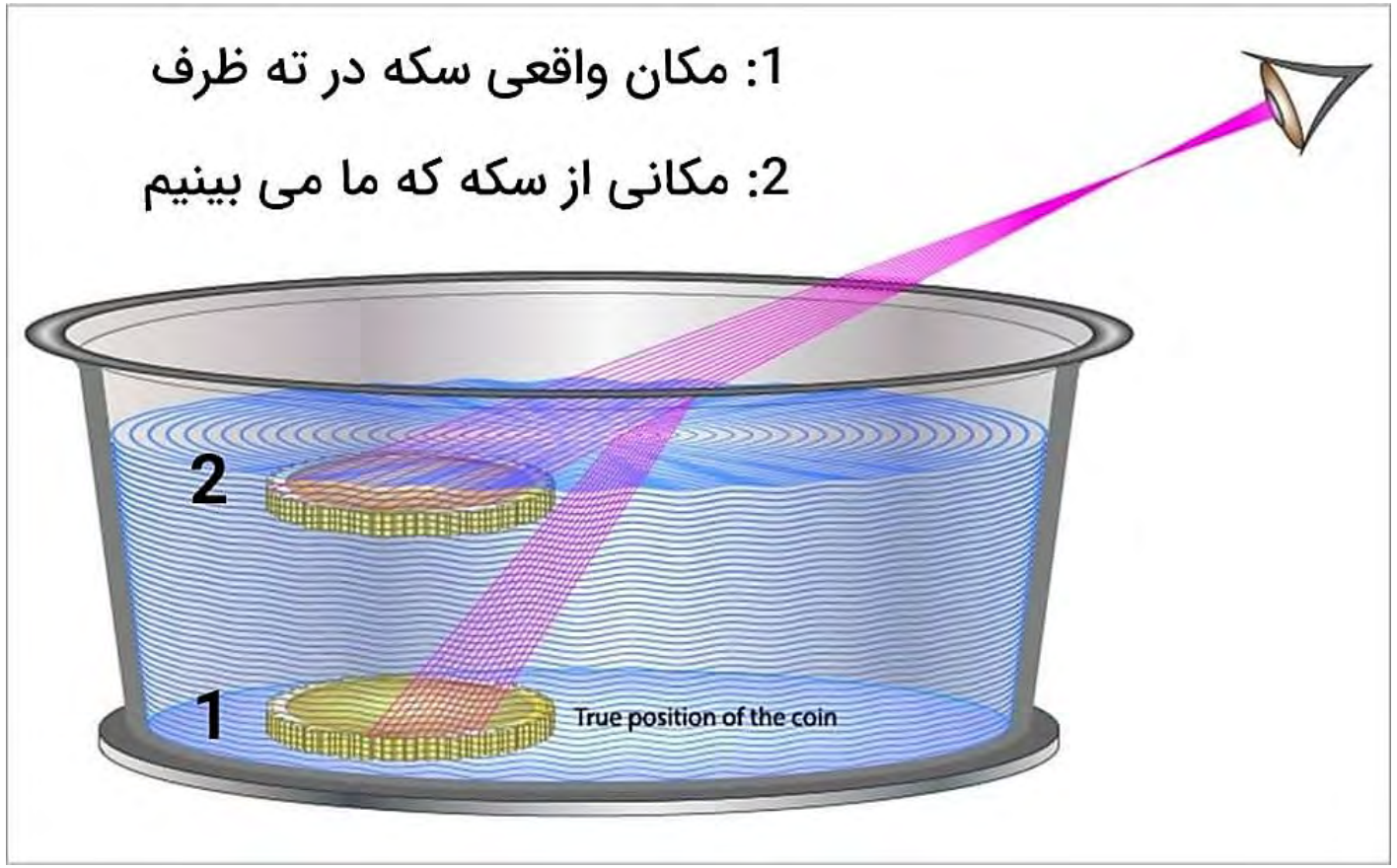
شکست موج

محمد حسین پاک طینت

بهمن ماه ۹۹

شکست موج

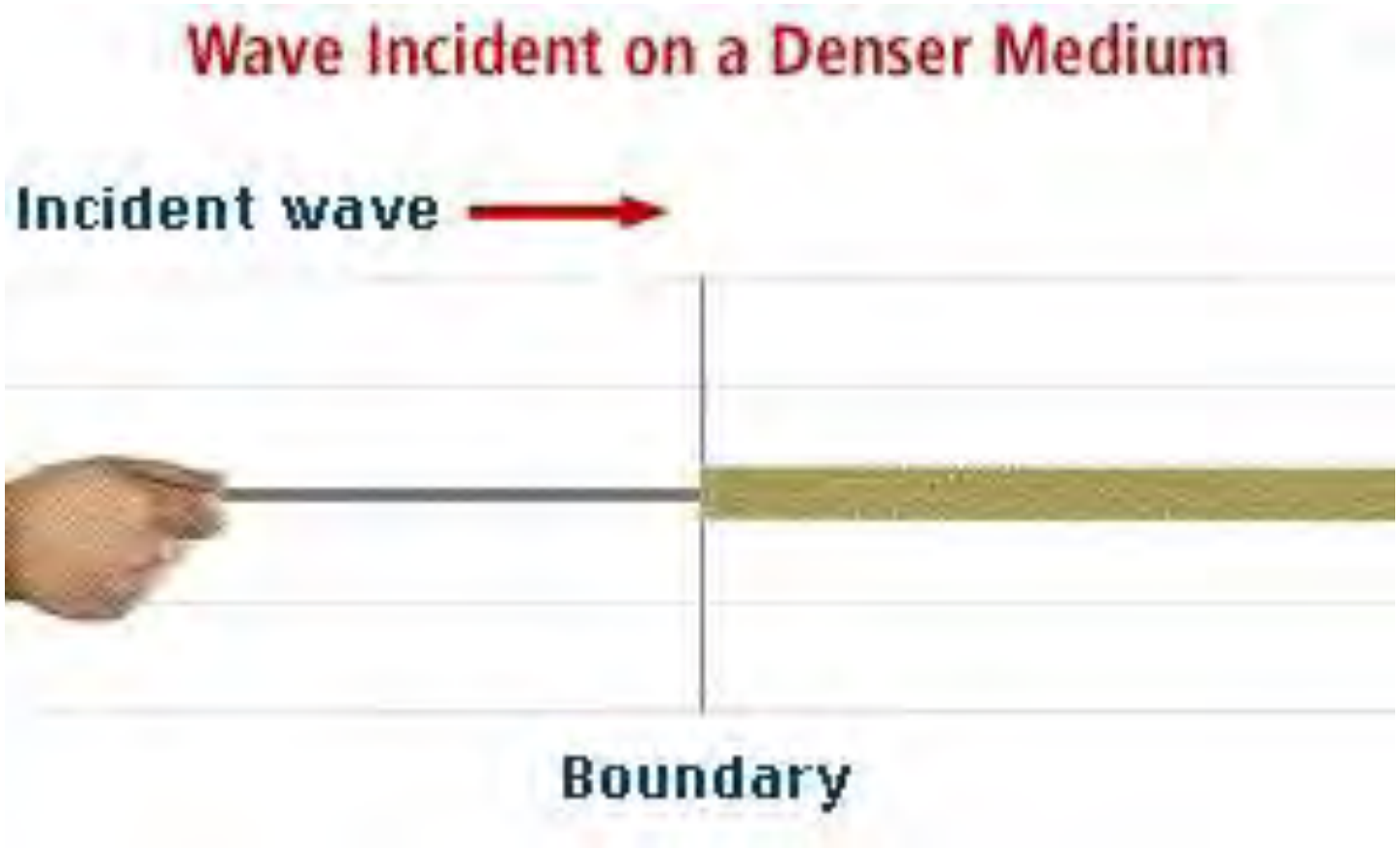
❖ نوعی از برهم کنش امواج با محیط است که بر اثر آن، جهت پیشروی موج در ورود به محیط جدید تغییر می کند.



