نوسان و امواج

Dr:B.Barati
09163014685

۱)اهمیت قوانین فیزیکی نوسان و موج در طراحی و ساخت برج های بلند

۲) اهمیت نصب آونگ در طبقات بالایی برج جهت کاهش نوسان های احتمالی

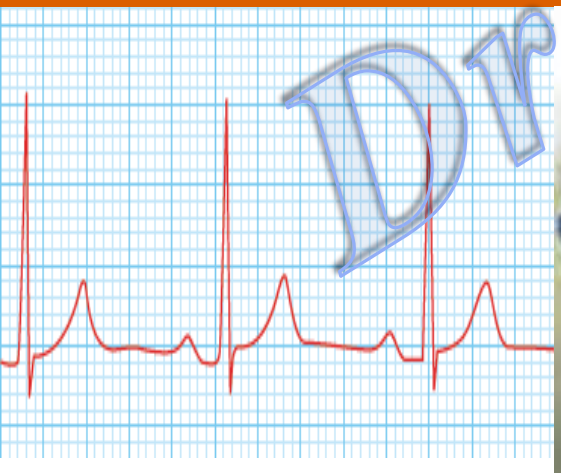
نوسان ها

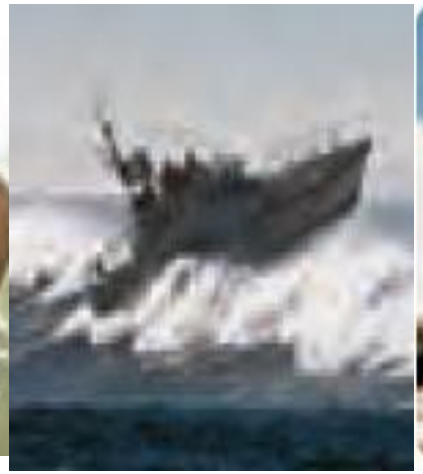
الف) دوره ای ← مثال مشهور حرکت هماهنگ ساده

ب) غیر دوره ای

تعریف نوسان های دوره‌ای: نوسان هایی که در زمانهای مساوی و متوالی عیناً تکرار شوند نوسان دوره‌ای گویند. مانند حرکت ماه به دور زمین، حرکت یک آونگ، وزنه متصل به فنر، ضربان قلب انسان.

Dr.B.Barati





بسامد (فرکانس): تعداد نوسانات کامل در واحد زمان را فرکانس گویند

$$f_{(Hz)} = \frac{n}{t}$$

دوره تناوب (T): زمان یک نوسان کامل را دوره تناوب گویند.

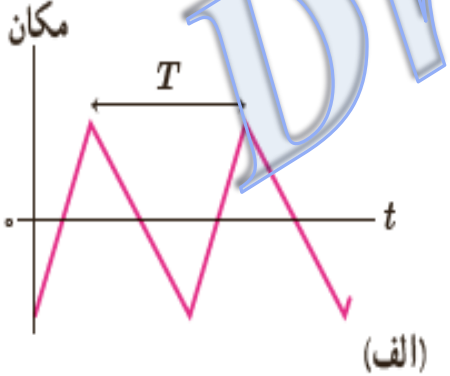
$$T_{(s)} = \frac{t}{n}$$

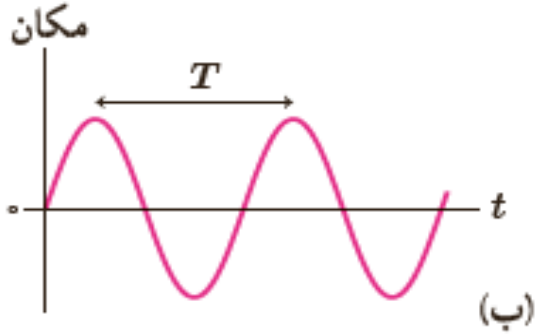
نکته: رابطه بین T ، f و ω

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

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

نمودارهای مکان-زمان دو نوسان دوره ای مطابق شکل های مقابل می باشد که نمودار (ب) بصورت سینوسی تغییر می کند





Dr:B.Barati

حرکت هماهنگ ساده، مبنایی برای درک هر نوع نوسان دوره ای می باشد زیرا نوسان دوره ای را می توان مجموعه ای از نوسان های سینوسی در نظر گرفت

حرکت هماهنگ ساده(SHM): حرکتی است روی پاره خط تقریباً راست، در دو طرف نقطه وسط آن با شتابی متناسب با فاصله نوسانگر از مرکز نوسان، بطوریکه جهت شتاب متوجه مرکز نوسان می‌باشد.

مکان نوسانگر(x): به فاصله نوسانگر در هر لحظه نسبت به مرکز نوسان را مکان نوسانگر یا بعد نوسانگر گویند.

نوسانگر: جسمی که حرکت نوسانی انجام دهد نوسانگر(نوسان کننده) نام دارد مانند جرم متصل به فنر

Dr:B.Barati

مکان(بعد)اولیه (x_0) : مکان نوسانگر در لحظه $t=0$ را بعد اولیه(مکان اولیه) گویند.

دامنه نوسان(A): بیشترین فاصله نوسانگر از مرکز نوسان را دامنه نوسان گویند.

$$A = \frac{\text{طول پاره خط نوسان}}{2}$$

فاز حرکت ($\theta = \omega t$): زاویه ای که در هر لحظه مکان نوسانگر را مشخص می کند.

نکته: رابطه بین نوسانات کامل

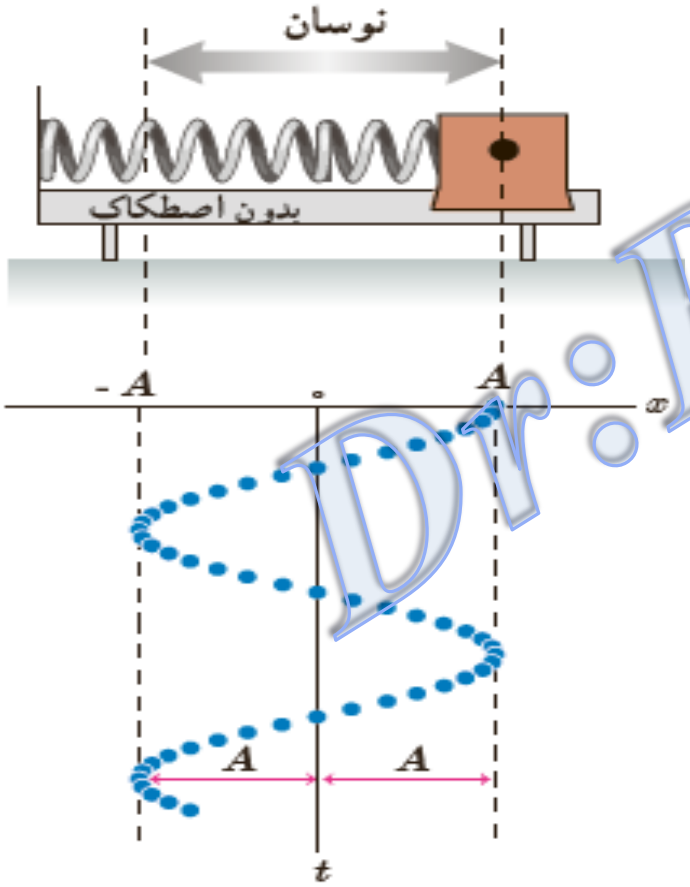
$$\text{یا } n = \frac{\text{تعداد رفت و برگشت ها}}{2} \text{ نوسانات کامل}$$

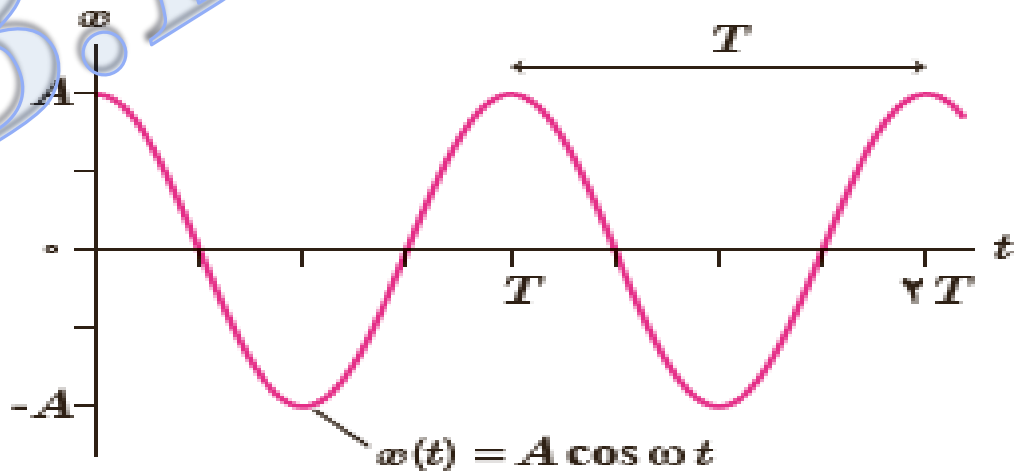
$$n = \frac{\text{تعداد نوسانات ساده}}{2}$$

Dr:B.Barati

معادله مکان-زمان نوسانگر: هرگاه نوسانگری مطابق شکل در حال انجام حرکت رفت و برگشت روی سطح افقی بدون اصطکاک بین دو نقطه $x=+A$ و $x=-A$ باشد. با این فرض که حرکت در لحظه $t=0$ از انتهای مسیر یعنی $x=+A$ شروع شود معادله مکان –زمان نوسانگر مطابق زیر است

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





نمودار مکان-زمان نوسانگر

Dr.B.Barati

نکته : وقتی نوسانگر در موقعیت $x=\pm A$ قرار دارد سرعت آن در این نقاط صفر می باشد و متحرک در حال بازگشت به مرکز نوسان می باشد و به این دونقطه ، نقاط بازگشت گویند

در جهت محور حرکت

$$V_{max} = \pm A\omega$$

خلاف جهت محور حرکت

نکته:وقتی نوسانگر در حال عبور از نقطه تعادل است اندازه سرعت آن بیشینه می باشد

نکته : روابط مستقل از زمان در حرکت نوسانی هماهنگ ساده

$(\frac{x}{A})^2 + (\frac{V}{V_{max}})^2 = 1$	$V = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$

Dr:B.Barati

مثال : نوسانگری در هر ۴ ثانیه، ۱۰ بار طول مسیر ۲۰ سانتی را طی می کند. بسامد نوسان و سرعت متوسط نوسانگر را هنگامیکه از ابتدای مسیر بدون تغییر جهت به انتهای مسیر می رود بدست آورید؟

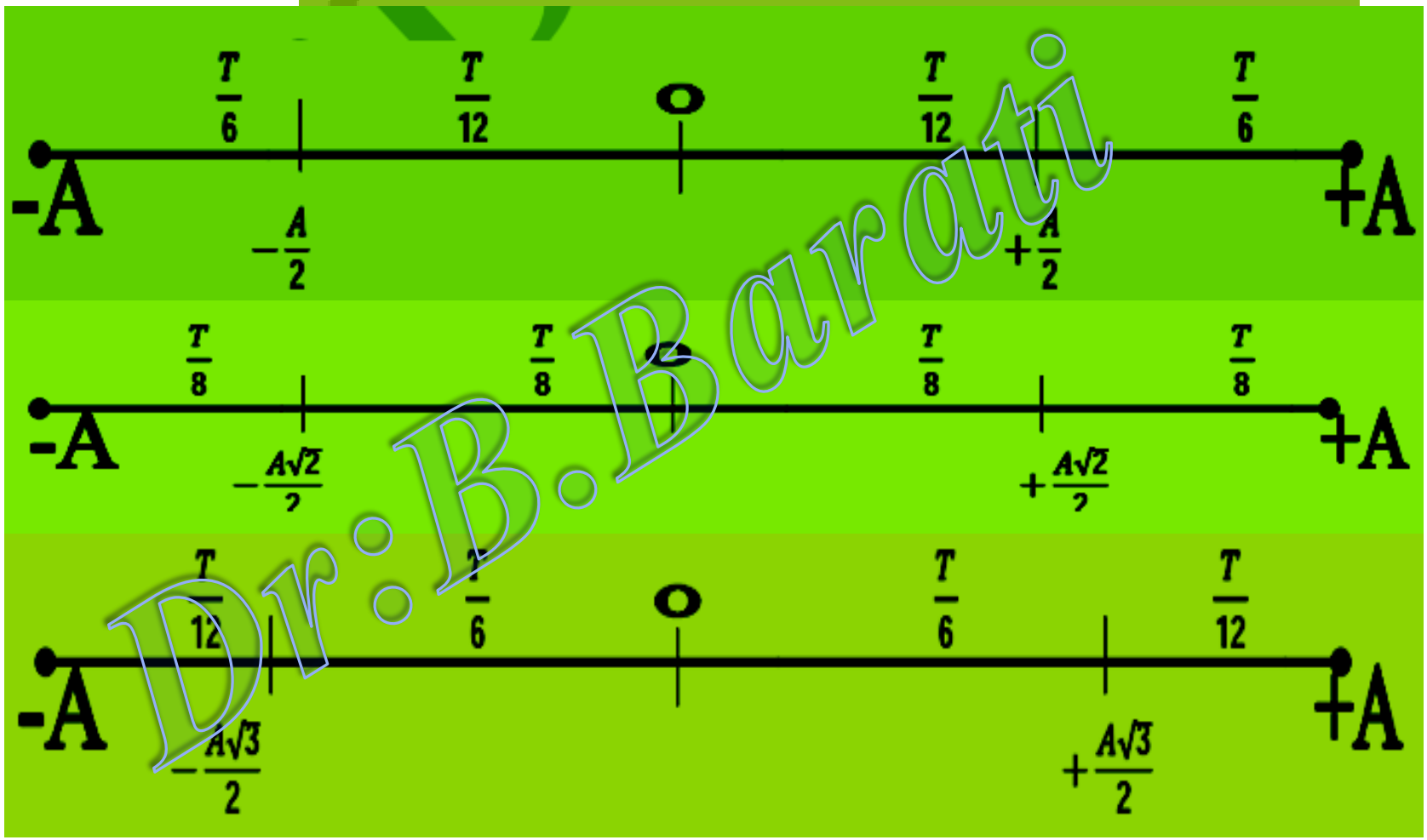
$$n = \frac{10}{2} = 5 \text{ نوسان کامل} \Longrightarrow T = \frac{t}{n} = \frac{4}{5} = 0.8(s)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.8} = 2.5\pi(rad/s)$$

$$\overline{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Longrightarrow \overline{V} = \frac{0/2}{T/2} = \frac{0/2}{0/4} = 0.5(m/s)$$

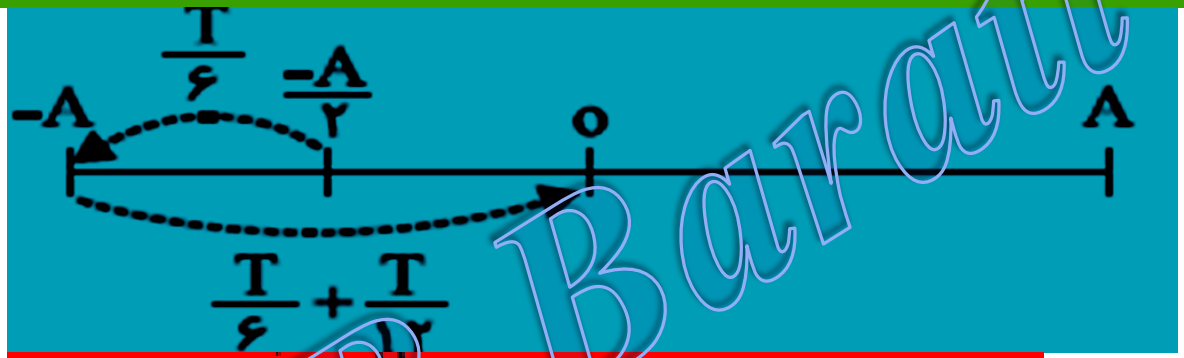
Dr:B:Barati

تکنیک خط های طلایی برای تعیین موقعیت نوسانگر:



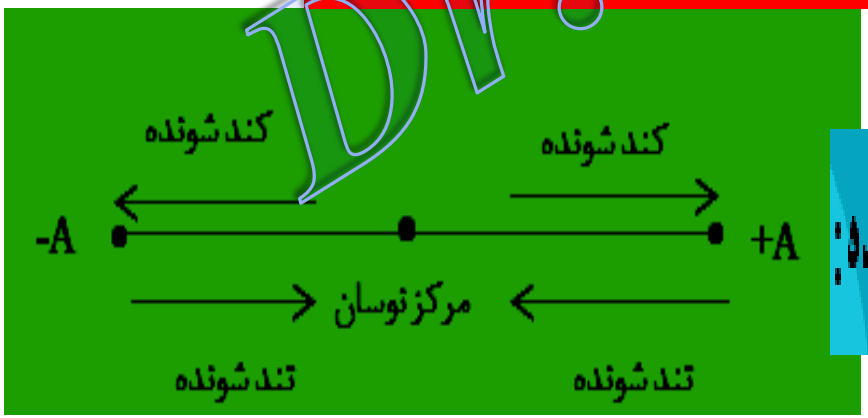
Dr:B.Barati

مثال: نوسانگری با دوره‌ی ۰/۱۲S در حرکت است در ابتدا در نصف بعد بیشینه و در بعدهای منفی قرار دارد و به طرف انتهای مسیر پیش می رود پس از چه مدت به مرکز نوسان می رسد؟



$$t = T/6 + T/6 + T/12 = \frac{5}{12}T = 0.05(s)$$

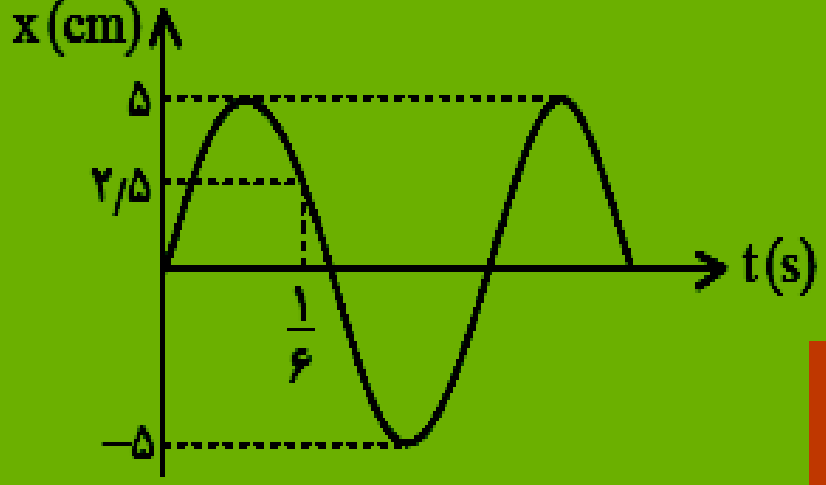
Dr.B.Barati



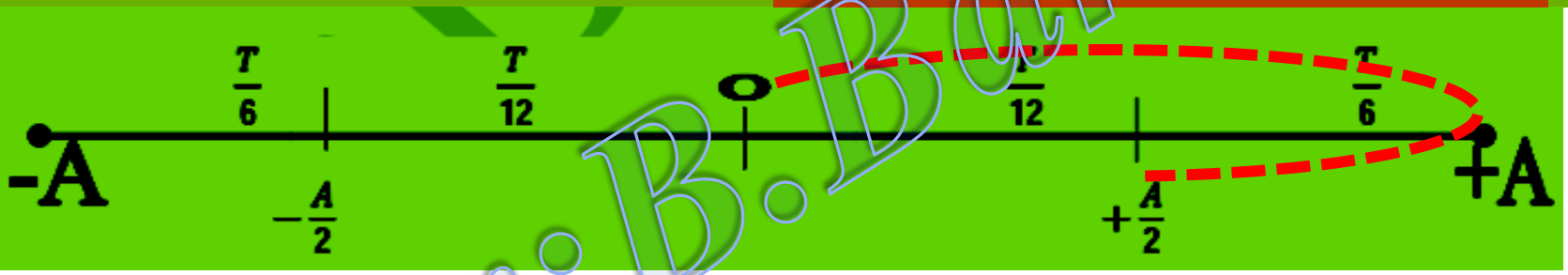
بررسی حرکت تند شونده و کند شونده در حرکت نوسانی همانگ ساده:

شکل مقابل نمودار مکان ـ زمان یک نوسانگر ساده را نشان می‌دهد. این نوسانگر در مدت یک دقیقه مسافت چند متر را طی می‌کند؟

۱) ۱۰
۲) ۱۵
۳) ۳۰
۴) ۴۵



ذره در ربع دوم فاز آن برابر $\frac{5\pi}{6}$ است.



$$\frac{1}{6} \quad 150 \quad 360 \quad T \qquad T = 0.4(s)$$

$$0.4 \quad 1 \quad 60 \quad n \qquad n = 150$$

$$L = n(4A) = 150 \times 4 \times 0.05 = 30(m)$$

Dr. B. Barati

مثال: دوره‌ی نوسانگر ساده ای $\frac{\pi}{50}$ S و دامنه‌ی آن 2cm است در لحظه‌ای که نوسانگر به اندازه $\sqrt{3}$cm از وضع تعادل دور شده است بزرگی سرعت آن چند $^{m}/_{s}$ است.

الف) ۱ ب) ۲ ج) ۱۰ د) ۲۰

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{50}} 100 \, ^{rad}/_{s}$$

$$V = \omega\sqrt{A^2 - x^2} = 100\sqrt{4 - 3} = 100 \, ^{cm}/_{s} = 1 \, ^{m}/_{s}$$

در یک حرکت نوسانی ساده، نوسانگر در هر دقیقه ۳۰ بار طول پاره‌خط مسیر را طی می‌کند. تغییر فاز این نوسانگر در بازه‌ی زمانی $t_1 = 2s$ و $t_2 = 4s$ چند رادیان است؟

۱) π ۲) $\frac{\pi}{2}$ ۳) $\frac{\pi}{6}$ ۴) 2π

$$T = \frac{t}{n} = \frac{60}{4} = 15(s)$$

$$n = \frac{30}{2} = 15 \text{ نوسان کامل}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}(rad/s)$$

$$\Delta\theta = \omega\Delta t \Rightarrow \Delta\theta = \frac{\pi}{2}(4-2) = \pi \, (\text{Rad})$$

Dr:B.Barati

در یک حرکت هماهنگ ساده با دامنه‌ی A و دوره‌ی تناوب T نوسانگر در یک لحظه در مکان $-\frac{A}{2}$ بوده و سرعت آن مثبت است. کمترین زمان لازم برای آنکه نوسانگر به مکان $+\frac{A}{2}$ رفته و هم‌چنان سرعت مثبت باشد کدام است؟

۱) $\frac{T}{12}$ ۲) $\frac{T}{6}$ ۳) $\frac{T}{4}$ ۴) $\frac{T}{3}$

$$\Delta t = 2 \times \frac{T}{12} = \frac{T}{6}$$

در حرکت نوسانی ساده اگر دامنه‌ی حرکت ۲ برابر شود، دوره‌ی حرکت ـــ و بیشینه‌ی سرعت نوسانگر ـــ می‌شود.

۱) ثابت ـ نصف ۲) ثابت ـ دو برابر ۳) دو برابر ـ دو برابر ۴) دو برابر ـ ثابت

T=ثابت

$$\frac{V_{2max}}{V_{1max}} = \frac{A_2\omega}{A_1\omega} \Rightarrow \frac{V_{2max}}{V_{1max}} = 2$$

Dr.B.Barati

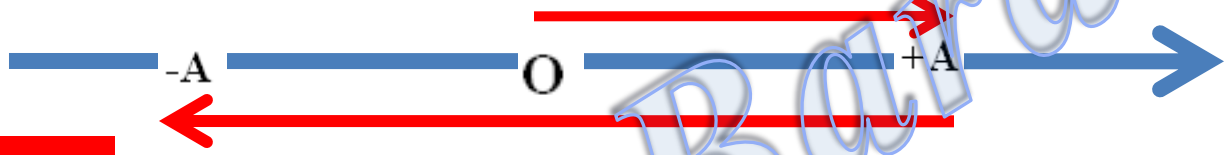
ذره‌ای روی پاره‌خطی به طول ۱۲ سانتی‌متر با بسامد ۱۰ هرتز از مرکز نوسان رویه سوی مثبت شروع به نوسان می‌کند. سرعت متوسط و مسافت طی شده بین دو لحظه‌ی صفر و $\frac{۳}{۴۰}$ ثانیه کدام گزینه است؟

۱) $۰/۸\frac{m}{s}$ و ۱۲cm

۲) $۱/۶\frac{m}{s}$ و ۱۲cm

۳) $۰/۸\frac{m}{s}$ و ۱۸cm

۴) $۱/۶\frac{m}{s}$ و ۱۸cm



$$\begin{cases} t_0 = 0 \\ x_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_1 = \frac{3}{40} \\ T = \frac{1}{10} \end{cases} \Rightarrow t_1 = 3\frac{T}{4} \Rightarrow x_2 = -6cm$$

$$V_{av} = \frac{-6-0}{\frac{3}{40}} = -80\frac{cm}{s} = -0.8m/s$$

L=6+12=18cm

Dr.B.Barati

معادله‌ی سرعت برحسب مکان یک نوسانگر ساده در دستگاه SI به صورت $۳۶\pi^۲x^۲+۴v^۲-۴\pi^۲=۰$ است.

دوره‌ی حرکت چند ثانیه است؟

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

$$V^2=\pi^2-9\pi^2x^2$$
$$V^2=A^2\omega^2-\omega^2x^2$$

$$9\pi^2=\omega^2\Rightarrow\omega=3\pi$$
$$3\pi=\frac{2\pi}{T}\Rightarrow T=\frac{2}{3}\ (s)$$

مثال: دوره‌ی نوسانگر ساده ای $\frac{\pi}{50}$ S و دامنه‌ی آن 2cm است در لحظه‌ای که نوسانگر به اندازه $\sqrt{3}$cm از وضع تعادل دور شده است بزرگی سرعت آن چند m/s است.

الف) ۱ ب) ۲ ج) ۱۰ د) ۲۰

$$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{\frac{\pi}{50}}\ 100\ ^{rad}/_{s}$$

$$V=\omega\sqrt{A^2-x^2}=100\sqrt{4-3}=100\ ^{cm}/_{s}=1\ ^{m}/_{s}$$

Dr.B.Barati

مثال: معادله‌ی سرعت –مکان نوسانگری در SI بصورت $\frac{25}{\pi^2}V^2+2500x^2=1$ است. بسامد نوسان چند هرتز است.

الف) 0.5 ب) 1 ج) 2 د) 5

مقایسه
$$\begin{cases}\frac{25}{\pi^2}V^2+2500x^2=1 \Rightarrow \frac{25}{\pi^2}V^2=(\frac{V}{V_m})^2 \Rightarrow V_m=\frac{\pi}{5}(m/s)\\ (\frac{V}{V_m})^2+(\frac{x}{A})^2=1 \Rightarrow 2500x^2=\frac{x^2}{A^2} \Rightarrow A=\frac{1}{50}(m)\end{cases}$$

$$V_{max}=A\omega \Rightarrow \frac{\pi}{5}=\frac{1}{50}\times 2\pi f \Rightarrow f=5Hz$$

Dr.B.Barati

معادله‌ی مکان ـ زمان نوسانگری در SI به صورت $x = 0/1\sin(\frac{5\pi t}{6})$ داده شده است. نوع حرکت در $0/5$ ثانیه‌ی سوم چگونه است؟

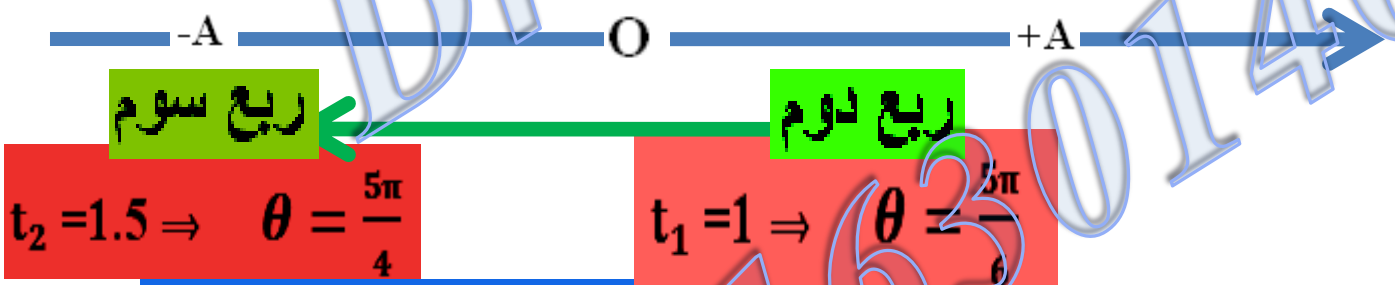
۱) همواره کندشونده

۲) همواره تندشونده

۳) اول کندشونده سپس تندشونده

۴) اول تندشونده سپس کندشونده

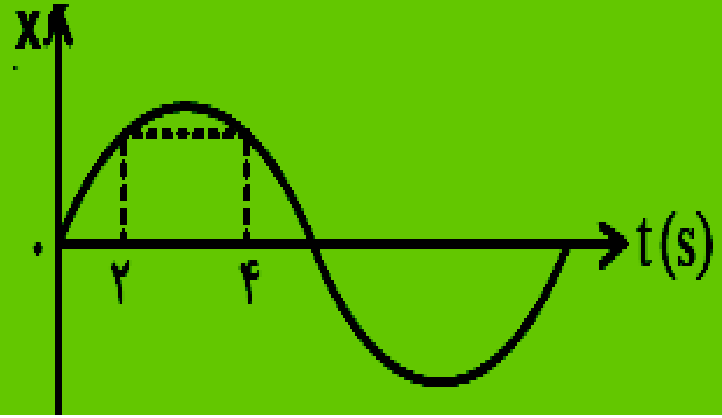
$0/5$ ثانیه‌ی سوم در بازه‌ی $1 \le t \le 1/5$ است



حرکت ابتدا تندشونده سپس کندشونده

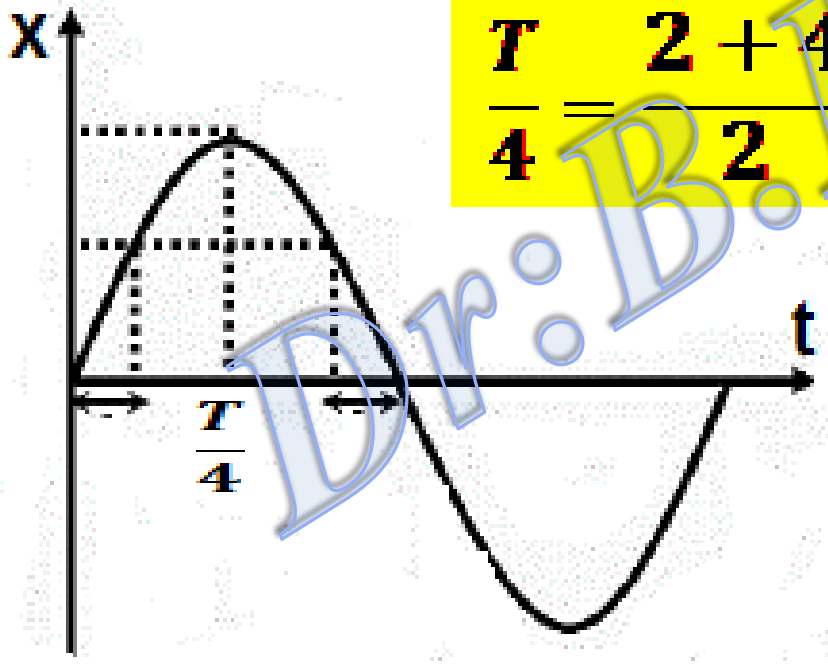
Dr.B.Barati
09163014685

نمودار مکان – زمان نوسانگری به‌صورت مقابل است. در لحظه‌ی $t = 2s$ سرعت نوسانگر چه کسری از سرعت بیشینه است؟



۱) $\frac{\sqrt{3}}{2}$

۳) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

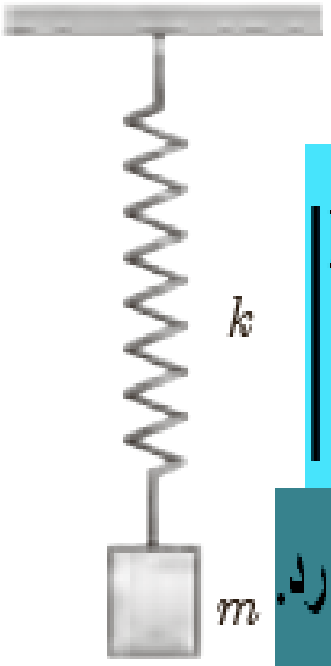


$$\frac{T}{4} = \frac{2+4}{2} \Rightarrow T = 12$$

$$t=2 \Rightarrow \theta=60 \Rightarrow V_{max} = \frac{V}{2}$$

Dr: B. Barati

دوره تناوب سیستم جرم - فنر:



$$\begin{cases} K = m\omega^2 \\ \omega = \dfrac{2\pi}{T} \end{cases} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

- ✓ دوره تناوب وزنه متصل به فنر یا جذر جرم رابطه مستقیم و با جذر ثابت فنر رابطه عکس دارد.
- ✓ دوره وزنه متصل به فنر به دامنه نوسان بستگی ندارد به شرطی که دامنه نوسان زیاد نباشد.

مثال: قطعه‌ای به جرم ۶۸۰g به فنری با ثابت فنر $k = 65\,N/m$ بسته شده است. قطعه را به اندازهٔ مشخصی از مکان تعادل خود روی یک سطح افقی بدون اصطکاک می‌کشیم و از حالت سکون رها می‌کنیم. الف) دورهٔ تناوب و ب) بسامد زاویه‌ای نوسان چقدر می‌شود؟

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{65\ N/m}{0/680\ kg}} = 9/8\ rad/s$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{0/680\,kg}{65\ N/m}} = 0/64\,s$$

Dr:B.Barati

مثال: روی یک سطح افقی بدون اصطکاک، نوسانگری با دامنه $5cm$ حرکت هماهنگ ساده انجام می دهد.

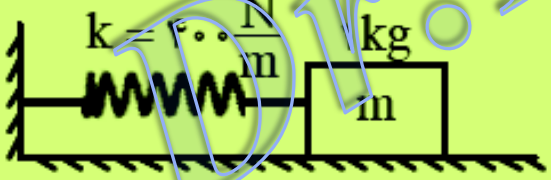
اگر جرم نوسانگر $200gr$ و ثابت فنر $20\frac{N}{m}$ باشد، هنگامی که نوسانگر در فاصله $4cm$ از مرکز نوسان قرار دارد، اندازه سرعت آن چند cm/s است؟

الف) ۳۰ ب) ۳ ج) ۰/۳ د) ۰/۳

$$K = m\omega^2 \Rightarrow 20 = 0.2\omega^2 \Rightarrow \omega = 10rad/s$$

$$V = \omega\sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow V = 10\sqrt{5^2 - 4^2} \Rightarrow V = 30cm/s$$

در نوسانگر ساده‌ی شکل مقابل، اگر وزنه را از حالت تعادل ۱۲ سانتی‌متر به سمت راست آورده و با سرعت اولیه‌ی ۱ متر بر ثانیه به سمت راست پرتاب کنیم، دامنه‌ی این حرکت نوسانی چند سانتی‌متر خواهد شد؟



۱) $20\sqrt{2}$ ۲) ۲۰

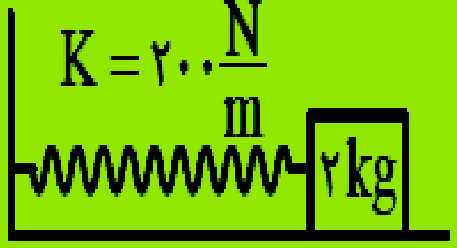
۳) $10\sqrt{2}$ ۴) ۱۳

$$K = m\omega^2 \Rightarrow 400 = 1 \times \omega^2 \Rightarrow \omega = 20rad/s$$

$$V = \omega\sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow 100 = 20\sqrt{A^2 - 12^2} \Rightarrow A = 13cm$$

Dr.B.Barati

در شکل روبه‌رو، با صرف‌نظر کردن از اتلاف انرژی، در صورت نوسان دستگاه در مدت چند ثانیه، ۸ بار طول پاره خط مسیر طی می‌شود؟ ($\pi = 3$)



۱) ۲/۴
۲) ۱/۲
۳) ۴/۸
۴) ۳/۶

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{2}{200}} \Rightarrow T = \frac{\pi}{5} = 0.6$$

$$T = \frac{t}{n} \Rightarrow 0.6 = \frac{t}{4} \Rightarrow t = 2.4(s)$$

مثال: بسامد نوسانات نوسانگر دستگاه وزنه – فنر به جرم m برابر f است اگر جسمی به جرمِ m' را به جسم m متصل کنیم بسامد دستگاه جدید f/3 می شود نسبت $\frac{m'}{m}$ چقدر است.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow \frac{f'}{f} = \sqrt{\frac{m}{m+m'}} \Rightarrow \frac{{}^{1}/_{3}f}{f} = \sqrt{\frac{m}{m+m'}}$$

$$\frac{1}{3} = \sqrt{\frac{m}{m+m'}} \Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{m}{m+m'} \Rightarrow 9m = m + m' \Rightarrow 8m = m' \Rightarrow \frac{m'}{m} = 8$$

Dr.B.Barati

انرژی در حرکت هماهنگ ساده

انرژی مکانیکی $E = K + U$

در مرکز نوسان سرعت نوسانگر بیشینه است

در مرکز نوسان $x = 0 \Rightarrow k_{max} = E = \frac{1}{2} m V_m^2$

$V_{max} = A\omega$

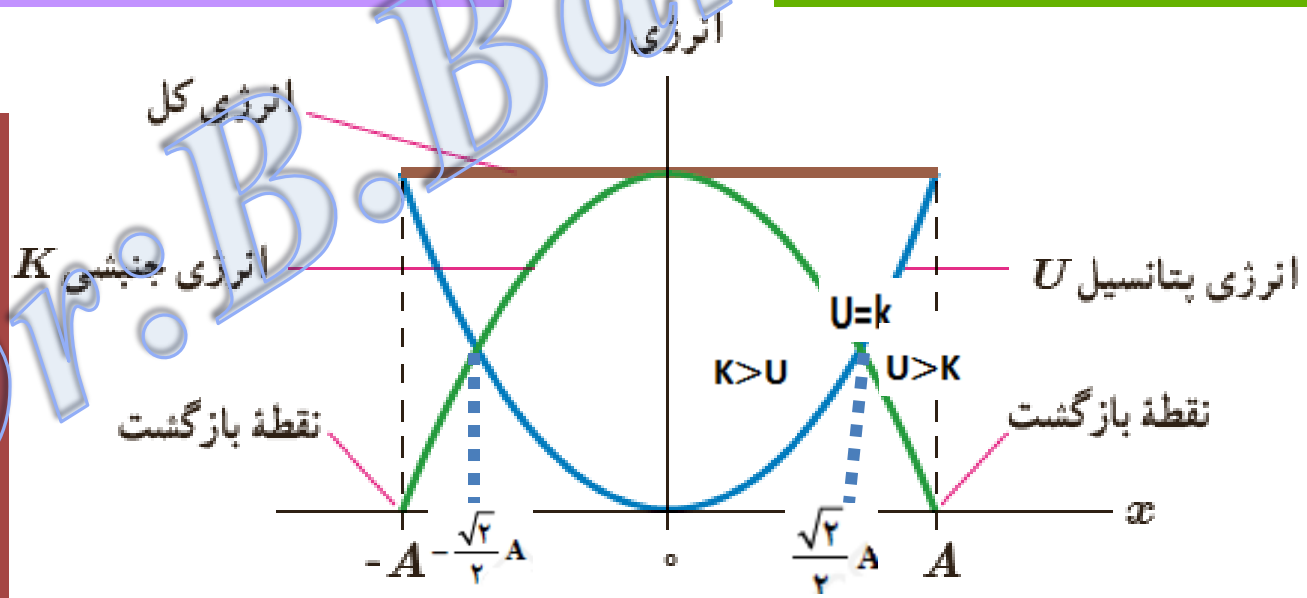
$U = 0$

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

$$\frac{K}{U} = \frac{A^2 - X^2}{X^2}$$

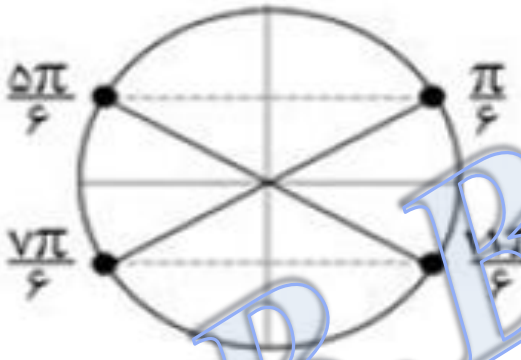
$$\frac{K}{E} = \frac{A^2 - X^2}{A^2}$$

$$\frac{U}{E} = \left(\frac{x}{A}\right)^2$$

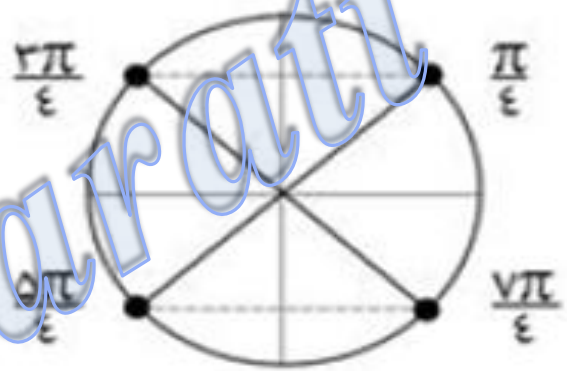


Dr.B.Barati

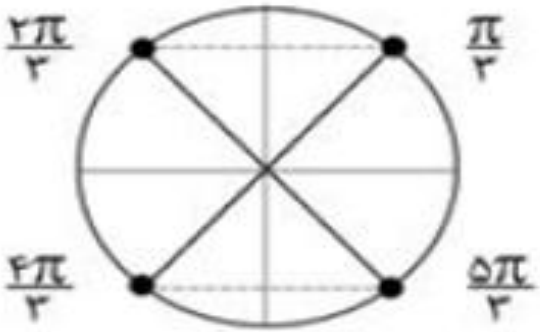
نکته مهم:برای حل مسائل انرژی می توان از خانواده فازهای $\frac{\pi}{6}$ یا $\frac{\pi}{4}$ یا $\frac{\pi}{3}$ استفاده کرد.



$K=3U$



$U=K$



$U=3K$

Dr.B.Barati

مثال: معادله ی حرکت هماهنگ ساده ای در SI بصورت $x=0.04\sin 10\pi t$ است اگر جرم نوسانگر 200 گرم باشد معادله پتانسیل-زمان آن در SI کدام است؟ $\pi^2 = 10$

الف) $U_e = 0.04\sin^2 10\pi t$ ب) $U_e = 0.04\cos^2 10\pi t$

ج) $U_e = 0.16\sin^2 10\pi t$ د) $U_e = 0.16\cos^2 10\pi t$

$$U_e = \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{10} \times 100\pi^2 \times 0.0016\sin^2 10\pi t = 0.16\sin^2 10\pi t$$

مثال: معادله‌ی انرژی جنبشی – مکان یک نوسانگر که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد در SI بصورت $K = 0/16 - 400x^2$ دامنه‌ی حرکت نوسانگر چند Cm است؟

الف) ۲ ب) ۴ ج) ۸ د) ۱۶

$$K = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2) = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 - \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$$

$$\begin{cases} \frac{1}{2}m\omega^2 = 400 \Rightarrow m\omega^2 = 800 \\ \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = 0/16 \Rightarrow m\omega^2 A^2 = 0/32 \end{cases} \Rightarrow A = 0/02m = 2cm$$

Dr.B.Barati

مثال:در لحظه‌ای معین، انرژی پتانسیل کشانی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای، ۰/۳J از انرژی جنبشی آن کمتر است اگر ثابت فنر این نوسانگر برابر $100^{N}/_{m}$ و دامنه نوسان های آن برابـر ۱۰cm باشد در این لحظه جنبشی این نوسانگر چند ژول است.

الف) ۰/۴ ب) ۰/۱ ج) ۲/۶۵ د) ۲/۳۵

$$K - u = 0/3 \Longrightarrow u = k - 0/3$$

$$E = {}^{1}/_{2}\,KA^{2} = {}^{1}/_{2} \times 100 \times {}^{1}/_{100}$$

$$= 0/5J \Longrightarrow E = K + U \Longrightarrow 0/5 = K + K - 0/3$$

$$0/5 + 0/3 = 2K \Longrightarrow K = 0/4J$$

الف) نشان دهید تندی بیشینه در حرکت هماهنگ ساده برابر است با $A\omega$.