شکست موج

✓شکست برای امواج صوتی نیز رخ می دهد.

✓وقتی موج به مرز جدایی دو محیط می رسد، بخشی از آن بازتابیده می شود و بخشی دیگر عبور می کند.



شکست موج

✓ بسامد موج بازتابیده و موج عبوری با بسامد موج فرودی یکی است که توسط چشمه موج تعیین می شود.

✓ وقتی موج وارد محیط دوم می شود، سرعت انتشار موج تغییر می کند و در نتیجه طول موج نیز تغییر خواهد کرد:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{\text{بسامد ثابت می ماند}} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

مثال(خرداد۹۸ تجربی)

طول موج نور قرمز لیزر در هوا حدود $630nm$ و در محیط شیشه حدود $420nm$ است. تندنی این نور در شیشه را محاسبه کنید. (تندی نور در هوا را $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ فرض کنید)

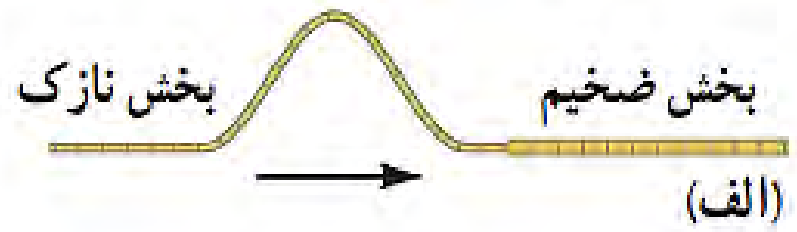
$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \longrightarrow \frac{420}{630} = \frac{v_2}{3 \times 10^8}$$

$$\longrightarrow \quad v_2 = \frac{420 \times 3 \times 10^8}{630} = 2 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

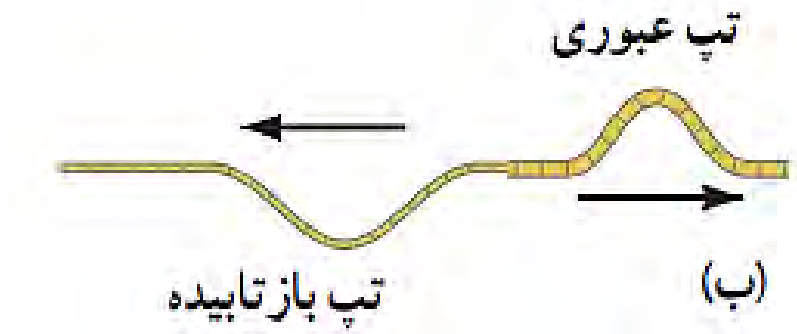
پرسش ۳ـ۸

اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول‌موجِ موجِ عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می‌کند؟

بسامد ⟵ ثابت می ماند (بسامد موج از ویژگیهای چشمه موج است.)



تندی ⟵ افزایش می یابد $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$



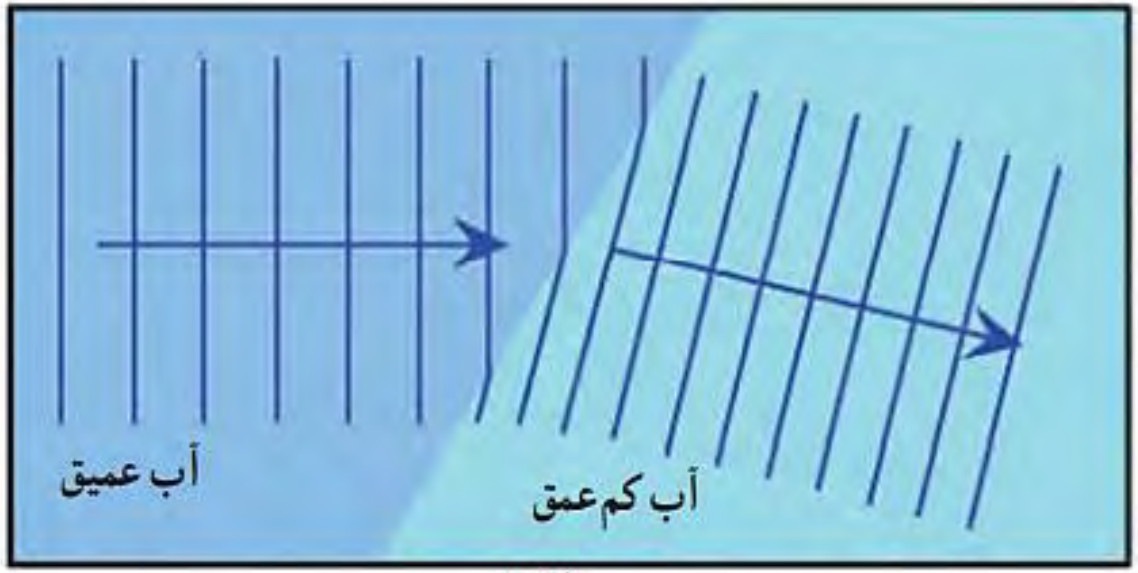
طول موج ⟵ افزایش می یابد $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$

شکست امواج روی سطح آب

✓ تندی امواج روی سطح آب به عمق آب بستگی دارد. هرچه عمق کمتر شود، تندی موج نیز کاهش می یابد.

✓ هنگام نزدیک شدن امواج به ساحل شیبدار، چون عمق آب کم می شود، پس تندی موج نیز کاهش می یابد و موج شکسته می شود(جهت انتشار جبهه های موج تغییر می کند).

(ب)

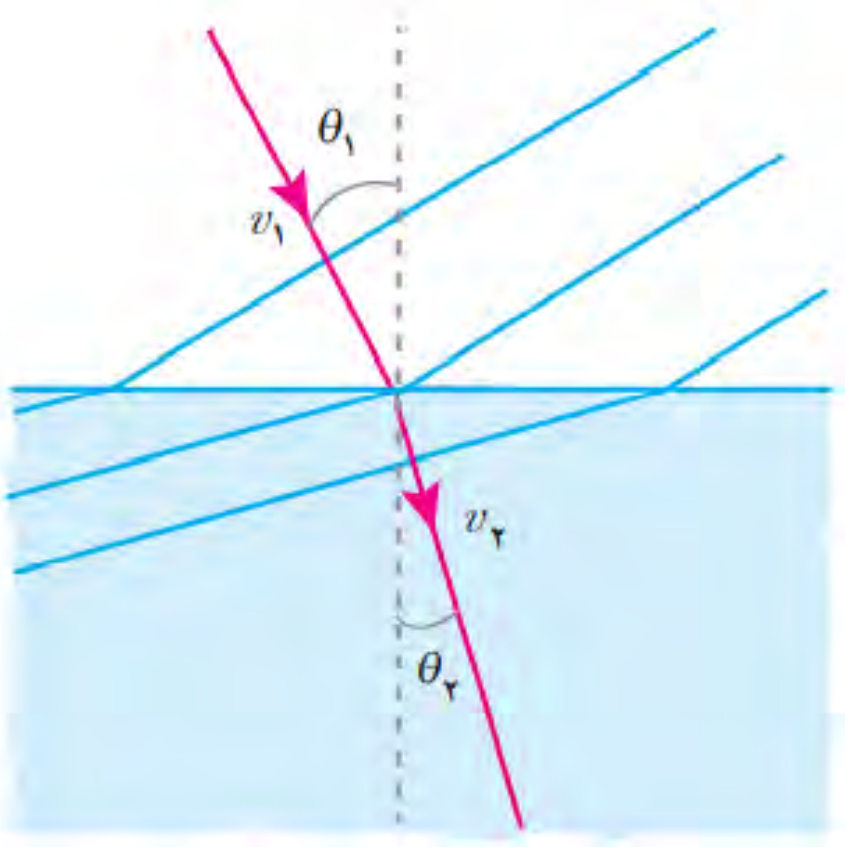


(الف)