ب) تندی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای که با دامنهٔ ۱۰cm و دورهٔ ۰/۵۰s نوسان می کند هنگام عبور از نقطهٔ تعادل چقدر است؟

$$۲\pi^{۲} m A^{۲} f^{۲} = \frac{۱}{۲} m v_{max}^{۲} + ۰ \Rightarrow v_{max} = ۲\pi A f = A\omega$$

$$v_{max} = A\omega = A(\frac{۲\pi}{T}) = (۰/۱۰\,m)(\frac{۲\pi}{۰/۵۰\,s}) = ۱/۳\,m/s$$

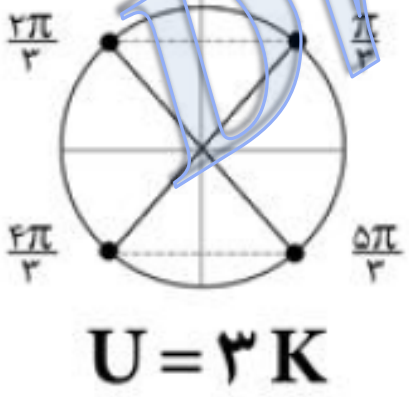
Dr: B. Barati

مثال:A دامنه و X مکان یک نوسانگر است. در لحظه‌ای که $x=A$ است انرژی پتانسیل نوسانگر ۰/۳۶J است اگر $x=\frac{\sqrt{3}}{2}A$ شود انرژی جنبشی نوسانگر چند ژول می شود؟

الف)۰/۰۶ ب) ۰/۰۹ ج) ۰/۱۸ د) ۰/۲۷

$$x=A \Rightarrow E=U_{max}=0.36 \Rightarrow \frac{k}{E}=\frac{A^2-x^2}{A^2} \Rightarrow \frac{k}{0.36}=\frac{A^2-\frac{3}{4}A^2}{A^2}$$

$$\frac{k}{0.36}=\frac{1}{4} \Rightarrow k=\frac{0.36}{4}=0.09\ j$$

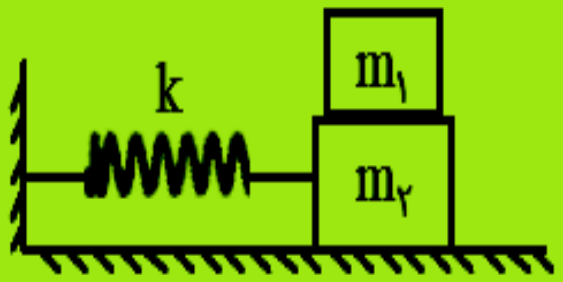


روش دوم با استفاده از خانواده فازی

$$E=k+U \Rightarrow 0.36=K+3K \Rightarrow K=0.09$$

Dr:B.Barati

در شکل مقابل جرم دو وزنه یکسان و دستگاه روی سطح افقی حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهد. به طوری که m_1 روی m_2 نمی‌لغزد. اگر وقتی m_2 از مرکز نوسان می‌گذرد، وزنه‌ی m_1 را از روی m_2 برداریم، دامنه‌ی حرکت نوسانی وزنه m_2 چند برابر می‌شود؟



۱) ثابت می‌ماند

۲) $\frac{1}{2}$ برابر می‌شود

۳) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ برابر می‌شود

۴) $\sqrt{2}$ دو برابر می‌شود

اگر وزنه m_1 برداشته شود انرژی مکانیکی نصف می شود این معادل این است که دامنه نوسان برابر $A' = \frac{\sqrt{2}}{2} A$

مثال: لحظه ای که انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر ساده ای، ۲۵ درصد انرژی مکانیکی است بزرگی مکان نوسانگر چند برابر دامنه آن است؟

$$u = \frac{1}{4}E \Rightarrow \frac{u}{E} = \frac{x^2}{A^2} \Rightarrow \frac{^1/_4 E}{E} = \frac{x^2}{A^2} \Rightarrow \frac{x^2}{A^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{x}{A} = \pm\frac{1}{2}$$

الف) $\frac{3}{4}$

ب) $\frac{1}{5}$

ج) $\frac{1}{4}$

د) $\frac{1}{2}$

Dr:B.Barati

مثال: اگر E و m به ترتیب انرژی مکانیکی و جرم یک نوسانگر ساده باشند، سرعت نوسانگر در لحظه ی عبور از نقطه ی تعادل برابر با کدام است؟

الف) $\left(\frac{2E}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$ ب) $\frac{E}{2m^2}$ ج) $\frac{2E}{m^2}$ د) $\left(\frac{E}{2m}\right)^2$

در مرکز نوسان $x = 0 \Rightarrow k_{max} = E = \frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow V^2 = \frac{2E}{m} \Rightarrow V = \left(\frac{2E}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$

مثال: دامنه ی حرکت نوسانگر وزنه – فنر $5cm$ است. اگر جرم وزنه ۲۰۰ گرم و ثابت فنر $200\frac{N}{m}$ باشد انرژی کل نوسانگر چند ژول است.

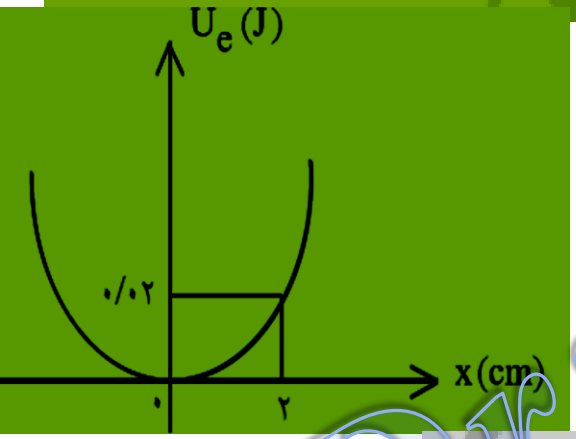
الف) ۰/۲۵ ب) ۲/۵ ج) ۵ د) ۵۰

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times \frac{25}{10000} = E = 0/25j$$

Dr:B.Barati

مثال:نمودارانرژی پتانسیل – مکان نوسانگری به جرم ۴۰۰gr مطابق شکل است دوره ی نوسانگر چند ثانیه است؟ $\pi^2 = 10$

الف) ۰/۲ ب) ۰/۴ ج) ۲ د) ۴



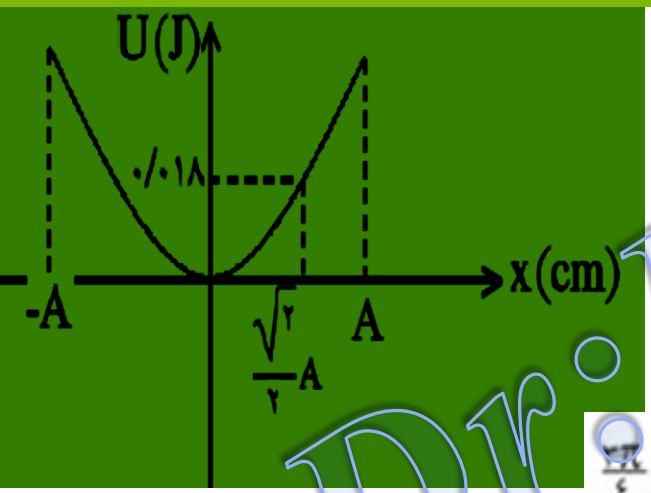
$$u = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2 \Rightarrow 0/02 = \frac{1}{2} \times \frac{4}{10} \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \left(\frac{2}{100}\right)^2$$

$$\frac{2}{100} = \frac{2}{10} \times \frac{4\pi^2}{T^2} \times \frac{4}{100} \Rightarrow T^2 = 16 \Rightarrow T = 4(s)$$

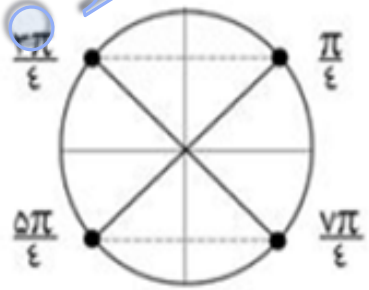
Dr.B.Barati

مثال: نمودار انرژی پتانسیل بر حسب مکان نوسانگر ساده ای مطابق شکل است انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟

الف) 0.024 ب) 0.036 ج) $0.018\sqrt{2}$ د) $0.018\sqrt{3}$



$$\frac{E}{U} = \frac{A^2}{x^2} \Rightarrow \frac{E}{0.018} = \frac{A^2}{\frac{2}{4}A^2} \Rightarrow E = 0.036J$$



$U = K$

روش دوم با استفاده از خانواده فازی

$$E = K + U \Rightarrow E = 0.018 + 0.018 = 0.036j$$

Dr.B.Barati

مثال: معادله حرکت نوسانی در SI بصورت $x = 0.2\sin(20\pi t)$ است در چه لحظه ای بر حسب ثانیه برای اولین بار، نسبت انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر به انرژی های جنبشی آن برابر $\frac{1}{3}$ می شود؟

الف) $\frac{1}{80}$ ب) $\frac{1}{120}$ ج) $\frac{1}{24}$ د) $\frac{1}{60}$

$$\frac{u}{K} = \tan^2(\omega t) = \frac{1}{3} \Rightarrow \tan(\omega t) = \pm\frac{\sqrt{3}}{3} \quad \begin{matrix}\tan\frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{3} \\ \tan 5\frac{\pi}{6} = -\frac{\sqrt{3}}{3}\end{matrix} \rightarrow \omega t = \frac{\pi}{6} \text{ یا } 5\frac{\pi}{6}$$

$$\omega t = \frac{\pi}{6} \xrightarrow{\omega = 20\pi} 20\pi t = \frac{\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{1}{120} \text{ اولین بار}$$

$$\omega t = 5\frac{\pi}{6} \xrightarrow{\omega = 20\pi} 20\pi t = 5\frac{\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{1}{24} \text{ دومین بار}$$

روش دوم با استفاده از خانواده فازی

$K = ۳U$

$$\omega t = \frac{\pi}{6} \Rightarrow 20\pi t = \frac{\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{1}{120}(s)$$

اولین بار یعنی فاز $\frac{\pi}{6}$

Dr.B.Barati

مثال: نوسانگری به جرم $100gr$ روی پاره خطی بطول $20cm$ حرکت هماهنگ ساده انجام می دهد و در مدت $\frac{1}{4}$ ثانیه از مرکز نوسان به انتهای مسیر می رسد انرژی جنبشی نوسانگر در مرکز نوسان چند میلی ژول است.

الف) ۲ ب) ۱۰ ج) ۲۰ د) ۲۵

$$\frac{T}{4}=\frac{1}{4}\Longrightarrow T=1 \rightarrow \omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi$$

$$A=\frac{20}{2}=10cm=0.1m$$

$$K_{max}=\frac{1}{2}mV_m{}^2=\frac{1}{2}\times\frac{1}{10}\times A^2\omega^2$$

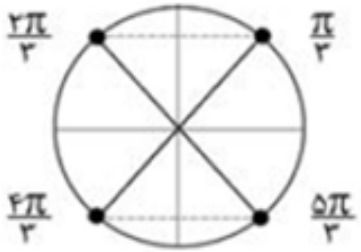
$$=\frac{1}{2}\times\frac{1}{100}\times\frac{1}{100}\times 4\pi^2=2\times 10^{-3}j=2mJ$$

Dr.B.Barati

در لحظه‌ای که فاز نوسان‌گر ساده‌ای به جرم ۴۰g برابر $\frac{5\pi}{3}$ رادیان است، انرژی پتانسیل نوسان‌گر ۳/۳۷۵J است. بیش‌ترین سرعت نوسان‌گر چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۱۲/۵ ۲) ۱۵ ۳) ۱۸ ۴) ۲۲/۵

روش فازی



$U = 3K$

$$E = k + U \Rightarrow E = 1.125 + 3.375 = 4.5j$$

$$k_{max} = E = \frac{1}{2}mV_m^2 \Rightarrow 4.5 = \frac{1}{2} \times 0.04 \times V_m^2 \Rightarrow V_m = 15m/s$$

نوسانگری در مکان $x_1 = 5cm$ از وضع تعادل دارای انرژی پتانسیل ۰/۴۸ ژول و انرژی جنبشی ۱/۰۲ ژول است. انرژی جنبشی آن در مکان $x_2 = 4cm$ تقریباً چند ژول است؟

۱) ۱/۱۹ ۲) ۱/۳۶ ۳) ۰/۲۶ ۴) ۰/۳۶

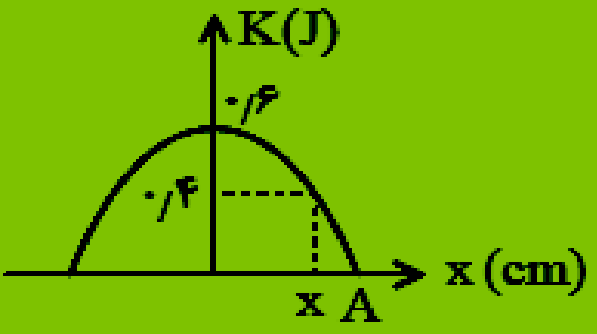
$$x_2 < x_1 \Rightarrow K_2 > K_1$$

$$E = K_1 + U_1 \Rightarrow E = 1.02 + 0.48 = 1.5j$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{x_2^2}{x_1^2} \Rightarrow \frac{U_2}{0.48} = \frac{16}{25} \Rightarrow U_2 = 0.3072$$

$$K_2 = 1.5 - 0.3072 = 1.19$$

نمودار انرژی جنبشی برحسب مکان نوسانگری مطابق شکل است. نسبت $\frac{x}{A}$ کدام است؟



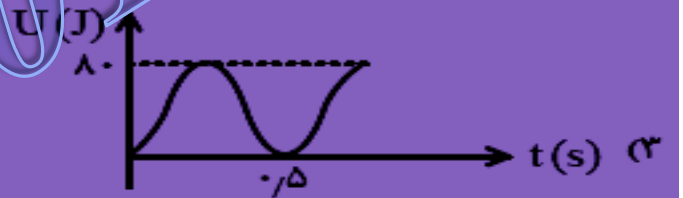
۱) $۲\sqrt{۳}$
۲) $\sqrt{۳}$
۳) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}$
۴) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

$$\frac{K}{E}=\frac{A^2-x^2}{A^2}\Rightarrow\frac{0.4}{0.6}=\frac{A^2-x^2}{A^2}\Rightarrow\frac{x}{A}=\frac{\sqrt{3}}{3}$$

اگر معادله‌ی نوسان – زمان ساده‌ای به جرم ۵kg در SI به صورت $P=۴۰\cos ۲۰\pi t$ باشد، نمودار انرژی پتانسیل برحسب زمان کدام است؟

۱)

۲)

۳)


۴)

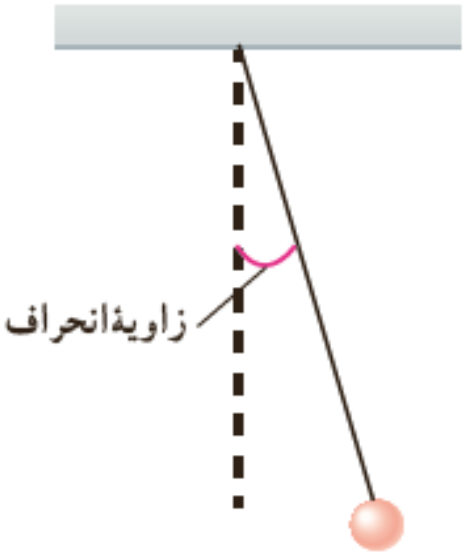
$$P_m=mV_m\Rightarrow 40=5V_m\Rightarrow V_m=8m/s$$

$$20\pi=\frac{2\pi}{T}\Longrightarrow T=0.1$$

$$U_m=K_m=\frac{mV_m^{\,2}}{2}=\frac{5\times 8^2}{2}=160j$$

Dr:B.Barati
09163014685

آونگ ساده



دورهٔ تناوب آونگ ساده

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

1) رابطه نشان می‌دهد که دورهٔ تناوب آونگ ساده به جرم و دامنهٔ آن بستگی ندارد.

2) دوره تناوب آونگ با جذر طول آونگ رابطه مستقیم و با جذر شتاب جاذبه مکان رابطه عکس دارد.

$$\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L} \times \frac{g}{g'}}$$

3) هر گاه دو آونگ ساده A و B را با هم به نوسان در آوریم و بعد از مدتی یکی از این دوآونگ n نوسان کامل جلویا بیفتد و دوباره بر هم منطبق شوند زمان انطباق این دو آونگ برابر با :

$$t = \frac{nT_A T_B}{|T_A - T_B|}$$

Dr:B.Barati

نوسان واداشته:نوسانگرها می توانند با بسامدهای دیگر در اثر اعمال نیروی خارجی به نوسان در آیند که به این نوسان ها ، نوسان واداشته گویند

نوسان میرا:

هنگامی که نوسانگری را از وضع تعادل خارج کرده و به نوسان درآوریم به علت وجود نیروهای اتلافی از قبیل اصطکاک و یا مقاومت هوا دامنه ی نوسان به تدریج کاهش می یابد و دستگاه پس از چند نوسان می ایستد این نوسان را میرا گویند.

پدیده تشدید:

اگر به نوسانگری یک نیروی دوره ای اعمال شود، در صورتی که بسامد نیروی اعمال شده با بسامد نوسانگر یکسان باشد، دامنه نوسان تا مقدار بیشینه ای افزایش می یابد و از آن پس حرکت نوسانی بدون کاهش دامنه ادامه می یابد در این صورت می گوییم پدیده تشدید رخ داده است.

Dr:B.Barati

مثال: آونگی در هر دقیقه ۳۰ نوسان انجام می دهد اگر طول آونگ را ۱۰cm افزایش دهیم، در هر دقیقه ۲۰ نوسان انجام می دهد طول اولیه آونگ چند سانتی متر است.

$$\begin{cases} t = 60(s) \\ n_1 = 30 \\ L_1 = ? \\ n_2 = 20 \\ t = 60(s) \\ L_2 = L_1 + 10 \end{cases}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \Rightarrow \frac{30}{20} = \sqrt{\frac{L_1 + 10}{L_1}} \Rightarrow \frac{9}{4} = \frac{L_1 + 10}{L_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\Rightarrow L_1 = 8cm$$

Dr. B. Barati

مثال:دو آونگ با دوره های ۲ و ۱.۸ ثانیه همزمان از یک نقطه شروع به نوسان می کنند مدت زمانی که طول می کشد تا دو آونگ برای دهمین بار نوسان مشابهی انجام دهند چند ثانیه است؟

$$t = \frac{nT_AT_B}{|T_A - T_B|} = \frac{10 \times 2 \times 1/8}{2 - \frac{1}{8}} = 160(s)$$

در یک آونگ کم دامنه، اگر با ثابت نگه داشتن دامنه‌ی نوسان، طول آونگ دو برابر و جرم آن نصف شود، انرژی مکانیکی نوسان‌گر چند برابر می‌شود؟

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

$$\frac{E'}{E} = \left(\frac{m'}{m}\right)\left(\frac{T}{T'}\right)^2 \Rightarrow \frac{E'}{E} = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$L' = 2L \Rightarrow T' = \sqrt{2}T$$

Dr:B.Barati

مثال: دوره نوسان آونگ ساده ای در یک مکان معین، برابر ۲s است و در مدت 2.6 دقیقه n نوسان کامل انجام می دهد . طول اونگ را چند درصد کاهش یا افزایش دهیم تا در همان مدت و در همان مکان، n-۱۸ نوسان کامل انجام دهد؟

الف) ۶۹ درصد- کاهش

ب) ۶۹ درصد- افزایش

ج) ۳۱ درصد- کاهش

د) ۳۱ درصد- افزایش

$$n = \frac{t}{T} = \frac{2.6 \times 60}{2} = 78$$

$$n' = n - 18 = 78 - 18 = 60$$

$$T' = \frac{t}{n'} = \frac{156}{60} = 2.6 \Rightarrow \frac{2.6}{2} = \sqrt{\frac{L'}{L}}$$

$$\Rightarrow \frac{L'}{L} = (1.3)^2 = 1.69 \Longrightarrow \text{0.69 افزایش}$$

Dr.B.Barati

اگر به طول آونگ کم دامنه‌ای ۱۲۵ درصد اضافه شود، تعداد نوسان‌های آن در مدت ۴ دقیقه، ۵۰ تا کاسته می‌شود. دوره‌ی اولیه‌ی نوسان آونگ چند ثانیه بوده است؟ $(g = \pi^2)$

۱) ۲/۴ ۲) ۱/۸ ۳) ۱/۶ ۴) ۱/۲

$$n - n' = 50 \Rightarrow \frac{t}{2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}} - \frac{t}{2\pi\sqrt{\frac{L'}{g}}} = 50 \Rightarrow \frac{240}{2\pi\sqrt{\frac{L}{\pi^2}}} - \frac{240}{2\pi\sqrt{\frac{2.25L}{\pi^2}}} = 50$$

$$L = 0.64 \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 1.6(s)$$

Dr:B.Barati

کدام گزینه درباره‌ی پدیده‌ی تشدید درست است؟

۱) در پدیده‌ی تشدید فاز دو نوسان‌گر باید یکسان باشد.

۲) یک نوسان‌گر وزنه ـ فنر نمی‌تواند موجب تشدید یک آونگ شود.

۳) دو نوسان‌گر وزنه ـ فنر در صورتی موجب تشدید هم می‌شوند که طول فنرها یکسان باشد.

۴) دو آونگ کم دامنه با طول متفاوت نمی‌توانند موجب تشدید هم شوند.

با توجه به رابطه آونگ ساده و رابطه بسامد با طول آونگها گزینه ۴ درست می باشد

اگر به یک نوسان‌گر یک نیروی ..... وارد شود، به طوری که بسامد نیرو ..... بسامد طبیعی نوسان‌گر باشد، تشدید رخ می‌دهد.

۱) ثابت ـ برابر با ۲) ثابت ـ بیش‌تر ۳) دوره‌ای ـ بیش‌تر از ۴) دوره‌ای ـ برابر با

Dr:B.Barati

بر اساس تعریف تشدید گزینه ۴ درست می باشد

اگر طول آونگی ۱۸cm کاهش یابد، دوره‌ی حرکت آونگ ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. طول اولیه‌ی آونگ چند سانتی‌متر است؟

۱) ۵۰ ۲) ۷۵ ۳) ۱۰۰ ۴) ۲۰۰

$$\frac{T'}{T}=\frac{\sqrt{L'}}{\sqrt{L}} \Rightarrow \frac{0.8T}{T}=\frac{\sqrt{L-18}}{\sqrt{L}} \Rightarrow L=50cm$$

یک آونگ ساده به طول L و دوره‌ی ۲ ثانیه داریم. طول آونگ را چگونه تغییر دهیم تا دوره‌ی آن ۴ ثانیه شود؟

۱) طول آونگ را به اندازه‌ی $3L$ کاهش دهیم.
۲) طول آونگ را به اندازه‌ی $3L$ افزایش دهیم.
۳) طول آونگ را به اندازه‌ی $3L$ افزایش دهیم.
۴) طول آونگ را به اندازه‌ی $3L$ کاهش دهیم.

$$\frac{T'}{T}=\frac{\sqrt{L'}}{\sqrt{L}} \Rightarrow \frac{4}{2}=\frac{\sqrt{L'}}{\sqrt{L}} \Rightarrow L'=4L$$

$$\Delta L=4L-L=3L$$

Dr.B.Barati

موج چیست و چگونه ایجاد می شود؟

موج وسیله انتقال انرژی است بدون اینکه ماده مولد انرژی منتقل شود. موج در اثر ارتعاش ذرات در محیط ایجاد می گردد و در همان محیط انتشار می یابد و به هر نقطه ای که می رسند آن نقطه را با همان بسامد منبع به ارتعاش در خواهند آورد.

نمایش ایجاد موج در فنر بلند کشیده

مهم:همه امواج از لحاظ رفتار و ویژگی هایی که دارند با هم شباهت های زیادی داشته، در حالیکه در ماهیتشان می توانند با هم تفاوت داشته باشند، می توان امواج را از لحاظ خاصیت در محیط انتشارشان به دو دسته تقسیم نمود.

Dr.B.Barati

امواج مکانیکی ، امواجی هستند که آنها را در محیط‌های تغییر شکل‌پذیر یا کشسان محدود می‌کنیم. این امواج از تغییر مکان قسمتی از یک محیط کشسان نسبت به وضعیت عادی‌اش ناشی می‌شوند که این امر موجب نوسان آن قسمت حول وضعیت تعادل می‌شود. به علت خواص کشسانی محیط ، این آشفتگی از لایه‌ای به لایه دیگر منتقل می‌شود. در نتیجه آشفتگی یا موج در محیط پیش می‌رود. از جمله امواج مکانیکی می‌توان به موج صوتی و امواج روی سطح آب اشاره نمود

۲)امواج الکترومغناطیس:

این امواج در اثر حرکت شتابدار ذرات باردار بوجود می آیند و برای انتشار هیچ محدودیتی ندارند یعنی هم در محیط های مادی و هم در خلا منتشر می گردند و ازجنس انرژی الکترومغناطیس می باشند. مثال: امواج رادیویی و تلویزیون، نور.

Dr:B.Barati

مهم: محیط انتشار امواج مکانیکی باید محیط مادی باشد و هم چنین این محیط باید دارای ویژگی مهمی، به نام کشسان بودن باشد یعنی امواج مکانیکی جهت ایجاد انتشار نیاز به محیط هـای کشسان (الاستیک) دارند.

محیط کشسان:

به محیطی گفته می شود که وقتی در آن تغییر شکلی ایجاد کرده و سپس محط را به حال خود رها کنیم نیروهای کشسانی ایجاد شده بین اجزای محیط، محیط را به حالت اول خود بر گرداند.

«مثالهایی از محیطهای کشسان جامد، مایع و گاز»

۱)اگر تیغه ی فنری را خم کرده و رها کنیم، تیغه فنری به حالت اول خود باز می گردد بنابراین تیغه فنری محیطی کشسانی است (جامد).

Dr.B.Barati

۲)اگر توپی پر از باد را که بر سطح آرام استخری قرار داده، کمی بیشتر در آب فرو برده و رها کنیم، توپ به حالت اول بر می گردد، بنابراین آب محیطی کشسانی است (مایع)

۳)اگر انتهای سرنگی را با دست مسدود کرده و سر آن را بیرون بکشیم و سپس رها کنیم، مشاهده می گردد که پیستون به حالت اول بر می گردد بنابراین هوای فشرده شده محیط کشسان است (گاز) .

نکته:اگر یک ذره از محیط کشسان را به نوسان در آوریم، ذرات مجاور عیناً همان حرکت را با تأخیر زمانی انجام می دهند.

Dr.B.Barati

تعریف تپ موج (پالس):هر گاه تغییر شکل (یا آشفتگی) در یک جزء از محیط کشسانی که در حال تعادل است، ایجاد کنیم بعلت وجود نیروی کشسانی بین اجزای محیط،آن تغییر شکل در محیط جزء به جزء منتقل می شود ودر محیط پیش می رود تغییر شکل ایجاد شده در محیط را تپ و انتقال تپ در محیط را انتشار گویند.

نمایش ایجاد یک تپ طولی در یک فنر بلند کشیده شده

Dr:B.Barati

نکته:

۱)انتشار← برای حرکت موج در محیط

۲)ارتعاش (نوسان)← برای حرکت ذرات میحط در جای خود

تعریف چشمه ی موج: به نوسانگر ساده ای گفته می شود که موج تولید کرده و و موج حاصل در محیط از آن دور می شود مانند دیاپازون.

نکته: هنگام انتشار موج در محیط از اتلاف انرژی صرف نظر می شود به همین دلیل هر جزء از محیط انتشار همان حرکت هماهنگ ساده چشمه ی موج را با همان دامنه، دوره و بسامد تکرار می کند.

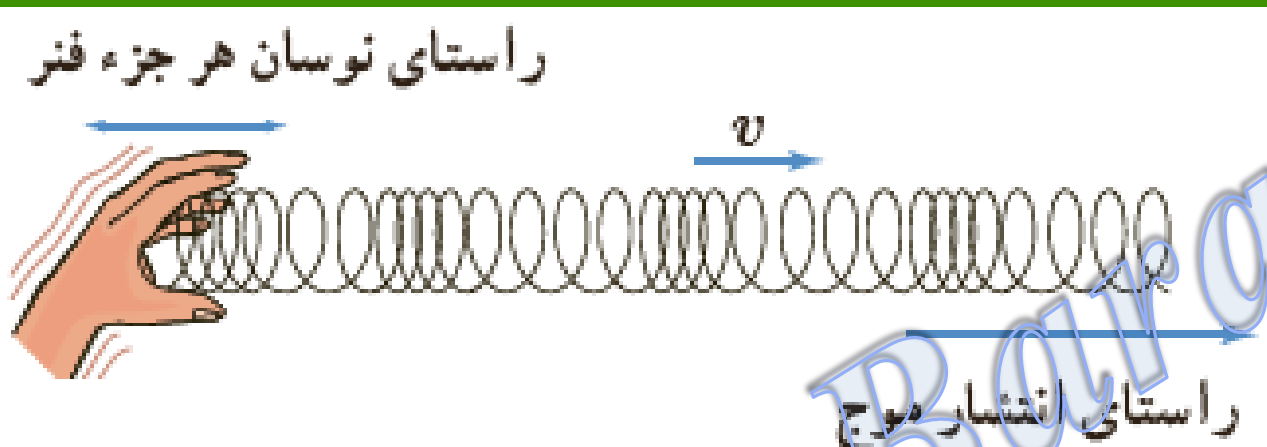
نکته: بسامد، دوره و دامنه موج فقط به چشمه موج بستگی دارند.

امواج عرضی: اگر راستای نوسان ذره های موج عمود بر راستای انتشار موج باشد موج را عرضی گویند. مانند موج ایجاد شده در سیم ، طناب یا فنر

نکته: امواج عرضی بیشتر در جامدات و در سطح مایعات ایجاد و منتشر می گردند.

Dr.B.Barati

امواج طولی:اگر راستای نوسان ذره های محیط، موازی یا منطبق با راستای انتشار موج باشد موج را طولی گویند.



نکته:امواج طولی در هر سه محیط جامد، مایع و گاز قابل تولید می باشند.

مهم:از آنجائیکه انتقال امواج مکانیکی از طریق ارتعاشات ذرات محیط انجام می پذیرد، بنابراین هر چه محیط چگالتر باشد (تراکم مولکولی محیط بیشتر باشد)، این انتقال سریعتر صورت گرفته، تا سرعت انتشار موج مکانیکی بیشتر می شود. به همین دلیل سرعت انتشارموج مکانیکی در جامدات بیشتر از مایعات و در مایعات بیشتر از گازهاست

گازها V< مایعات V < جامدات V

Dr.B.Barati

موج های پیش رونده: به موج های طولی و عرضی که از نقطه ای به نقطه ای دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می کنند موج های پیش رونده گویند

ویژگی امواج مکانیکی

۱) برای تولید و انتشار آن وجود یک محیط مادی و کشسان الزامی است. این موج ها در خلاء منتشر نمی شوند.

۲) انرژی را از نقطه ای به نقطه ی دیگر منتقل می کنند.

۳) همه ذرات محیط با همان بسامد چشمه موج به نوسان در می آیند.

۴) با انتشار موج، ذره های محیط در اطراف وضع تعادل خود نوسان می کنند اما همراه موج منتقل نمی شوند.

Dr:B.Barati

مشخصه های موج با استفاده از تشت موج

شکل زیر تشت موج را نشان می دهد که از یک تشت شیشه ای کم عمق و یک نوسان ساز تشکیل شده است.

مشاهده رفتار موج: استفاده از سایه ای است که توسط لامپ از سطح آب داخل تشت بر روی ورقه کاغذی زیر تشت تشکیل می شود. در این ازمایش برآمدگی ها و فرورفتگی های موج روی سطح آب به وضوح در سایه تشکیل شده بر روی ورقه کاغذ دیده می شوند.

طرحی از دستگاه تشت موج

نکته:

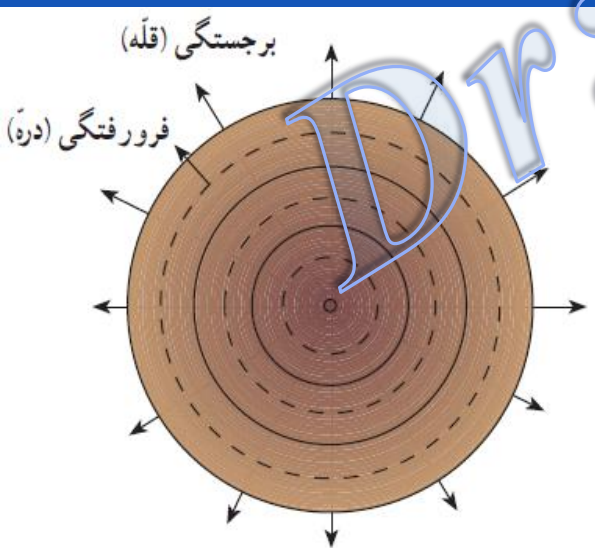
منبع تولید موج ← تاثیر بر شکل موج، دامنه، دوره و بسامد دارد

محیط انتشار ← تاثیر بر سرعت انتشار موج دارد.

Dr.B.Barati

انتشار موج در دوبعد: هنگامی که با گوی کوچکی بر سطح آب ظربه وارد کنیم امواجی در سطح آب بصورت دایره های هم مرکز منتشر می شود که نمونه ای از انتشار موج در دو بعد است این دایره ها که به صورت برآمدگی ها و فرورفتگی هایی هستند را جبهه موج گویند. مرکز همه ی این دایره ها چشمه موج است.

جبهه موج: مکان هندسی نقطه هایی از محیط است که در آن نقطه ها تابع موج دارای فاز یکسانی است (اختلاف فاز نقطه های واقع بر یک جبهه ی موج همواره برابر صفر است.



Dr:B.Barati

تعدادی دیگر از مشخصه های موج سطحی

دامنه (A) : پیشینهٔ فاصلهٔ یک ذره از مکان تعادل، *دامنهٔ موج* نامیده می‌شود که همان فاصلهٔ قله یا دره نسبت به سطح آرام یا ساکن است.

دورهٔ تناوب (T) : مدت زمانی که هر ذرهٔ محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد *دورهٔ تناوب* موج نامیده می‌شود که برابر با زمانی است که چشمهٔ موج یک نوسان کامل انجام می‌دهد.

بسامد (f) : تعداد نوسان‌های انجام شده توسط هر ذرهٔ محیط در یک ثانیه *بسامد* موج نامیده می‌شود که برابر با بسامد چشمهٔ موج نیز هست. بنابراین $f=\frac{1}{T}$.

تندی انتشار موج (v) : اگر جبههٔ موج در مدت Δt مسافت L را طی کند، تندی انتشار موج از رابطهٔ $v=\frac{L}{\Delta t}$ به‌دست می‌آید.

Dr.B.Barati

تندی انتشار موج

۱) تندی انتشار موج مکانیکی در یک محیط همگن (یکنواخت) در تمام جهت ها برابر و مقداری ثابت است.

۲) جابجایی موج در محیط همگن از رابطه $L = v\Delta t$ بدست می آید.

۳) تندی انتشار موج مکانیکی در یک محیط به ویژگی های فیزیکی آن محیط (جنس محیط، دمای محیط و ...) بستگی دارد.

۴) تندی انتشار موج مکانیکی به شرایط فیزیکی چشمه موج (بسامد، دامنه، شکل موج و انرژی آن) بستگی ندارد.

Dr:B.Barati

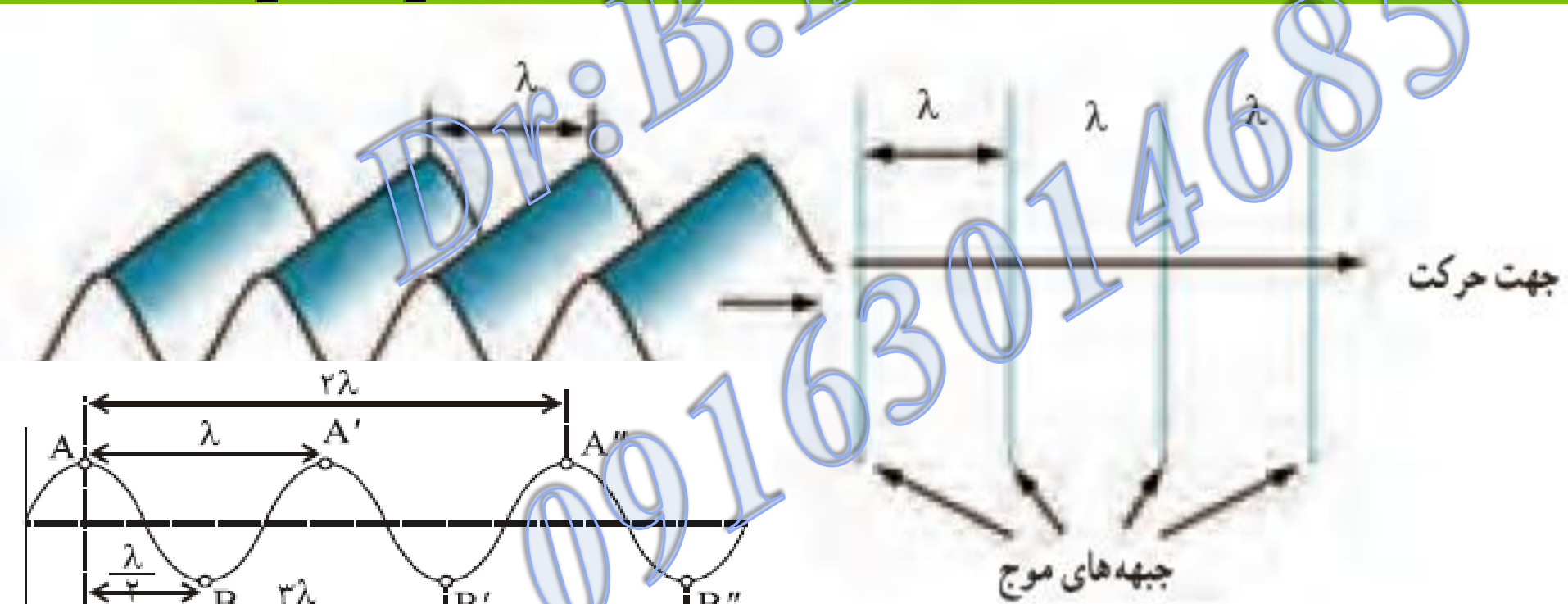
تعریف طول موج (λ):

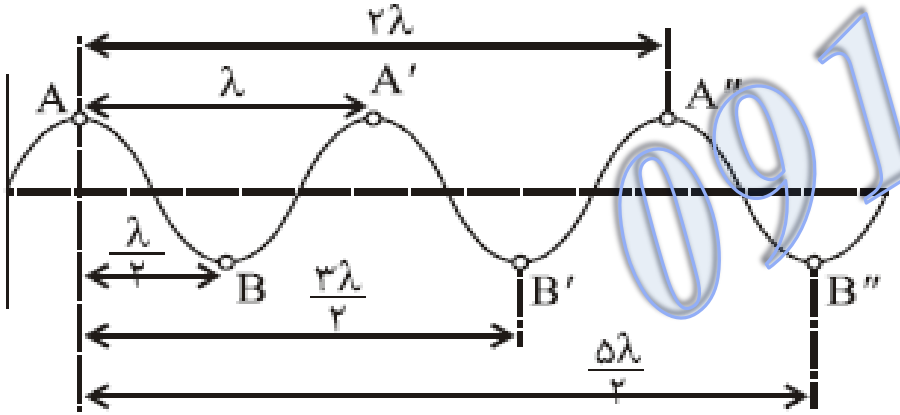
$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

۱- مسافتی که موج در مدت یک دوره تناوب طی می کند.

۲- فاصله بین دو برآمدگی متوالی یا دو فرو رفتگی متوالی را طول موج گویند.

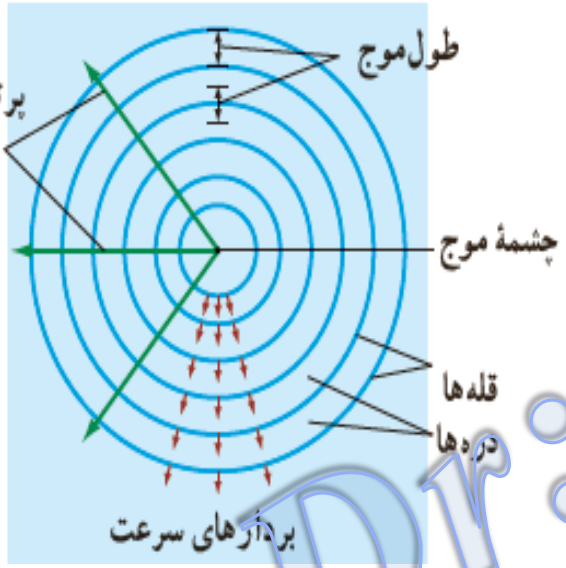
۳- فاصله بین دو نقطه از محیط انتشار که در وضعیت ارتعاشی یکسانی قرار دارند.





Dr.B.Barati
09163014685

امواج دایره‌ای تشکیل شده بر سطح آب تشت موج شکل زیر را در نظر بگیرید. آزمایش نشان داده است اگر گوی متحرک با دورهٔ تناوب ۱/۰ s در تشتی به عمق ۲/۵ cm نوسان کند، فاصلهٔ بین دو برآمدگی مجاور ۵۰cm و اگر در تشتی به عمق ۳/۵cm نوسان کند، این فاصله ۶۰cm می‌شود. تندی انتشار موج سطحی در این تشت در هر حالت چقدر است؟ از این محاسبه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



$$v_1 = \frac{\lambda_1}{T} = \frac{0/50\,m}{1/0\,s} = 0/50\,m/s$$

$$v_2 = \frac{\lambda_2}{T} = \frac{0/60\,m}{1/0\,s} = 0/60\,m/s$$

می توان نتیجه گرفت که تندی انتشار موج سطحی روی آب‌های کم‌عمق، به عمق آب که یکی از ویژگی‌های محیط انتشار موج است بستگی دارد.

Dr.B.Barati

مثال:سر طنابی را با بسامد زاویه ای $100\pi \frac{rad}{s}$ به نوسان در می آوریم اگر تندی انتشار موج در طناب $40\frac{m}{}$ باشد طول موج ایجاد شده چند متر است؟

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow 100\pi = 2\pi f \Rightarrow f = 50Hz$$

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{40}{50} = 0.8(m)$$

مثال: معادله ی نوسان یک چشمه ی موج بر حسب SI است $x = 0.2\sin 40\pi t$ با ۱۰ نوسان کامل چشمه، موج ۱۵m پیش روی می کند تندی انتشار موج چند $\frac{m}{s}$ است؟

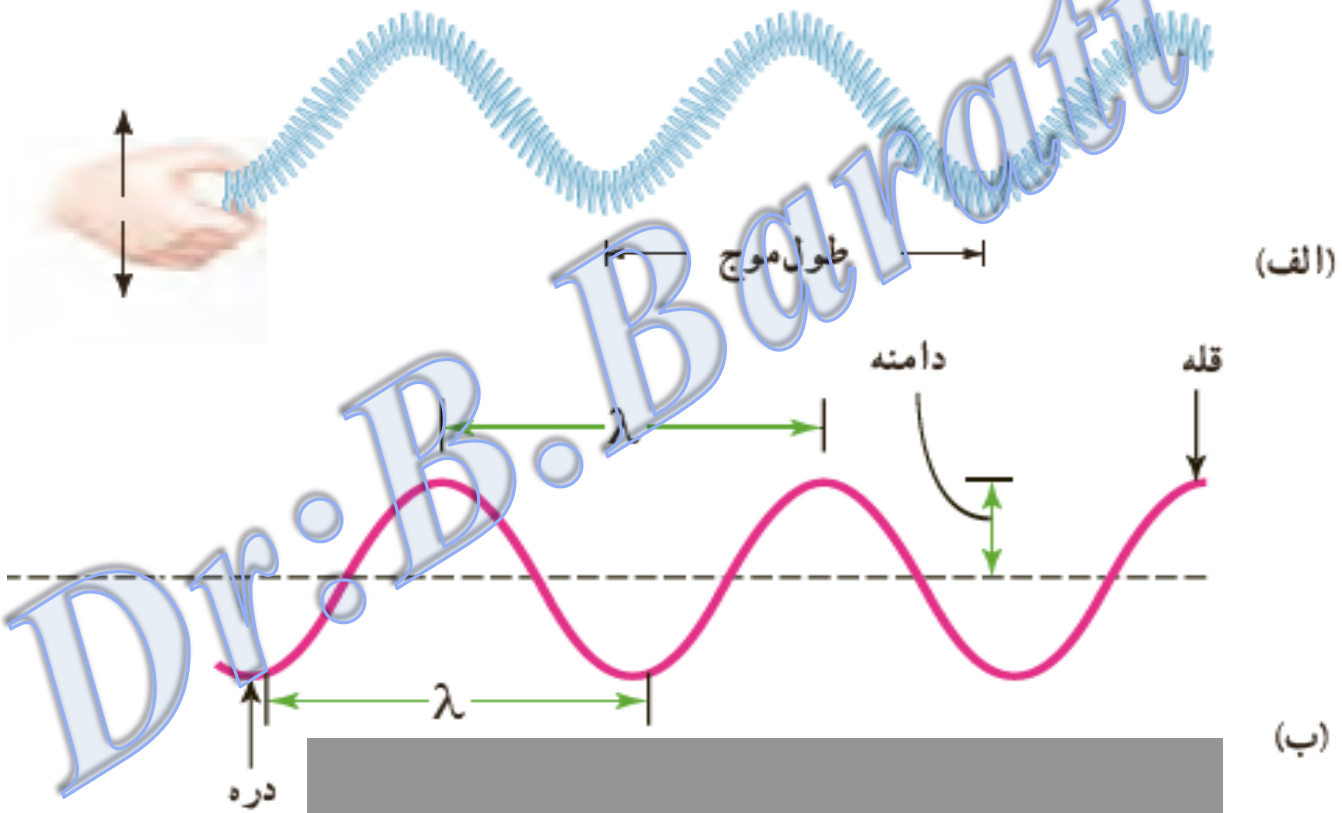
الف) ۶۰ ب) ۳۰ ج) ۱۵ د) ۷/۵

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow 40\pi = 2\pi f \Rightarrow f = 20Hz \quad ، \quad f = \frac{n}{t} \Rightarrow 20 = \frac{10}{t} \Rightarrow t = 0.5(s)$$

$$\Delta x = V\Delta t \Rightarrow 15 = V \times 0.5 \Rightarrow V = 30\frac{m}{s}$$

Dr:B.Barati

مشخصه های موج عرضی موج عرضی در فنرها و طناب ها از طریق قله ها و دره ها شناخته می شود.