قانون شکست عمومی

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

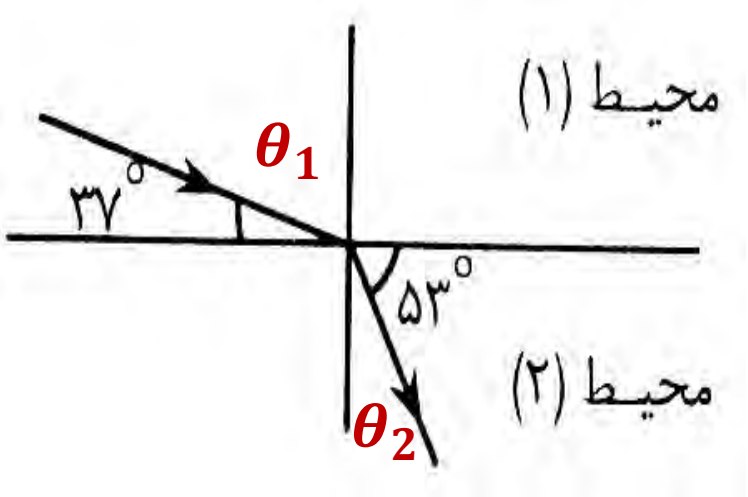
$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \longrightarrow \frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$



✓ بین θ_1 و θ_2 ، زاویه ی بزرگتر در محیط رقیق تر (با سرعت انتشار بیشتر) قرار دارد.

مثال:

در شکل زیر ، شعاع نورانی SI از محیط ۱ وارد محیط ۲ شده است. زاویه‌ی شکست چند درجه است و سرعت نور در کدام محیط بیشتر است؟



$$\theta_1 = 53$$

$$\theta_2 = 37$$

✓ $\theta_2 < \theta_1$ پس محیط ۱ رقیق تر است و سرعت نور در آن بیشتر است.

مثال(شهریور۹۸ریاضی):

پرتو نوری از درون شیشه با زاویه ی تابش ۳۰ درجه وارد محیط شفاف دیگری می شود. اگر زاویه ی شکست این پرتو در محیط دوم برابر با ۴۵ درجه و تندی نور در شیشه $2 \times 10^8 \frac{m}{s}$ باشد، تندی نور در محیط دوم چقدر است؟ $(\sin ۳۰^\circ = \frac{۱}{۲} \ , \ \sin ۴۵^\circ = \frac{\sqrt{۲}}{۲})$

$\theta_1 = 30$

$\theta_2 = 45$

$v_1 = 2 \times 10^8 \frac{m}{s}$

$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \longrightarrow \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{v_2}{2 \times 10^8}$$

$$v_2 = 2\sqrt{2} \times 10^8 \frac{m}{s}$$

مثال(کنکور۹۹ریاضی):

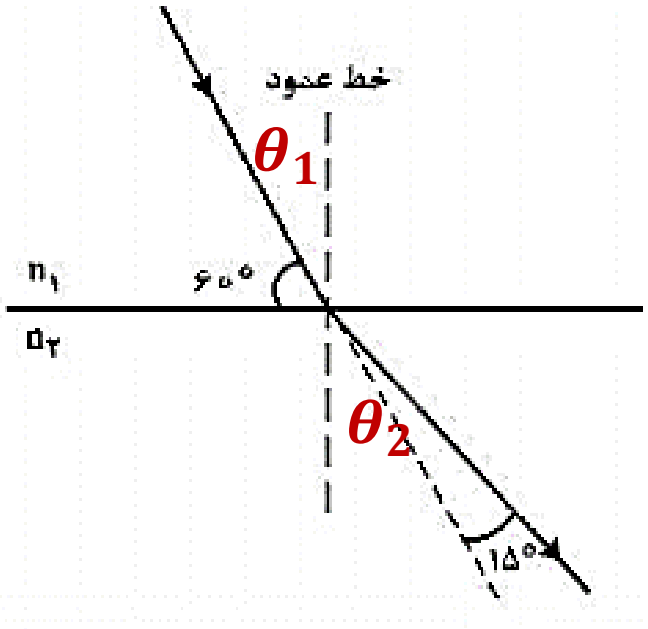
مطابق شکل زیر، پرتو نوری از محیط ۱ وارد محیط ۲ می شود. طول موج نور در محیط ۲ چند برابر طول موج نور در محیط ۱ است؟

۱) $\sqrt{2}$

۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۳) ۲

۴) $\frac{1}{2}$



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

$\theta_1 = 30$

$\theta_2 = 45$

$$\frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \longrightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{2}$$

ضریب شکست یک محیط شفاف: نسبت تندی نور در خلأ به تندی نور در محیط شفاف

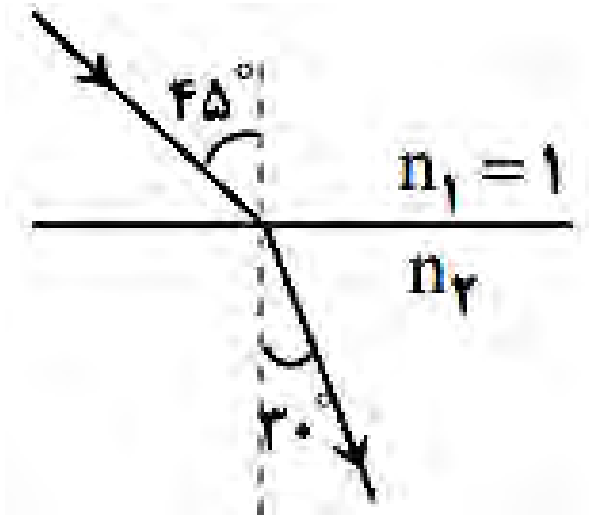
$$n = \frac{c}{v} \quad \text{و} \quad c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \longrightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

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

$$n_1 sin\theta_1 = n_2 sin\theta_2$$

قانون شکست اسنل

مثال(شهریور۹۹ ریاضی):



مطابق شکل، پرتو نوری از هوا وارد محیط شفافی می شود.

الف – ضریب شکست محیط شفاف چقدراست؟

ب – تندی نور را در محیط شفاف حساب کنید.

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

الف

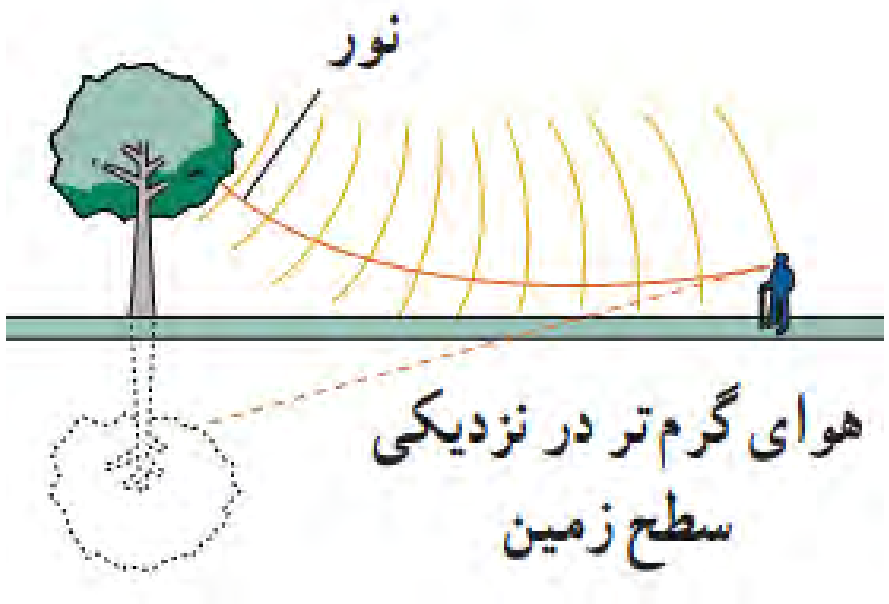
$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \longrightarrow \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{1}{n_2} \longrightarrow n_2 = \sqrt{2}$$