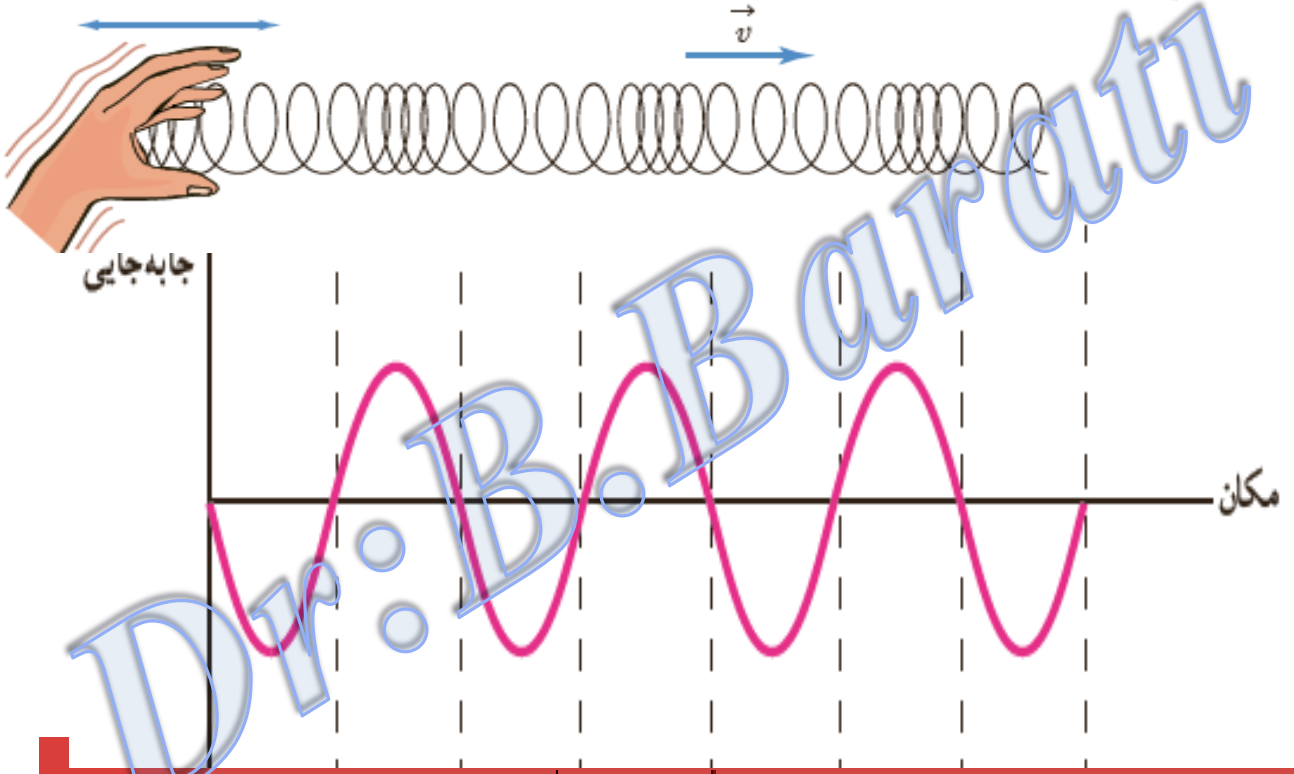


الف) یک موج عرضی در فنر کشیده شده و ب) مدل سینوسی برای این موج

Dr.B.Barati

مشخصه های موج طولی

موج طولی در فنرها از طریق تراکم و و انبساط ها شناخته می شود.



Dr:B.Barati

الف) تصویری لحظه‌ای از ایجاد نواحی جمع‌شدگی و بازشدگی در طول یک فنر بلند کشیده هنگام انتشار موج طولی سینوسی در فنر ب) نمودار جابه‌جایی ــ مکان برای موج ایجاد شده در فنر

نکته قابل توجه:تندی انتشار موج طولی مانند موج عرضی به طول موج و دوره تناوب بستگی دارد($v = \frac{\lambda}{T}$) اما به این معنا نیست که در یک جسم تندی انتشار هر دو نوع موج برابر می باشد بلکه برای امواج مکانیکی ، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط جامداست.

تندی انتشار موج عرضی در طناب یا تار:

تندی انتشار موج عرضی در طناب (یا در تار) یکنواختی به جرم m و طول L از رابطه زیر بدست می آید.

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \Rightarrow \quad \text{تندی انتشار} \quad V = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

$$\mu_{\left(\frac{kg}{m}\right)} = \frac{m(kg)}{L(m)}$$

Dr.B.Barati

نکته : رابطه تندی انتشار موج عرضی بر حسب شعاع و چگالی طناب

$$m = \rho V \qquad V = AL = \pi r^2 L \Rightarrow V = \sqrt{\frac{FL}{\rho \pi r^2 L}} \Rightarrow V = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{F}{\rho\pi}}$$

فنری به جرم $0/60\,kg$ و طول $4/0\,m$ را با نیروی $1/2\,N$ می‌کشیم. الف) تندی انتشار موج در این فنر چقدر است؟ ب) سر آزاد فنر را با چه بسامدی تکان دهیم تا طول موج ایجاد شده در فنر $1/0\,m$ شود؟

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0/60\,kg}{4/0\,m} = 0/15\,kg/m$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{1/2\,N}{0/15\,kg/m}} = 2/83\,m/s \simeq 2/8\,m/s$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2/83\,m/s}{1/0\,m} = 2/83\,Hz \simeq 2/8\,Hz$$

Dr.B.Barati

مثال: نیروی کشش در یک تار (N) ۸ و جرم یکای طول آن $۰/۰۲\frac{kg}{m}$ می باشد.

الف) اگر در طول تار موج عرض با بسامد ۴۰Hz منتشر شود ، طول موج در تار چند cm است.

ب) اگر نیروی کشش را نصف کنیم، بسامد و طول موج در تار چه تغییری می کنند؟

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{8}{0.02}} = 20\frac{m}{s} \Rightarrow \lambda = \frac{V}{f} = \frac{20}{40} = 0.5m = 50cm$$ (الف

ب) با تغییر نیروی کشش، سرعت انتشار در تار تغییر می کند اما بسامد موج که از ویژگی های چشمه ی موج است ثابت می ماند.

$$f_1 = f_2 = 40Hz \quad \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{4}{8}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}V_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 20 = 10\sqrt{2}\frac{m}{s}$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{50} = \frac{10\sqrt{2}}{20} \Rightarrow \lambda_2 = 25\sqrt{2}cm$$

Dr.B.Barati

مثال: دو سیم هم جنس و هم طول با نیروی کشش یکسان در اختیار داریم اگر سطح مقطع سیم اول A_1 و سطح مقطع سیم دوم $A_2 = 16A_1$ باشد نسبت تندی موج در سیم اول به تندی موج در سیم دوم کدام است؟

$$V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{16A_1}{A_1}} \Rightarrow V_2 = 4V_1$$

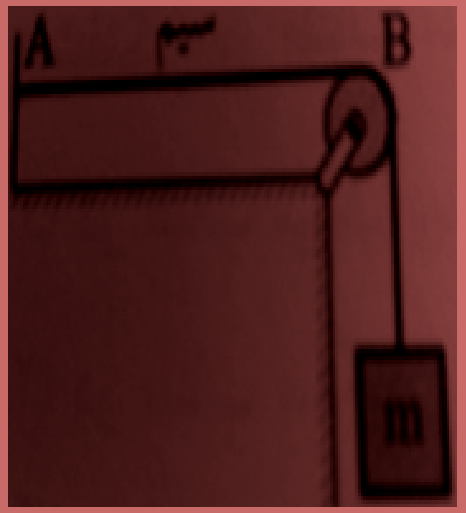
مثال: مساحت مقطع یک سیم $10^{-6}m^2$ و چگالی آن $6.4\frac{gr}{cm^3}$ است اگر این سیم با نیروی ۴N کشیده شود تندی انتشار امواج عرضی در آن چند $\frac{m}{s}$ است؟

الف) ۲۵ ب) ۵۰ ج) ۲۵۰ د) 5×10^{2}

$$V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \sqrt{\frac{4}{6.4 \times 10^{3} \times 10^{-6}}} = 25\frac{m}{s}$$

Dr:B.Barati

مثال: در شکل مقابل دمای محیط را افزایش می دهیم تا سیم و جسم M منبسط شوند سرعت انتشار موج



عرضی در طول سیم (AB) چه تغییر ی می کند (انبساط سطح مقطع سیم ناچیز)

الف) کم می شود. ب) زیاد می شود.

ج) تغییر نمی کند. د) بستگی به ضریب انبساط سیم و جسم m دارد.

حل: با افزایش دما جرم واحد طول سیم (μ) کاهش می یابد $\left(\mu = \frac{m}{L}\right)$ اما وزن جسم Mکه برابر با نیروی کشش سیم است دست نخورده باقی می ماند پس طبق رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ با ثابت ماندن F و کاهش μ ، V افزایش می یابد.

Dr.B.Barati

مثال: تندی انتشار یک موج عرضی در یک تار، $100\frac{m}{s}$ است نیروی کشش این تار را چند درصد افزایش دهیم تاتندی انتشار موج در آن به $110\frac{m}{s}$ برسد؟

الف) $\sqrt{10}$ ب) ۱۰ ج) $\sqrt{21}$ د) ۲۱

$$\frac{V_2}{V_1}=\sqrt{\frac{F_2}{F_1}}\Rightarrow\frac{110}{100}=\sqrt{\frac{F_2}{F_1}}\Rightarrow\frac{F_2}{F_1}=\left(\frac{11}{10}\right)^2\Rightarrow\frac{F_2}{F_1}=\frac{121}{100}$$

باید 0.21افزایش یابد 1.21 =

انتقال انرژی در موج عرضی : هر موجی حامل انرژی است. وقتی در یک ریسمان یا فنر کشیده موجی عرضی را ایجاد می‌کنیم، در واقع، انرژی را برای ایجاد موج در ریسمان فراهم کرده‌ایم. با انتشار موج، این انرژی به‌صورت انرژی جنبشی و پتانسیل در ریسمان انتقال می‌یابد. انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل لازم برای حرکت و کشیدگی هر جزء ریسمان یا فنر را شخصی تأمین می‌کند که سر ریسمان یا فنر را دائماً به نوسان درمی‌آورد. ثابت می‌شود مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط) در یک موج سینوسی برای همهٔ انواع امواج مکانیکی با مربع دامنه (A^2) و نیز مربع بسامد (f^2) موج متناسب است.

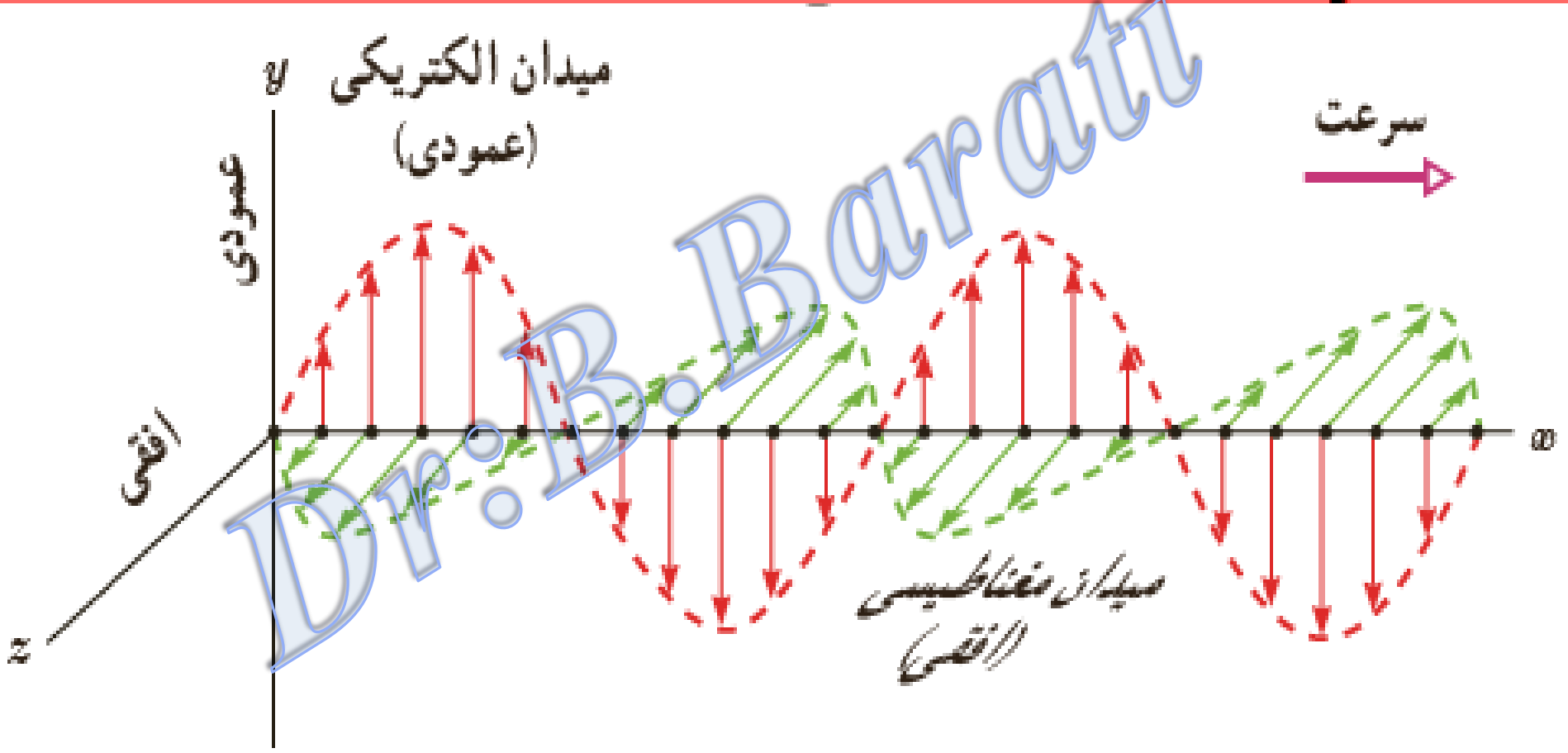
Dr.B.Barati

یادآوری از فیزیک سال دوم: در کتاب فیزیک آموختیم که بار الکتریکی، میدان الکتریکی ایجاد می‌کند و جریان الکتریکی، میدان مغناطیسی تولید می‌کند. اگر بارهای الکتریکی ساکن باشند، میدان الکتریکی حاصل از آنها با زمان تغییر نمی‌کند. به همین ترتیب اگر جریان الکتریکی ثابت باشد، میدان مغناطیسی حاصل از آن ثابت و بدون تغییر می‌شود. امواج الکترومغناطیسی از رابطهٔ متقابل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به‌وجود می‌آیند. یعنی هر تغییری در میدان الکتریکی در هر نقطه

شرح مختصری بر نحوه تولید امواج الکترومغناطیس: امواج الکترومغناطیسی از رابطهٔ متقابل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به‌وجود 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 به‌وجود می‌آورد. این رابطهٔ متقابل میدان‌ها سبب انتقال نوسان‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی از یک نقطهٔ فضا به نقاط دیگر و یا همان انتشار موج الکترومغناطیسی می‌شود. ایجاد

Dr.B.Barati

ماکسول از دو پدیده ($\vec{E}$متغیر $\rightleftarrows$ $\vec{B}$متغیر) نتیجه گرفت که امواج E-M باید لزوما ناشی از تغییرات میدانها E و B باشد



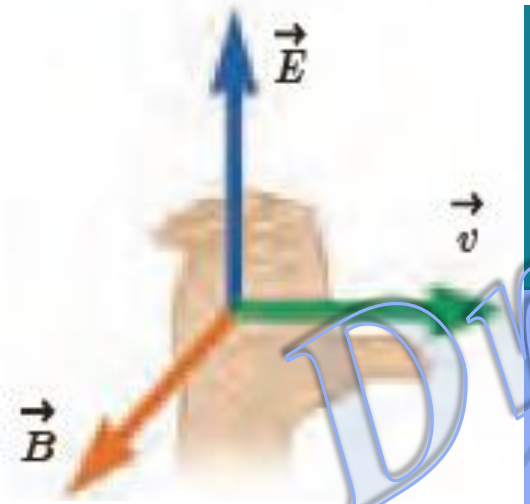
Dr.B.Barati

چند مشخصه بارز امواج E-M

۱ــ میدان الکتریکی $\vec{E}$ همواره عمود بر میدان مغناطیسی $\vec{B}$ است.

۲ــ میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی $\vec{E}$ و $\vec{B}$ همواره بر جهت حرکت موج عمودند و در نتیجه موج الکترومغناطیسی، یک موج عرضی است.

۳ــ میدان‌ها با بسامد یکسان و همگام با یکدیگر تغییر می‌کنند.



جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی را می‌توان مطابق شکل زیر از قاعدهٔ دست راست تعیین کرد.

نکته:امواج E-M نیز مانند امواج مکانیکی درزمان و مکان تغییر می کنندولی تفاوت آنها این است که در امواج مکانیکی ذره های تشکیل دهنده ی محیط نوسان می کنندودرامواج الکترومغناطیسی، میدان های الکتریکی ومغناطیسی درهرنقطه از فضا بطور نوسانی تغییر می کنندیعنی امواج E-M برای انتشار خود احتیاج محیط مادی ندارند.

Dr.B.Barati

سرعت انتشار امواج E-M: میدان های B و E حاصل از جریان نوسانی دریک آنتن بطور هم زمان به تمام نقاط نمی رسد بلکه با سرعت مشخص منتشر می شوند.ابتدا این میدان ها درنقاط نزدیک وسپس به نقاط دورتر می رسند.ماکسول نشان داد که سرعت انتشار امواج E-M درخلا از رابطه $C=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ بدست می آید

مثال : دامنه ی میدان الکتریکی ومغناطیسی یک موج E-M به ترتیب $400\frac{V}{m}$ و 10^{-5} (T) است بیشینه نیروبی که این موج می تواند به یک بار الکتریکی 1mc که با سرعت $4\times10^{6} m/s$ در راستای انتشار موج درحرکت است وارد کند چند نیوتنی می باشد.

$F_E = qE_{max} = 10^{-3} \times 4000 = 4N$

$\Rightarrow F_T = F_E + F_B = 4.04(N)$

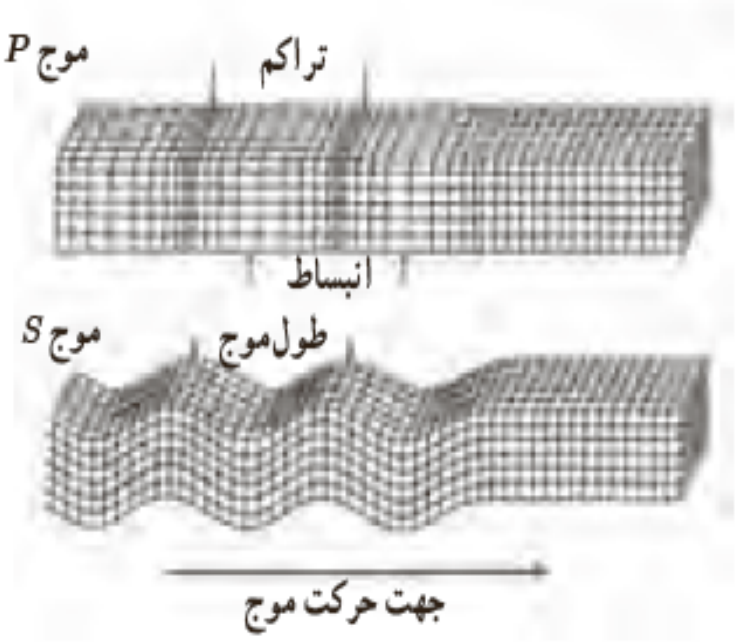
$F_B = q\,vB\,Sin90 = 10^{-3} \times 4 \times 10^{6} \times 10^{-5} = 0.04$

نکته:امواج E-M ، انرژی را نه بصورت انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل ذرات محیط ، بلکه بصورت انرژی میدان های E و B منتقل می کنند

Dr.B.Barati

طیف امواج الکترومغناطیسی : این طیف شامل امواج رادیویی، میکروموج، فروسرخ، طیف نور مرئی، فرابنفش، پرتوهای X و پرتوهای گاما است، که از کمترین بسامد تا بیشترین بسامد گسترده شده‌اند (شکل زیر). تمام این امواج به‌رغم تفاوت فراوان در روش‌های تولید و کاربردهای آنها، امواجی الکترومغناطیسی هستند و همگی با تندی یکسان در خلأ حرکت می‌کنند و هیچ گسستگی‌ای در این طیف وجود ندارد.

Dr.B.Barati



امواج لرزه‌ای[1] موج‌های مکانیکی‌ای هستند که از لایه‌های زمین عبور می‌کنند. یکی از منشأهای مهم امواج لرزه‌ای، زمین‌لرزه‌ها هستند. دو نوع از امواج لرزه‌ای، امواج اولیهٔ P[2] و امواج ثانویهٔ S[3] هستند. امواج P، امواجی طولی و امواج S امواجی عرضی هستند. معمولاً تندی موج‌های P در حدود ۸/۰km/s و تندی موج‌های S در حدود ۴/۵ km/s است. یک دستگاه لرزه‌نگار[4] موج‌های P و S حاصل از یک زمین‌لرزه را ثبت می‌کند. فرض کنید نخستین امواج P، ۳/۰ دقیقه پیش از نخستین امواج S دریافت شوند. اگر این موج‌ها روی خط راستی حرکت کنند، زمین‌لرزه در چه فاصله‌ای از محل لرزه‌نگار رخ داده است؟

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v_s} - \frac{\Delta x}{v_P} = \frac{(v_P - v_s)\Delta x}{v_s v_P}$$

$$\Delta x = \frac{v_s v_P}{v_P - v_s}\Delta t = \frac{(۴/۵\text{km/s})(۸/۰\text{km/s})}{(۸/۰\text{km/s}) - (۴/۵\text{km/s})}(۳/۰\times۶۰\text{s}) = ۱/۹\times۱۰^{۴}\text{km}$$

Dr.B.Barati

موج صوتی :

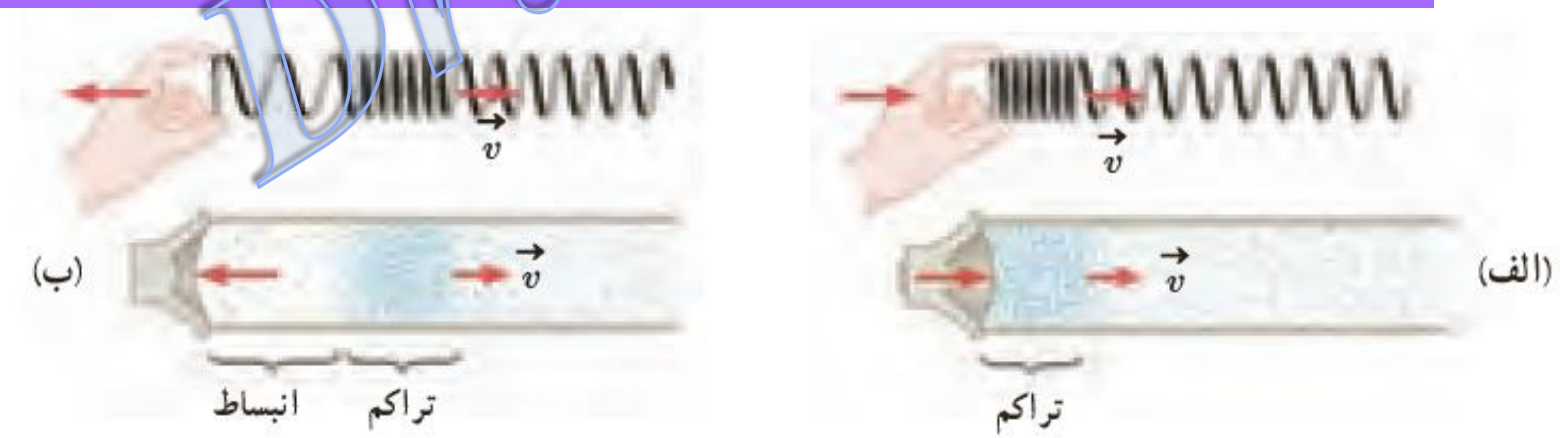
صوت یک نوع موج مکانیکی طولی است که توسط جسم مرتعشی(چشمه صوت) مانند سیم گیتار، تاره های صوتی حنجره انسان، دیاپازون، و یا پوسته های مرتعشی مانند صفحه مرتعش یک بلندگو تولید می شوند.