ب

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} \longrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{v_2}{3 \times 10^8} \longrightarrow v_2 = \frac{3}{\sqrt{2}} \times 10^8 \frac{m}{s}$$

سراب

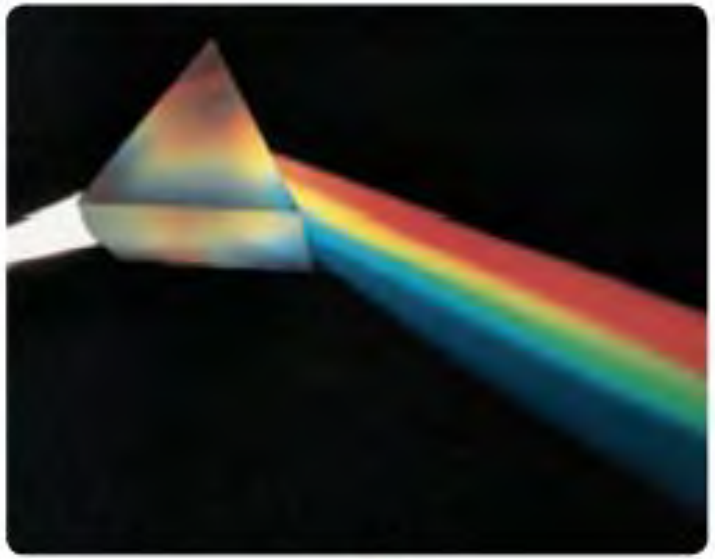
- هرچه دمای هوا بیشتر باشد، چگالی آن کمتر می شود و ضریب شکست آن نیز کاهش می یابد.
- جبهه های موجی که به سمت پایین می آیند را در نظر بگیرید. هر چه بیشتر پایین می آیند، ضریب شکست هوا کمتر می شود و پرتو ها به سمت افق خم بر می شوند. در نزدیکی سطح زمین، تقریبا افقی می شوند و در نهایت به سمت بالا خم بر می دارند.اگر بخشی از این نور به چشم ما برسد، به نظر می آید که این پرتو ها از سطح زمین آمده اند.



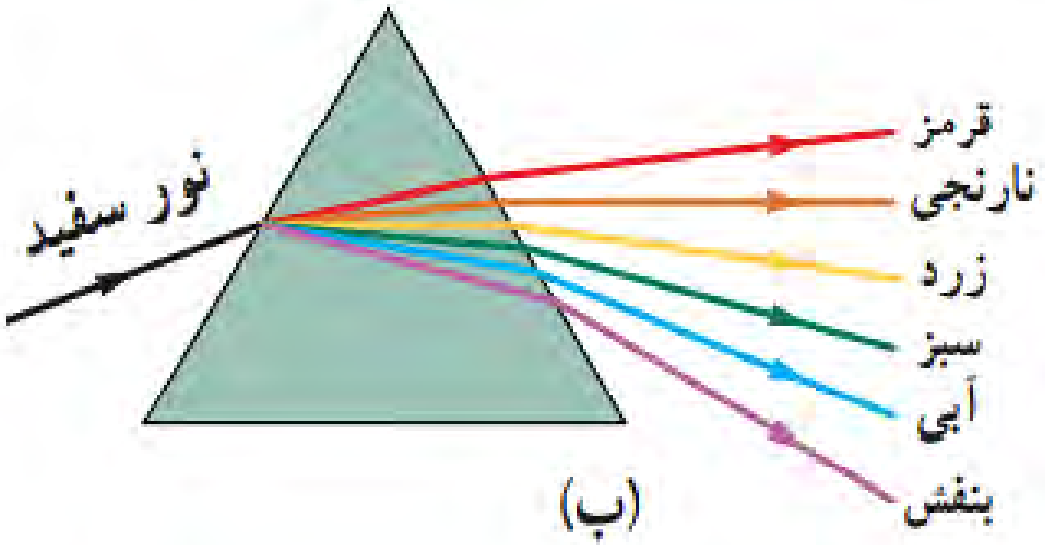
پاشندگی نور: تجزیه نور به رنگهای مختلف بوسیله ی منشور

✓علت پدیده ی پاشندگی این است که ضریب شکست هر محیط(بجز خلأ) به طول موج نور فرودی بستگی دارد.