نکات لازم

۱)وقتی یک چشمه صوت مرتعش می شود معمولا صوت ایجاد شده در تمام جهات منتشر می شود.

۲)صوت فقط در محیط های مادی مانند گاز، مایع ، یا جامد می تواند ایجاد و منتشر شود.

۳) امواج صوتی در مقایسه با امواج طولی تشکیل شده در فنر، از مجموعه ای از تراکم و انبساط ها تشکیل شده اند.



Dr.B.Baratti

تندی انتشار صوت:

چون موج صوتی از نوع موج های مکانیکی است پس تندی انتشار آن به ویژگی های محیط انتشار مانند چگالی، فشار ، دما ، جرم مولکولی(مولی) و حالت محیط بستگی دارد، در نتیجه تندی صوت در جامدات بیشتر از مایعات و در مایعات بیشتر از گازها است یعنی هر اندازه ماده متراکم تر باشد تندی انتشار صوت نیز بیشتر است زیرا هر چه مولکول ها بهم نزدیک تر باشند انتقال انرژی از ذره ای به ذره ای دیگر در زمان کمتری صورت می گیرد.

مثال: به یک سر میله فلزی با طول ۶۰۰ متر ضربه ای وارد می شود و شنونده ای که در انتهای دیگر میله قرار دارد دو صوت به فاصله ی زمانی 1.7s می شنود. هر گاه سرعت انتشار صوت در هوا $300\frac{m}{s}$ باشد سرعت در میله چند $\frac{m}{s}$ است؟

الف) ۱۰۰ ب) ۶۰۰۰ ج) ۵۱۰ د) ۲۰۰۰

$$V_{\text{جامد}} > V_{\text{هوا}} \Rightarrow t_{\text{میله}} < t_{\text{هوا}}$$

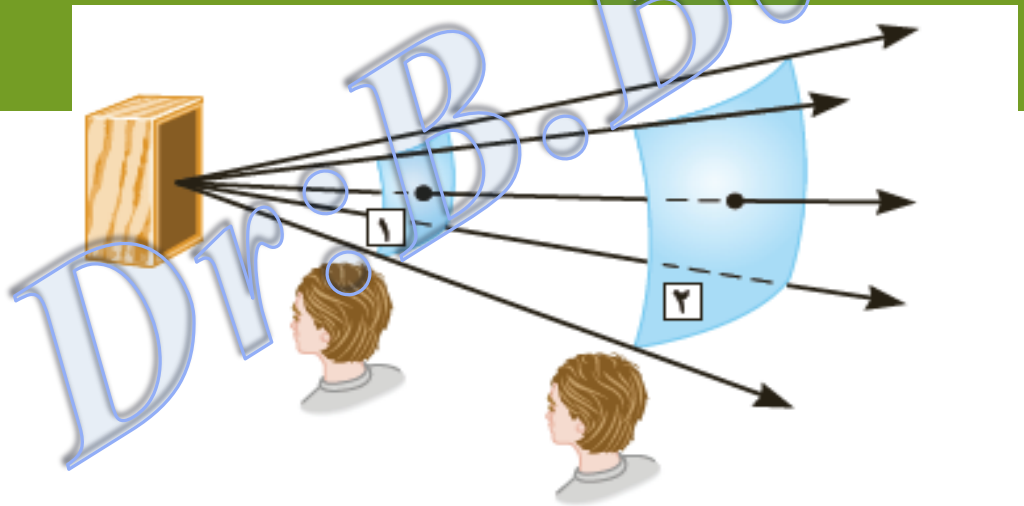
$$\Delta t = t_{\text{هوا}} - t_{\text{میله}} \Rightarrow \Delta t = \frac{L}{V_{\text{هوا}}} - \frac{L}{V_{\text{میله}}} \Rightarrow 1.7 = \frac{600}{300} - \frac{600}{V_{\text{میله}}} \Rightarrow V_{\text{میله}} = 2000\frac{m}{s}$$

Dr: B. Barati 09163014685

شخصی با چکّش به انتهای میلهٔ باریک بلندی ضربه‌ای می‌زند. تندی صوت در این میله ۱۵ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگری که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا را که یکی از میله می‌آید و دیگری از هوای اطراف میله، با اختلاف زمانی ۰/۱۲s می‌شنود. اگر تندی صوت در هوا ۳۴۰m/s باشد، طول میله چقدر است؟

Dr:B.Barati

انتقال انرژی از طریق امواج صوتی : انتشار صوت از هر چشمهٔ صوتی همراه با انتقال پی‌درپی انرژی از ناحیه‌ای از محیط به ناحیه‌ای دیگر از آن است. در واقع چشمهٔ صوت، این انرژی را با به حرکت درآوردن لایه‌ای از محیط که در تماس مستقیم با چشمه است به محیط می‌دهد. انرژی از این لایه به لایهٔ بعدی و از آنجا به لایه‌های بعدتر منتقل و در تمام جهت‌ها منتشر می‌شود.



نمایش انتقال انرژی: با انتشار صوت از چشمه، انرژی به‌طور عمود، نخست از سطح ۱ و سپس از سطح ۲ که مساحت بیشتری دارد، می‌گذرد.

Dr.B.Barati

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

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

$\overline{P}$ ← آهنگ متوسط انتقال انرژی

A ← مساحت

یکای شدت صوت، وات بر مترمربع (W/m^2) است.

عوامل موثر بر شدت صوت :

۱) دامنه صوت $I \propto A^2$

۲) بسامد صوت $I \propto f^2$

۳) فاصله شنونده از منبع صوت $I \propto \frac{1}{d^2}$

۴) جنس محیط انتشار صوت

Dr:B.Barati

تراز شدت صوت (B): لگاریتم (در پایه ده) نسبت شدت آن صوت به شدت صوت مبنا را تراز شدت صوت می گویند.

$$B = K\log\frac{I}{I_o}$$

$K = 1b$ یا $K = 10db$

نکته: رابطه تغییر تراز شدت صوت $B_2 - B_1 = K\log\frac{I_2}{I_1}$

مثال: تراز شدت صوت حد پایین شنوایی و حد بالای شنوایی را بدست آورید.

حد پایین شنوایی $B = 10\log\frac{10^{-12}}{10^{-12}} = 0$

حد بالای شنوایی $B = 10\log\frac{1}{10^{-12}} = 10\log 10^{12} = 120db$

Dr.B.Barati

مثال: شخصی در فاصله ی ۴ متری یک چشمه صوتی با توان 19.2 میلی وات ایستاده است اگر ۲۰% انرژی صوتی توسط هوا جذب شود تراز شدت صوت برای این شخص چند دسی بل است؟

$\pi = 3 \quad \log 2 = 0.3$

الف) ۶۳ ب) ۷۳ ج) ۷۹ د) ۸۵

$$I = \frac{0.8P}{4\pi r^2} = \frac{0.8 \times 19.2 \times 10^{-3}}{4 \times 3 \times 16} = 8 \times 10^{-5}\left(\frac{w}{m^2}\right)$$

$$B = 10\log\frac{I}{I_0} = 10\log\frac{8 \times 10^{-5}}{10^{-12}} = 10\log 8 \times 10^{7} = 10(3\log 2 + 7)$$

$$B = 79(db)$$

Dr.B.Barati

مثال: در فاصله ۵۰m از چشمه ی صوتی تراز شدت صوت ۴۰db است اگر از اتلاف انرژِ صوتی چشم پوشی شوددر چه فاصله ای از چشمه (بر حسب متر) صوت را به سختی می توان شنید.

الف) ۲۰۰۰ ب) ۵۰۰۰ ج) ۱۰۰۰۰ د) ۵۰۰۰۰

$$B = 10\log\frac{I}{I_o} \Rightarrow 40 = 10\log\frac{I}{I_o} \Rightarrow \frac{I}{I_o} = 10^4 \Rightarrow I = 10^4 I_o$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_o}{10^4 I_o} = \left(\frac{50}{r_2}\right)^2 \Rightarrow r_2 = 50000$$

Dr. B. Barati

مثال: اگر فاصله از یک چشمه صوت ۲۵ برابر شود تراز شدت صوت چند دسی بل کم می شود

(log5=0.7)

الف) ۵ ب) ۱۴ ج) ۲۸ د) ۳۵

$$B_2 - B_1 = 10\log\frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow B_2 - B_1 = 10\log\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = 20\log\frac{1}{25} = 40(-\log 5) = -28$$

منفی نشانه کاهش است

مثال: شنونده ای به فاصله d_A از منبع صوتی A و به فاصله d_B از منبع صوتی B واقع است دو منبع صوت های هم دامنه و هم بسامد تولید می کند اگر برای شنونده صوت منبع B به اندازه ۴۰db بلندتر باشد $\frac{d_B}{d_A}$ چقدر است؟

$$B_B = 40 + B_A \Rightarrow B_B - B_A = 40 \Rightarrow B_B - B_A = K\log\frac{I_B}{I_A}$$

$$40 = 10\log\left(\frac{d_A}{d_B}\right)^2 \Rightarrow 4 = 2\log\frac{d_A}{d_B} \Rightarrow 2 = \log\left(\frac{d_A}{d_B}\right)$$

$$10^2 = \frac{d_A}{d_B} \Rightarrow \frac{d_B}{d_A} = 10^{-2}$$

Dr.B.Barati

مثال: در فاصله معین از یک چشمه ی صوت، تراز شدت صوت ۶۰db است در مدت ۱۰ ثانیه چقدر انرژی از مساحت $2m^2$ می گذرد $(I_o = 10^{-12}\frac{w}{m^2})$

الف) ۲۰ μj　　ب) ۶۰mj　　ج) ۴۰j　　۵۰Kj

$$B = K\log\frac{I}{I_o} \Rightarrow 60 = 10\log\frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 6 = \log\frac{I}{10^{-12}}$$

$$10^6 = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^6 \times 10^{-12} = 10^{-6}\frac{w}{m^2} \Rightarrow I = \frac{A}{At} \Rightarrow 10^{-6} = \frac{E}{2 \times 10}$$

$$E = 20 \times 10^{-6}j = 20\mu j$$

مثال: تراز شدت صوتی ۱۵ دسی بل است شدت این صوت چند برابر شدت صوت مبنا است(log2=0.3)

الف) ۵۰　　ب) ۳۰　　ج) ۳۲　　د) ۲۲

$$B = K\log\frac{I}{I_o} \Rightarrow 15 = 10\log\frac{I}{I_o} \Rightarrow 5 \times 0.3 = \log\frac{I}{I_o}$$

$$5\log2 = \log\frac{I}{I_o} \Rightarrow \log2^5 = \log\frac{I}{I_o} \Rightarrow \frac{I}{I_o} = 2^5 = 32$$

Dr.B.Barati

مثال: در فاصله ی ۵ متری از یک منبع صوت نقطه ای شکل، صوت با شدت معینی شنیده تر می شود چند متر دیگر از منبع صوتی در همان راستای اولیه دور شویم تا ۹ بار ضعیف تر ازمحل اول شنیده می شود؟

الف) ۱۰ ب) ۳.۳ ج) ۳۰ د) ۵

$$\frac{I_2}{I_1} = (\frac{d1}{d2})^2 \Longrightarrow \frac{\frac{1}{9}I_1}{I_1} = (\frac{5}{5+x})^2 \Longrightarrow$$

$$\frac{1}{3} = \frac{5}{5+x} \Longrightarrow x = 10(m)$$

مثال: اگر شدت صوتی ۳ برابر شود تراز شدت آن نیز ۳ برابر می شود شدت اولیه ی این صوت چند برابر صوت مبنا بوده است.

$$\left| \begin{matrix} B = \log\frac{I}{I_o} \\ 3B = \log\frac{3I}{I_o} \end{matrix} \right. \Longrightarrow 3\log\frac{I}{I_o} = \log\frac{3I}{I_o} \Longrightarrow \log(\frac{I}{I_o})^3 = \log 3\ \frac{I}{I_o}$$

$$(\frac{I}{I_o})^3 = 3\ \frac{I}{I_o} \Longrightarrow (\frac{I}{I_o})^2 = 3 \Longrightarrow \frac{I}{I_o} = \sqrt{3}$$

Dr.B.Barati

مثال: برای آنکه تراز شدت صوتی ۶ دسی بل افزایش یابد، شدت صوت باید چند برابر شود؟

$\log 2 = 0.3$

الف) ۴ ب) ۹ ج) ۶ د) ۲

$$B_2 - B_1 = 10\log\frac{I}{I_o} \Rightarrow 6 = 10\log\frac{I}{I_o} \Rightarrow 0.6 = \log\frac{I}{I_o} \Rightarrow 2\times 0.3 = \log\frac{I}{I_o}$$

$$2\log 2 = \log\frac{I}{I_o} \Rightarrow \log 2^2 = \log\frac{I}{I_o} \Rightarrow \frac{I}{I_o} = 4$$

مثال: تراز شدت دو صوت ۱۰ و ۶۰ دسی بل است توان صوت منبع دوم به منبع اول چقدر است؟

$$B_2 - B_1 = 10\log\frac{P_2}{P_1} \Rightarrow 60 - 10 = 10\log\frac{P_2}{P_1} \Rightarrow 50 = 10\log\frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^5$$

Dr.B.Barati

مثال: شنونده ای که در فاصله ی ۸ متری یک منبع صوت قرار دارد، چند متر به منبع صوت نزدیک شود تا منبع صوت را با تراز شدت ۱۲db بیشتر از حالت قبل احساس کند.log2=0.3

الف) ۷/۵ ب) ۶ ج) ۴/۵ د) ۲

$$\Delta B = K\log\frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 12 = 10\log\frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 1.2 = \log(\frac{d_1}{d_2})^2$$

$$4\times 0/3 = \log\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \Rightarrow 4\log 2 = \log(\frac{d_1}{d_2})^2$$

$$\log 2^4 = \log(\frac{d_1}{d_2})^2 \Rightarrow 16 = (\frac{d_1}{d_2})^2 \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = 4$$

$$d_1 = 4d_2 \Rightarrow 8 = 4d_2 \Rightarrow d_2 = 2m \Rightarrow \Delta d = 8-2 = 6m$$

مثال: اگر شدت صوت $2\sqrt{10}$ برابر شود تراز شدت صوت چگونه تغییر می کند.(log2=0.3)

الف) ۴۰برابر ب)۸برابر ج)8db افزایش د)40dbافزایش

$$\Delta B = K\log\frac{I_2}{I_1} = 10\log\frac{2\sqrt{10}I_1}{I_1} = 10\log 2\sqrt{10} \Rightarrow \Delta B = 10(\log 2 + \log\sqrt{10})$$

$$\Delta B = 10(0.3 + \log 10^{\frac{1}{2}}) = 10(0.3 + \frac{1}{2}\log 10) = 10(0.3+0.5) = 8db$$

Dr.B.Barati

مثال: تراز شدت صوت در خیابانی ۵۰ db و مساحت پنجره ای که به این خیابان باز می شود $6\,m^2$ است اگر تراز شدت صوت در سطح پنجره ،با خیابان یکسان فرض شود صوت با چه توانی بر حسب میکروواتاز پنجره وارد خانه می شود.($I_0 = 10^{-12}\frac{w}{m^2}$)

الف) ۰/۳ ب) ۰/۶ ج) ۳۰۰ د) ۶۰۰

$$B = k\log\frac{I}{I_0} \Rightarrow 50 = 10\log\frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 5 = \log\frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 10^5 = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow$$

$$I = 10^{-7}\frac{w}{m^2} \quad I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = IA = 10^{-7} \times 6 = 0.6 \times 10^{-6} w = 0.6\mu w$$

Dr.B.Barati

مثال: اگر دامنه صوتی را ۴ برابر کنیم براب یک شنونده ی معین ، تراز شدت صوت 1.3 برابر می شود در این حالت تراز شدت صوت برای آن شنونده به چند دسی بل می رسد $\log 2 = 0.3$

الف) ۱۲ ب) ۳۲ ج) ۴۰ د) ۵۲

$$\Delta B = 10\log\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \Rightarrow 1.3B_1 - B_1 = 20\log\frac{4A_1}{A_1} \Rightarrow 0.3B_1 = 20\log\log 2^2$$

$$\log 2B_1 = 40\log\log 2$$

$$\Rightarrow B_1 = 40 \Rightarrow \quad B_2 = 1.3 \times 40 = 52db$$

Dr: B. Barati

بیان تُنِ موسیقی: وقتی دیاپازونی را با ضربه‌ای به ارتعاش وامی‌داریم، دیاپازون نوسان‌هایی انجام می‌دهد که به دلیل میرایی کم، به حرکت هماهنگ ساده نزدیک است. به صوت حاصل از چنین چشمه‌هایی تُنِ موسیقی یا به اختصار تُن[1] گفته می‌شود.

نکته قابل توجه: با شنیدن هر تُن موسیقی، دو ویژگی ارتفاع و بلندی صوت های موسیقی را می توان از هم متمایز ساخت.

ارتفاع و بلندی هر دو به ادراک شنوایی ما مربوط می‌شوند.

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

بلندی، شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند. اگر یک دیاپازون با بسامد مشخص را با ضربه‌هایی متفاوت به ارتعاش وادارید، با آنکه بسامد صدایی که می‌شنوید تغییر نمی‌کند، اما صداهایی با بلندی متفاوت را حس می‌کنید که این به شدت ضربه‌ها بستگی دارد. بلندی متفاوت با شدت است.

Dr.BBaratti

توجه مهم

شدت را می‌توان با یک آشکارساز اندازه گرفت، در حالی که بلندی چیزی است که شما حس می‌کنید. دستگاه شنوایی انسان به بسامدهای متفاوت حساسیت‌های متفاوتی نشان می‌دهد، به‌طوری که بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گسترهٔ ۲۰۰۰Hz تا ۵۰۰۰Hz است، در حالی که گوش انسان قادر به شنیدن تُن‌های صدای ۲۰Hz تا ۲۰,۰۰۰Hz است.

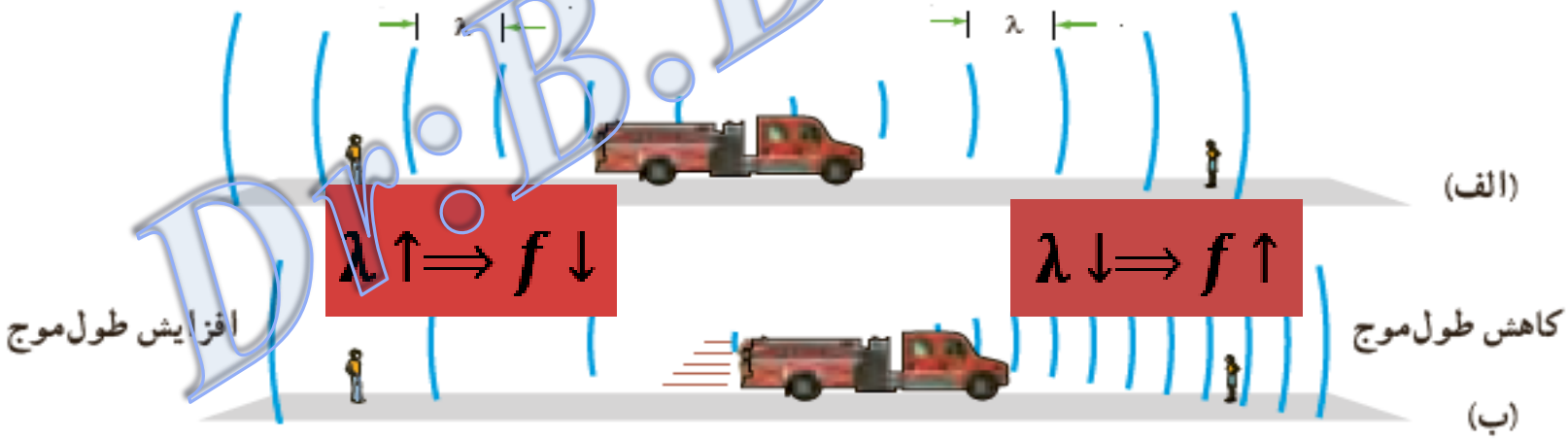
پدیده دوپلر: تغییر فرکانس در اثر حرکت نسبی شنونده و منبع صوت را پدیده دوپلر گویند.

بررسی در مرحله برای نظر و پیشنهاد دارید

اسلاید های بعدی

Dr.B.Barati
09163014685

مرحله اول)ناظر شنونده ساکن و چشمه متحرک: شکل الف ، جبهه‌های موج حاصل از صدای آژیر یک ماشین آتش‌نشانی ساکن را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود فاصلهٔ این جبهه‌ها از هم، در جلو و عقب ماشین یکسان است، ولی اگر ماشین آتش‌نشانی مثلاً به جلو حرکت کند، فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلوی ماشین کمتر از پشت آن خواهد بود **(شکل ب)** . بنابراین اگر ناظر ساکنی را روبه‌روی ماشین در نظر بگیریم، این ناظر طول‌موج کوتاه‌تری را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود اندازه می‌گیرد، که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است. در حالی که ناظر ساکن عقب ماشین طول‌موج بلندتری را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود اندازه می‌گیرد، که این به معنی کاهش بسامد برای این ناظر است. شرط این که طول موج تغییر کند این است که حتماً منبع صوت حرکت کند.

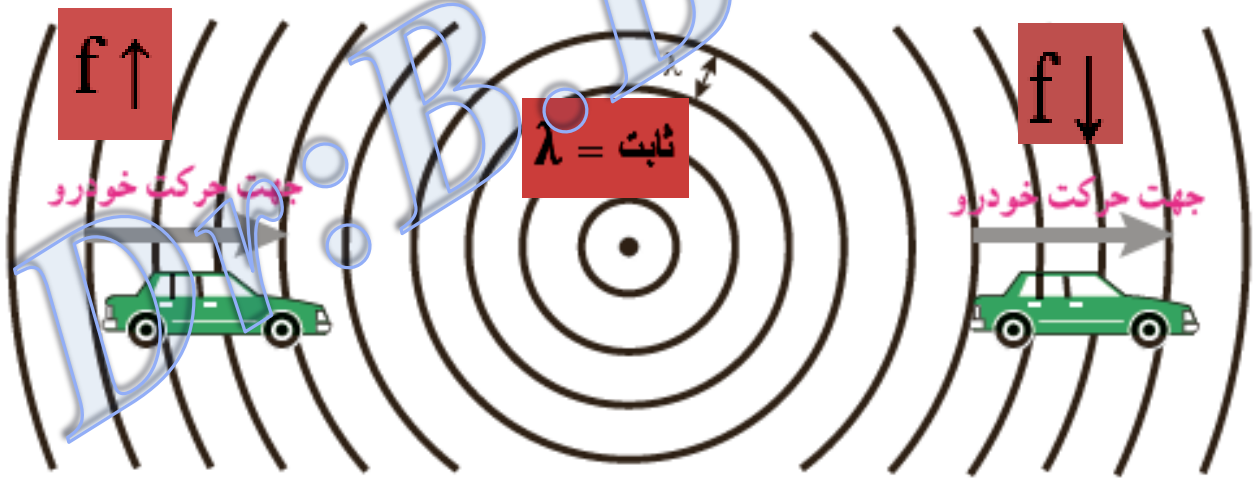


مرحله اول: الف) وقتی ماشین ساکن است تجمع جبهه‌های موج در جلو و عقب ماشین یکسان است. ب) با حرکت رو به جلوی ماشین، تجمع جبهه‌های موج در جلوی ماشین بیشتر و در عقب آن کمتر می‌شود.

Dr.B.Barati

مرحله دوم)ناظر شنونده متحرک و چشمه ساکن: در این حالت تجمع جبهه‌های موج در دو سوی چشمه یکسان است. اگر ناظر به طرف چشمه حرکت کند، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه‌های موج بیشتری مواجه می‌شود که این منجر به افزایش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود. در حالی که اگر ناظر از چشمه دور شود، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه‌های موج کمتری مواجه می‌شود که این منجر به کاهش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود

اگر منبع صوت ساکن باشد همواره شنونده صوت دریافتی را با همان طول موج گسیل شده از منبع دریافت می کند.

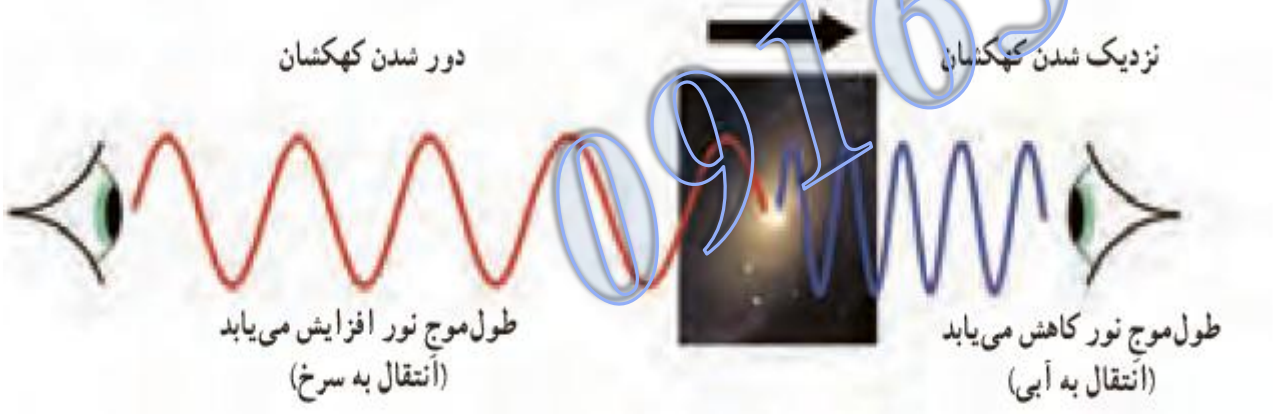


مرحله دوم: در مدت زمان یکسان خودرویی که به چشمهٔ ساکن صوت نزدیک می‌شود با جبهه‌های موج بیشتری برخورد می‌کند، در حالی که خودرویی که از این چشمه دور می‌شود با جبهه‌های موج کمتری برخورد می‌کند.

Dr. B. Barati

اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی :

شرح:هر گاه چشمهٔ موج الکترومغناطیسی نسبت به ناظر (آشکارساز) در حرکت باشد، بسامد و طول‌موج دریافتی از این چشمه تغییر می‌کند. اندازه‌گیری این تغییرات (جابه‌جایی دوپلری) نقش مهمی در اخترشناسی دارد. در رصدهای نجومی ستارگان، کهکشان‌ها و سایر چشمه‌های نوریِ سماوی، چه هنگامی که از ما دور می‌شوند و چه هنگامی که به ما نزدیک می‌شوند، با اندازه‌گیری جابه‌جایی دوپلری نور آنها می‌توان اطلاعاتی در مورد تندی و چگونگی حرکت آنها به‌دست آورد. این جابه‌جایی دوپلری صرفاً ناشی از حرکت آن اجرام سماوی نسبت به ناظر (آشکارساز) است. وقتی چشمهٔ نور از ناظر (آشکارساز) دور می‌شود، طول‌موج افزایش می‌یابد که به آن اصطلاحاً *انتقال به سرخ* می‌گویند و وقتی چشمهٔ نور به ناظر نزدیک می‌شود، طول‌موج کاهش پیدا می‌کند که به آن اصطلاحاً *انتقال به آبی* می‌گویند



Dr.B.Barati
09163014685

امواج یا با محیط یا با خود برهم کنش انجام می دهند. پژواک نمونه ای از بازتاب امواج مکانیکی است، بطور مثال خفاش برای پیدا کردن مسیر یا طعمه خود از پژواک استفاده می کند.

نور بخشی از طیف امواج E-M می باشد پس از اینکه به سطح اجسام برخورد کرد بازتاب آن به چشم ما می رسد وآن جسم را می بینیم دید.

شکست نوعی دیگر از برهم کنش امواج با محیط است ، شکست وقتی رخ می دهد که جهت پیشروی موج در ورود به یک محیط جدید تغییر کند. بطور مثال وقتی از بالا به ماهی یا سکه درون ظرف آبی نگاه کنیم آن ها را بالاتر از جای واقعی (مکانی ظاهری) به علت شکست نور می بینیم.

پراش نوعی دیگر از برهم کنش امواج با محیط و تداخل نمونه ای از برهم کنش امواج یا یکدیگر است.

Dr:B.Barati

مثالهایی از کاربرد بازتاب تولید صدا در آلات موسیقی، پژواک صداها، دیدن ماه، دیدن صفحهٔ این کتاب، گرم شدن مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی، جمع شدن امواج رادیویی در کانون آنتن‌های بشقابی

امواج در زندگی بشر:

بازتابش امواج

۱) بازتاب امواج مکانیکی

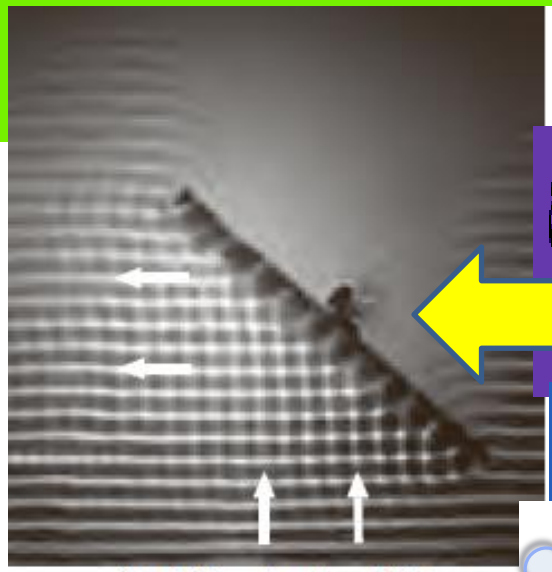
۲) امواج الکترومغناطیس

بازتاب امواج مکانیکی : اگر تپی را در یک فنر (یا یک ریسمان) کشیدهٔ 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 اندازهٔ برابر در جهت مخالف بر فنر وارد می‌آورد. این نیرو در محل تکیه‌گاه، تپی در فنر ایجاد می‌کند که روی فنر در جهت مخالف تپِ تابیده حرکت می‌کند بطوریکه شکل های زیر طرحی واضح از تابش و بازتابش چنین تپی را نشان می‌دهد. چنین بازتابی را بازتاب در یک بُعد می‌گویند.

$$\Delta\theta = \pi(rad)$$

Dr:B.Baratii

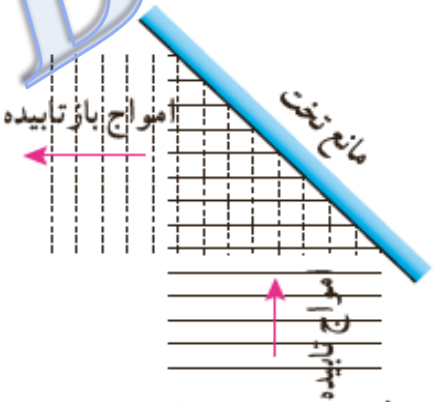
بازتاب دو بعدی: وقتی تیغهٔ تختی را بر سطح آب تشت موج به نوسان درمی‌آوردیم، امواج تختی بر سطح آب تشکیل می‌شد. اکنون اگر بر سر راه این امواج مانع‌هایی قرار دهیم، این امواج پس از برخورد با این موانع بازمی‌تابند. به‌چنین بازتابی، بازتاب در دو بُعد می گویند.



بازتاب امواج تخت از مانع نرم در تشت موج

توجه: ساده ترین شکل یک مانع، مانع تختی است که در حضور این مانع امواج بازتابیده از آن تخت می باشند.

توجه: با استفاده از جبهه های موج(بطور تجربی) و نمودار پرتویی می توان برای نشان دادن رفتار موج استفاده نمود

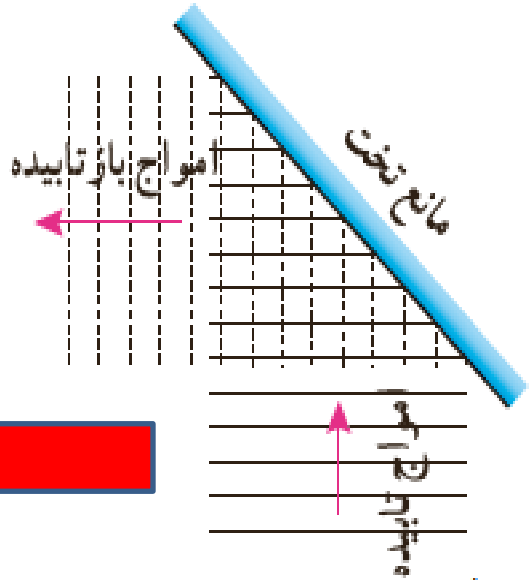


نمایشی از رفتار موج با استفاده از جبهه های تابیده و بازتابیده

Dr:B.Barati

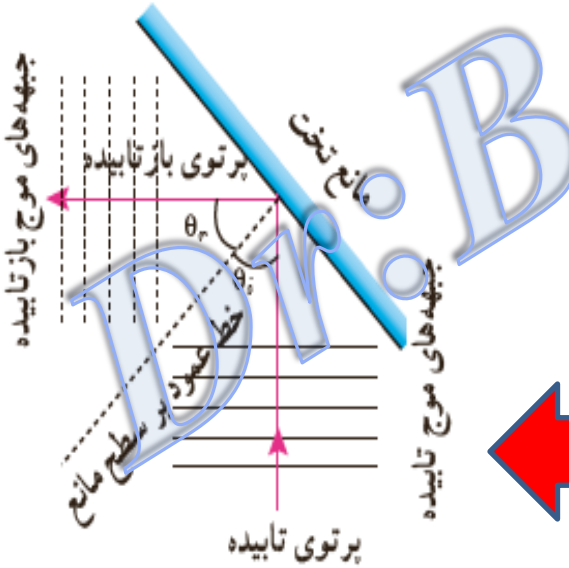
نمایش رفتار موج، استفاده ازنمودار پرتویی

یک پرتو، پیکان مستقیمی خود بر جبهه‌های موج است که جهت انتشار موج را نشان می‌دهد. بدین ترتیب می‌توان نمودار پرتویی شکل الف را در حضور جبهه‌های موج به‌صورت شکل ب رسم کرد.



نمایشی از رفتار موج با استفاده از جبهه های

شکل الف تابیده و بازتابیده



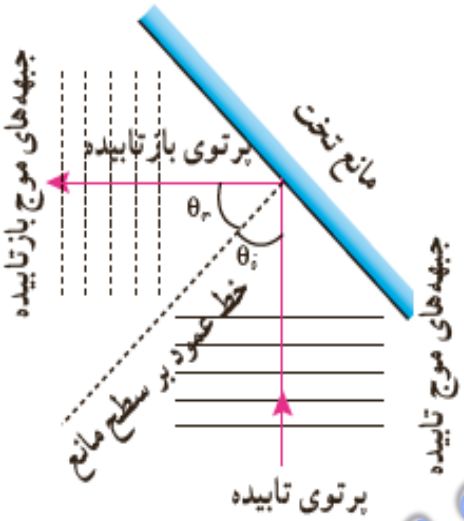
شکل ب نمودار پرتویی همراه با جبهه‌های موج برای بازتاب امواج تخت از سطح مانعی تخت

Dr.B.Barati

توجه:

برای همه انواع موج مانند موج تخت، امواج دایره‌ای یا کروی نیز، همواره زاویهٔ بازتابش برابر با زاویهٔ تابش است

یعنی : $\theta_i = \theta_r$ که به آن، قانون بازتاب عمومی گفته می‌شود.



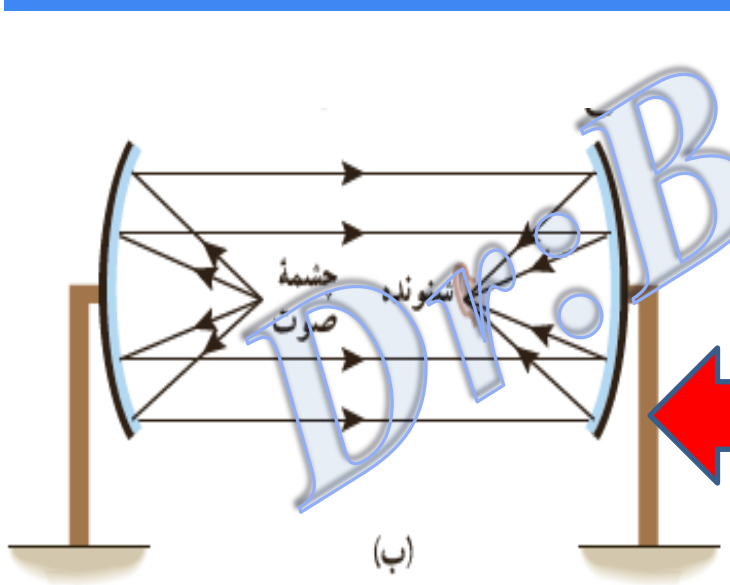
شکل ب نمودار پرتوی همراه با جبهه‌های موج برای بازتاب امواج تخت از سطح مانعی تخت

نمونهٔ دیگری از بازتاب امواج مکانیکی، بازتاب امواج صوتی است. صوت می‌تواند از یک سطح سخت مانند دیوار بازتابش کند. این مثالی از بازتاب امواج در سه بُعد است. بازتاب صوت نیز از همان قانون بازتاب عمومی پیروی می کند.

Dr.B.Barati

شکل های برای نمایش بازتابش امواج صوتی از سطوح خمیده

امواج صوتی می‌توانند مانند سایر امواج از سطوح خمیده نیز بازتابیده شوند. شاید در پارک‌های تفریحی دو سطح کاو را در برابر هم دیده باشید که وقتی شخصی در کانون یکی از این سطوح صحبت می‌کند، شخص دیگری در کانون سطح کاو دیگر آن را می‌شنود



شکل الف) دو سطح بازتابندهٔ کاو در یک پارک تفریحی و ب) طرحی از بازتاب امواج صوتی از دو سطح کاو مقابل هم با استفاده از نمودار پرتویی

Dr.B.Barati

پژواک در برابر دیواره یا صخرهٔ بلندی که چند ده متر از شما فاصله دارد، بایستید و یک بار دست بزنید. پس از مدت زمان کوتاهی، بازتاب صدای دست زدن خود را خواهید شنید. اگر صوت پس از بازتاب، با یک تأخیر زمانی به گوش شنونده‌ای برسد که صوت اولیه را مستقیماً می‌شنود، به چنین بازتابی پژواک می‌گویند.

توجه: اگر تاخیر زمانی بین این دو صوت کمتر از ۰/۱s باشد، گوش انسان نمی تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد

مکان یابی پژواکی 1) روشی است که بر اساس امواج صوتی بازتابیده از یک جسم، مکان آن جسم را تعیین می کند.

2)مکان یابی پژواکی به همراه پدیده دوپلر، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آنها به کار می رود.

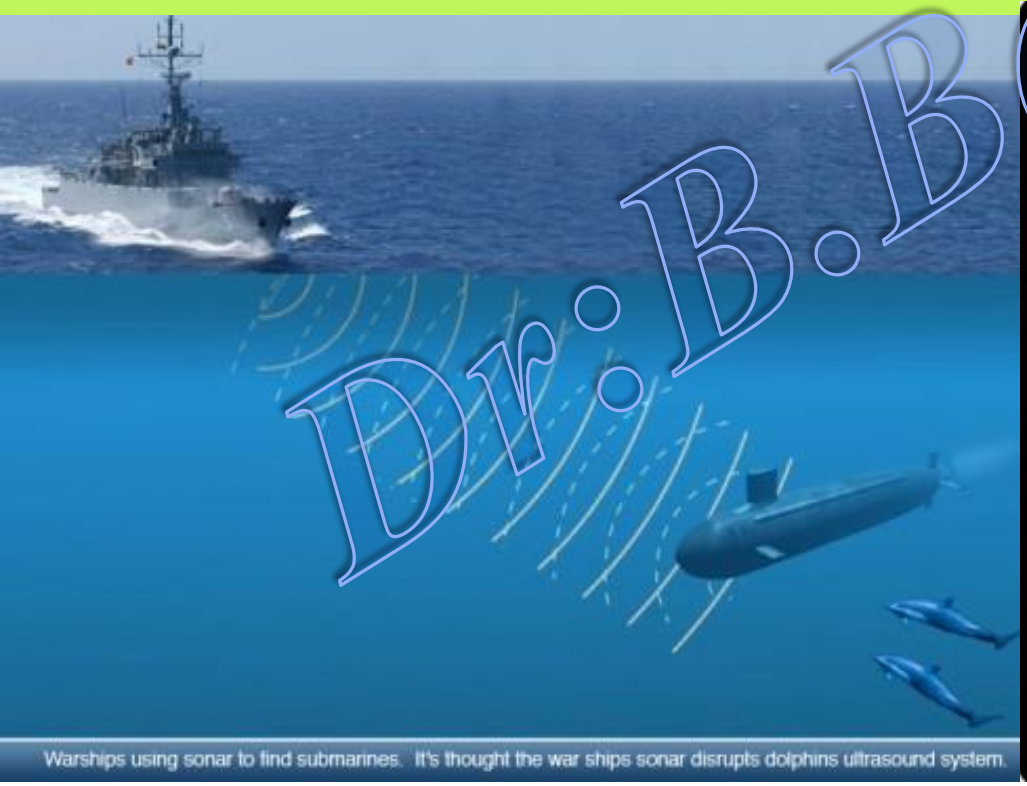
Dr.B.Barati

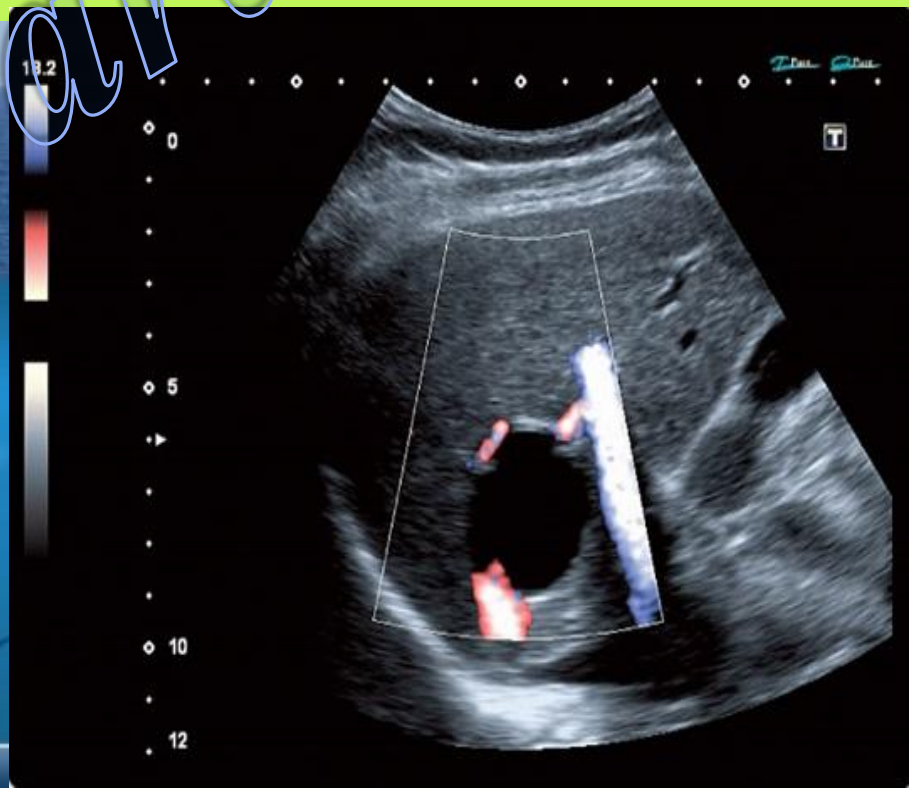
مثالی از مکان یابی پژواکی . خفاش، فَورانی از امواج فراصوتی را گسیل می کند که این بسته به نوع خفاش از دهان یا سوراخ‌های بینی آن گسیل می‌شود. این امواج از اشیایی که در مسیر خفاش قرار دارند بازمی‌تابد و بدین ترتیب خفاش را از اشیایی که بر سر راه او قرار دارند آگاه می‌سازد. البته بسته به اینکه شیء بازتابنده، خودِ خفاش، یا هر دو متحرک باشند، خفاش تغییر بسامدی ناشی از اثر دوپلر را در این بازتابیده ادراک می کند و بدین‌وسیله می‌تواند سرعت خود یا شیء متحرک را تعیین کند. خفاش‌ها از این ویژگی برای شناسایی و شکار طعمه‌های خود استفاده می کنند. .