✓ضریب شکست یک محیط معین، برای طول موجهای کوتاه تر، بیشتر است. مثلا ضریب شکست برای باریکه ی نور آبی، بیشتر از نور قرمز است.



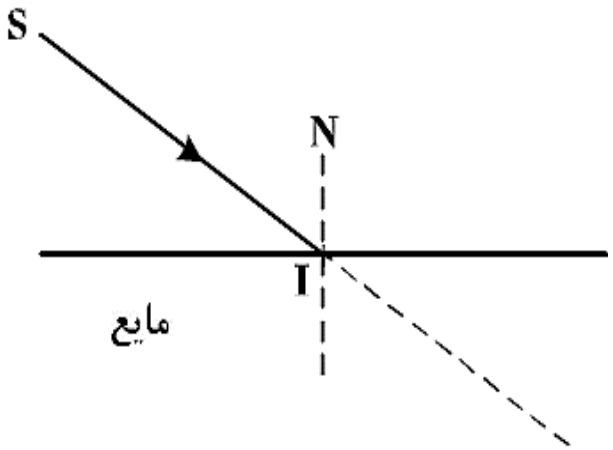
(الف)



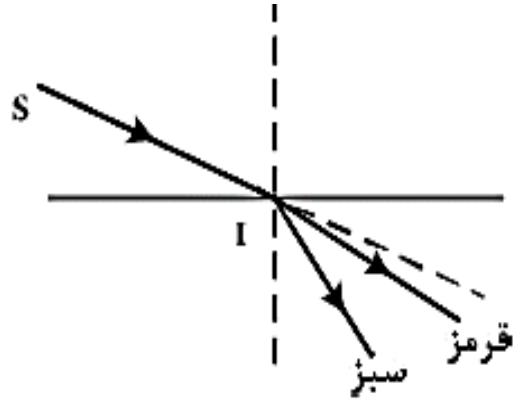
(ب)

مثال(کنکور ۹۸ ریاضی):

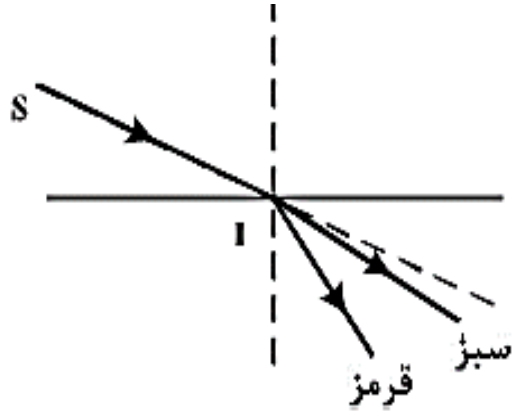
در شکل زیر، پرتو فرودی SI شامل نورهای تکفام قرمز و سبز است که از هوا وارد یک مایع شفاف می شود. کدام یک از شکل های زیر مسیر شکست نور را درست نشان می دهد؟



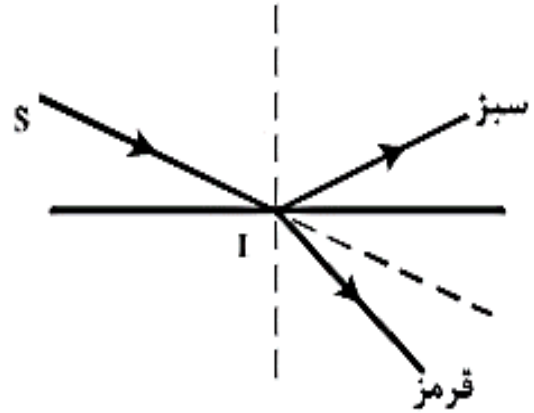
(۱)



(۲)



(۳)



(۴)