Dr:B.Barati

3) در فنّاوری‌هایی نظیر اندازه‌گیری تندی شارش خون در رگها از مکان یابی پژواکی استفاده می شود

4) در دستگاه سونار که در کشتی ها برای مکان یابی اجسام زیر آب بکار می رود و در سونوگرافی نیز از مکان یابی پژواکی استفاده می شود





Dr.B.Barati

مثال: 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 $340\ m/s$ در نظر بگیرید.

والِ عنبر یکی از جانورانی است که با استفاده از پژواک امواج فراصوتی، مکان‌یابی می‌کند. بسامد امواج فراصوتی‌ای که این وال تولید می‌کند حدود $100\ kHz$ است. با توجه به اینکه تندی صوت در آب دریا طبق جدول کتاب حدود $1/52\times10^{3}\ m/s$ است، الف) طول موج این صوت و ب) زمان رفت و برگشت صوت گسیل شده توسط وال برای مانعی که در فاصلهٔ $100\ m$ از آن قرار گرفته، چقدر است؟

$$\lambda=\frac{v}{f}=\frac{1/52\times10^{3}\ m/s}{100\times10^{3}\ s^{-1}}=1/52\times10^{-2}\ m=1/52\ cm$$

$$t=\frac{x}{v}=\frac{2L}{v}=\frac{2\times100\ m}{1/52\times10^{3}\ m/s}=0/132\ s$$

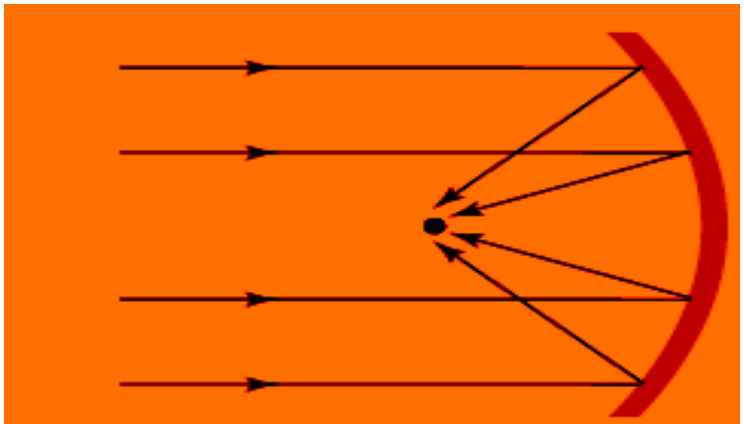
Dr.B.Barati

بازتاب امواج الکترومغناطیسی : امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توانند از یک سطح، بازتابیده شوند و بازتاب آنها از همان قانون بازتاب عمومی پیروی می کند.

امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش، مانند شکل **الف** در یک نقطه کانونی می‌شوند. این نمونهٔ دیگری از بازتاب در سه بُعد است. از همین سازوکار برای دریافت امواج رادیویی توسط آنتن‌های بشقابی و یا امواج فروسرخ برای گرم کردن آب یا مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی شکل ب استفاده می شود

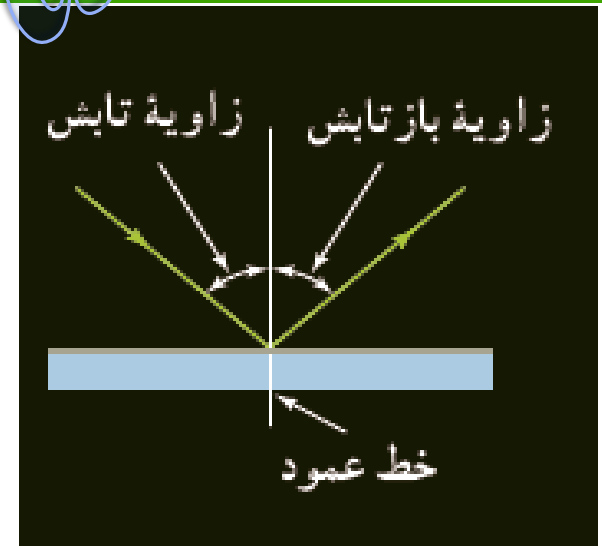
Dr:B.Barati

ب)تصویری از یک اجاق خورشیدی

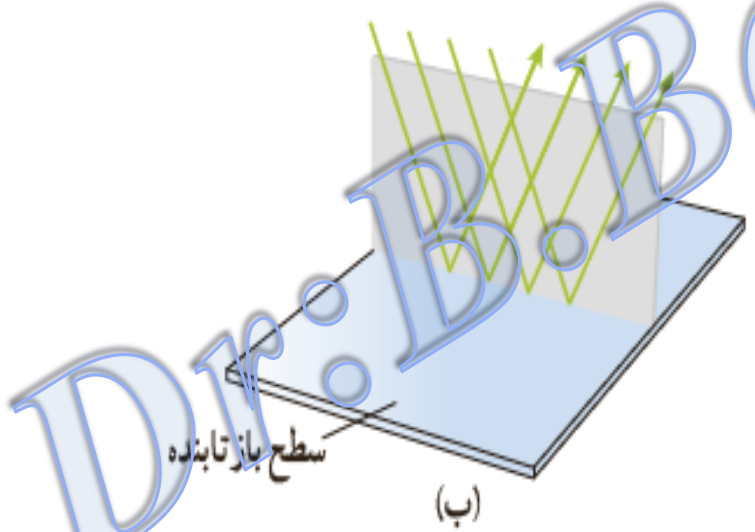


الف) یک موج الکترومغناطیس پس از بازتاب از یک سطح کاو در نقطه ای مقابل سطح ، کانونی می می شود

توجه مهم: نور مرئی بخشی از طیف امواج الکترومغناطیسی است. بنابراین نور مرئی نیز از همان قانون بازتاب عمومی امواج پیروی می کند؛ یعنی زاویهٔ تابش و بازتابش در هر بازتابشی با هم برابرند(به شکل الف توجه کنید). افزون بر این، برای نور مرئی نیز همچون سایر امواج، پرتوی تابش، پرتوی بازتابش، و خط عمود بر سطح بازتابنده در هر بازتابشی در یک صفحه واقع‌اند(شکل ب).



(الف)



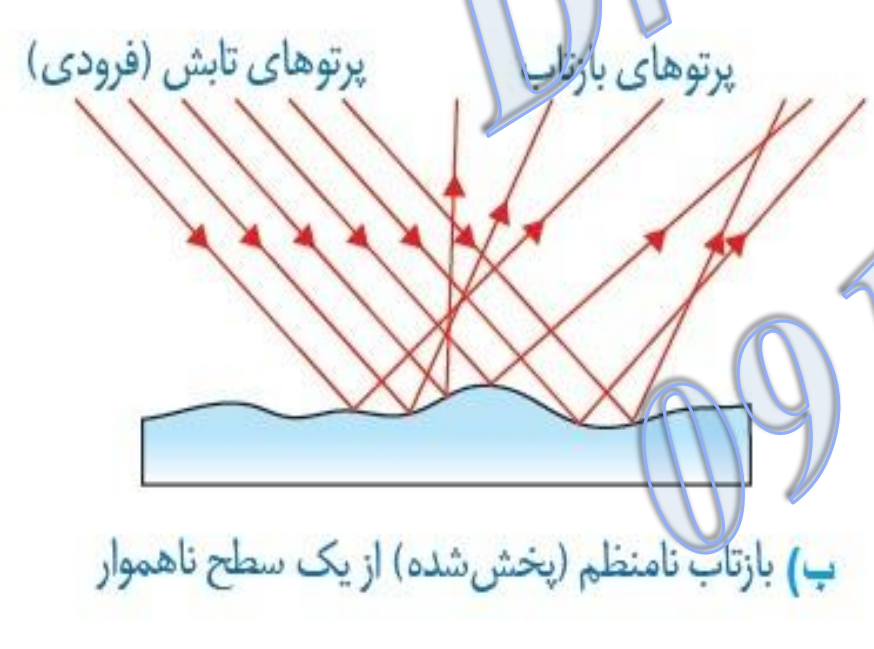
(ب)

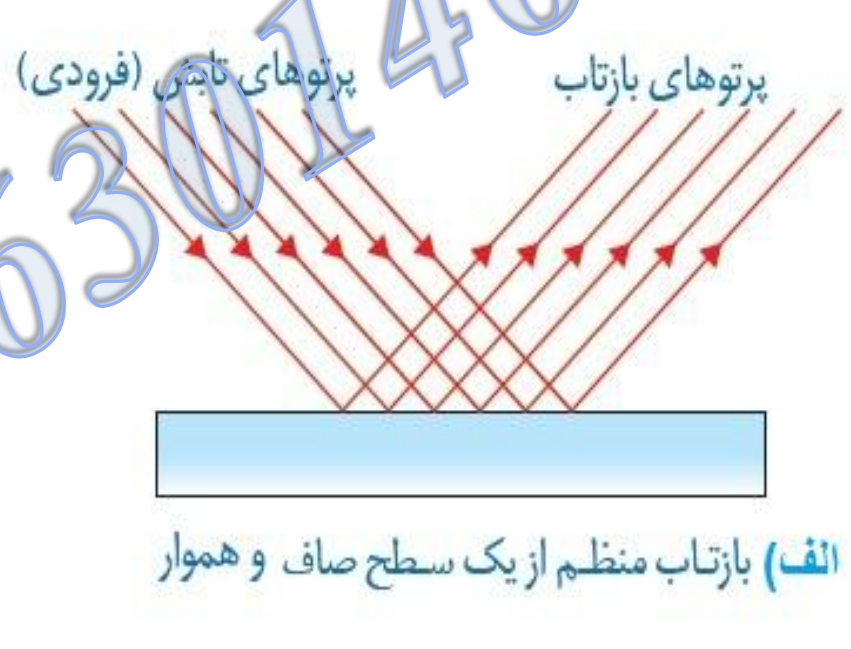
Dr.B.Barati

انواع بازتابش

الف)بازتابش آینه ای (منظم):اگر سطح بازتاباننده نور همچون یک آینه ، بسیار هموار باشد بازتاب نور را آینه ای گویند (شکل الف)

ب)بازتابش غیر آینه ای (نامنظم): وقتی رخ می دهد که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد. پرتوهای نور به طور کاتوره ای از پستی و بلندی های سطح بازتابیده پراکنده می شوند (شکل ب)





Dr.B.Barati
09163014685

تفاوتِ بین بازتابش آینه ای با غیر آینه ای: در بازتاب آینه‌ای از یک آینهٔ تخت، بازتابش یک دسته پرتوی موازی را فقط در یک جهت می‌توانید ببینید، ولی در بازتاب پخشنده، بازتابش این دسته پرتو را می‌توانید در جهت‌های مختلف مشاهده کنید.

مقایسه سطح هموار و ناهموار بر اساس طول موج نور: منظور از سطح ناهموار آن است که سطح در مقایسه با طول‌موج نور ناهموار است. مثلاً یک کاغذ در ظاهر بسیار هموار به نظر می‌رسد اما از دید میکروسکوپی این سطح از اجزای متمایز و کوچکی تشکیل شده است که بسیار بزرگ‌تر از ۱μm هستند. با توجه به اینکه طول‌موج نور مرئی در حدود ۰/۵μm است، چنین سطحی برای نور مرئی، ناهموار محسوب می‌شود. در مقابل، ناهمواری‌های یک آینه یا یک سطح فلزی صیقلی، بسیار کوچک‌تر از ۱μm است و بنابراین برای نور مرئی سطوحی هموار محسوب می‌شوند.

Dr:B.Barati

مثالهایی از شکست امواج:

رنگ‌های رنگین کمان، تصویری که با کمک عینک می‌بینیم، تصاویری که با استفاده از عدسی‌های ابزارهای نوری مانند میکروسکوپ و دوربین دیده می‌شود، و... مثال‌های رایجی از شکسته‌شدن موج‌های نوری در پیرامون ما است. این پدیده برای امواج صوتی نیز رخ می‌دهد ولی به اندازهٔ موج‌های نوری اهمیت ندارد.

تاثیر محیط روی موج ورودی: وقتی موج به مرز جدایی دو محیط می‌رسد بخشی از آن بازتابیده می‌شود و بخشی دیگر عبور می‌کند که این افزون بر جذب موج است که در هر دو محیط رخ می‌دهد.

Dr.B.Barati

بررسی موج هنگام عبور از مرز مشترک دو محیط:

برای این موضوع طنابی متشکل از دو قسمت نازک و ضخیم اختیار می کنیم:

الف)وقتی یک تپ از قسمت بخش نازک به مرز دو بخش برسد (شکل الف) بخشی از این تپ بازتابش پیدا می کند و بخشی دیگر عبور می کند(شکل ب)

توجه:برای یک موج سینوسی، بسامد این دو موج همان بسامد موج فرودی است که توسط چشمه موج تعیین می شود و هنگام عبور موج از قسمت ضخیم تندی موج کمتر است و بنابه رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ طول موج کمتری نسبت به موج فرودی خواهد داشت.

Dr.B.Barati

تمرین: اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول موجِ موجِ عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می کند؟

Dr:B.Barati

توجه: در حالت‌های دو یا سه بُعدی با عبور موج از یک مرز و ورود آن به محیط دیگر، تندی موج تغییر می کند و ممکن است جهت انتشار موج نیز تغییر کند و اصطلاحاً موج شکست پیدا کند.

شکست امواج سطحی آب :

۱)با توجه به این که در تشت موج که عمق آن کم است تندی موج سطحی به عمق تشت بستگی دارد از این ویژگی برای تحقیق پدیده شکست در تشت موج استفاده می شود.

۲)یعنی با تغییر دادن عمق اب در بخشی از تشت می توان تندی موج سطحی در آن بخش را تغییر داد که منجر به تغییر جهت انتشار موج در آن بخش و به عبارتی منجر به شکست موج می شود

۳)با ورود موج به بخش کم عمق تندی موج سطحی کاهش می یابد .

الف) طرحی از شکست امواج سطحی در مرز آب عمیق و آب کم عمق در تشت موج

ب) تصویری واقعی از شکست امواج سطحی در تشت موج

Dr:B.Barati

۴)واضح است آن بخش موج که زودتر به ناحیه کم عمق می رسد چون با تندی کمتر حرکت می کند از بقیه موج که هنوز وارد این ناحیه نشده عقب می افتد

۵)بر این اساس فاصله بین جبهه های موج و در نتیجه طول موج کاهش می یابد وبه این ترتیب جبهه های موج در مرز دو ناحیه تغییر جهت می دهند(شکل)

Dr:B.Barati

الف) طرحی از شکست امواج سطحی در مرز آب عمیق و آب کم عمق در تشت موج

ب) تصویری واقعی از شکست امواج سطحی در تشت موج

۶)این مطلب را هنگام نزدیک شدن امواج به یک ساحل شیب دارمی توان مشاهده کرد زیرا با رسیدن جبهه های موج به ساحل که در آنجا عمق آب کم می شود جهت انتشار جبهه های موج تغییر می کنند.

شکل: وقتی اسباب‌بازی وارد قالیچه می‌شود مسیرش تغییر می‌کند؛ زیرا چرخی که نخست به قالیچه می‌رسد، زودتر کند می‌شود.

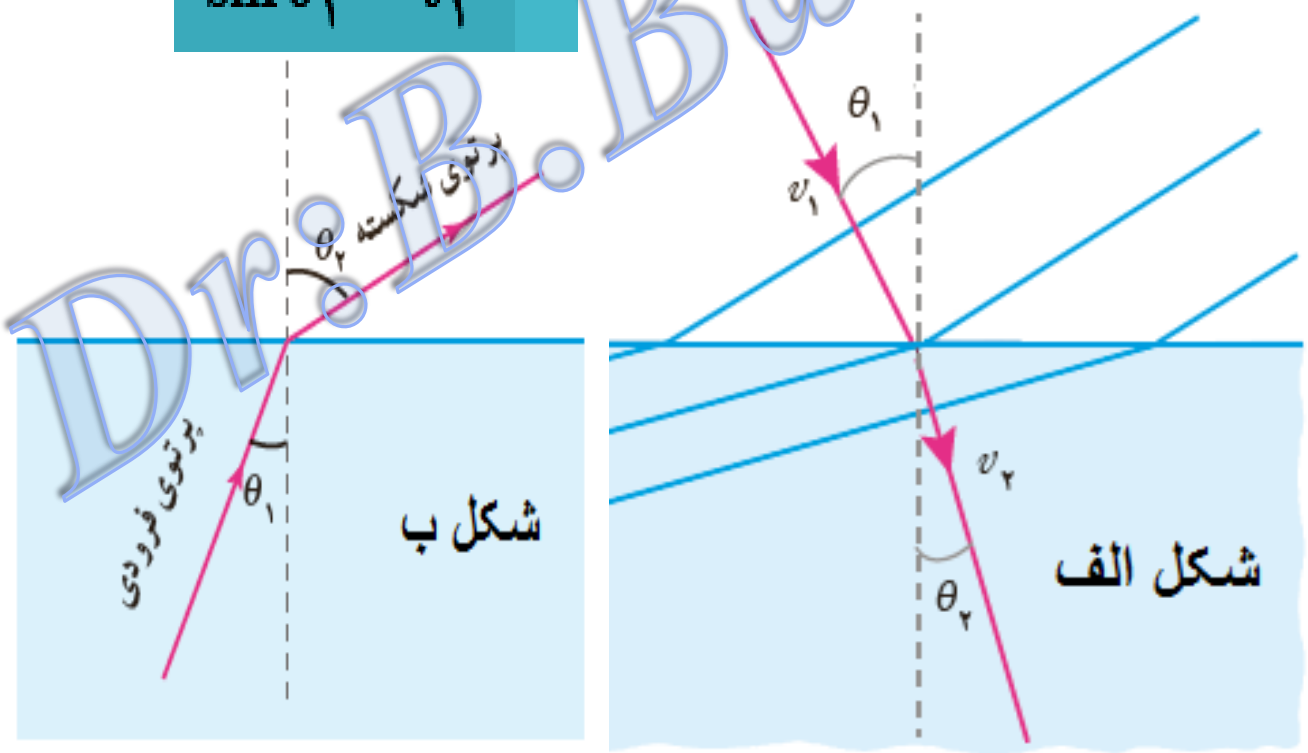
Dr:B.Barati

قانون شکست عمومی :

در شکل **الف** موجی تخت از محیطی با تندی بیشتر به محیطی با تندی کمتر رفته است. ولی اگر موج در جهت مخالف حرکت کند، یعنی از محیط دوم که در آن تندی موج کمتر است وارد محیط اول شود که در آن تندی موج بیشتر است، زاویهٔ شکست بزرگ‌تر از زاویهٔ تابش می‌شود (شکل ب)

قانون شکست عمومی

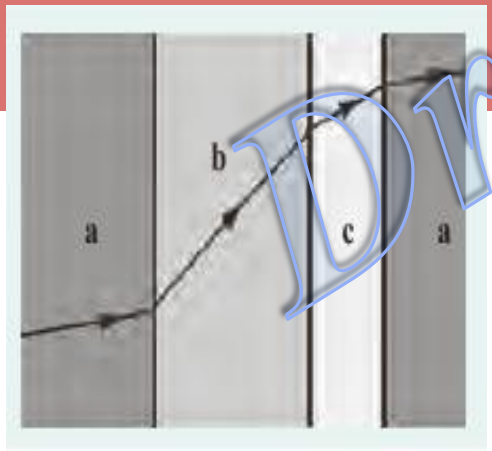
$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$



Dr.B.Barati

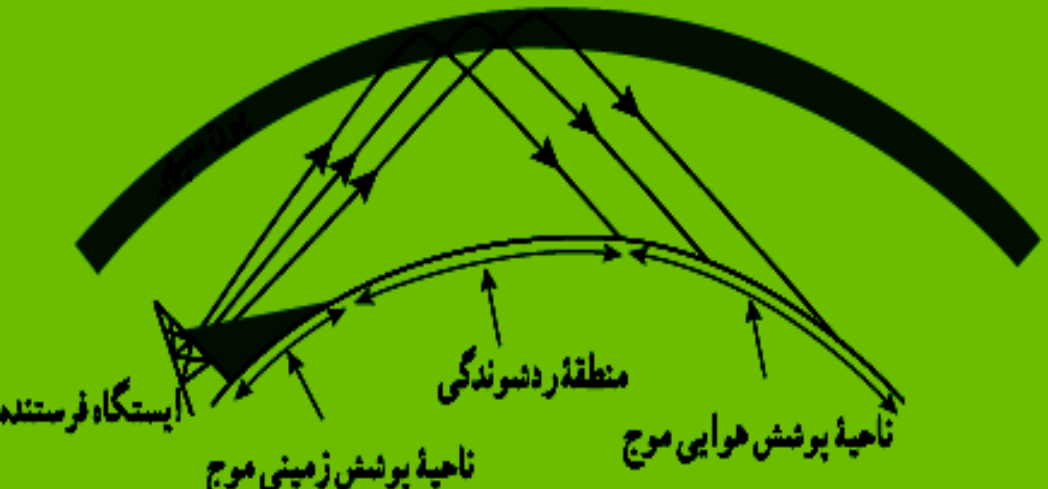
شکست امواج الکترومغناطیسی : امواج الکترومغناطیسی (و از جمله نور مرئی) نیز با گذر از یک محیط به محیطی دیگر که در آن تندی آنها متفاوت می‌شود، شکست پیدا می کنند. به جز گسترهٔ نور مرئی که بیشترین و معروف‌ترین موارد شکست برای آنها مطرح می‌شود و به پیامدها و کاربردهای جالبی می‌انجامد، شکست امواج رادیویی نیز اهمیتی کاربردی در ارتباطات رادیویی دارد.

شکل روبه‌رو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که با عبور از محیط اولیهٔ a، از طریق محیط‌های b و c به محیط a بازمی گردد. این محیط‌ها را بر حسب تندی موج در آنها از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.



Dr:B.Barati

بررسی مراحل شکست امواج رادیویی از زمان تولید تا زمان ارسال و رسیدن:



در این شکل *ناحیهٔ پوشش زمینی* مربوط به پیرامون ایستگاه است، که امواج به‌طور مستقیم به گیرنده می‌رسد. *منطقهٔ ردشوندگی* ناحیه‌ای است که موج به زمین نمی‌رسد، و *ناحیهٔ پوشش هوایی* ناحیه‌ای است که امواج رادیویی با بازگشت از یون‌سپهر به زمین می‌رسد.

یک موج پر قدرت رادیویی، با بسامد بین ۳ تا ۳۰ مگاهرتز، به لایهٔ یون‌سپهر (یونسفر) بالای بر که در ارتفاع ۸۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتری سطح زمین واقع است فرستاده می‌شود. این لایه به علت وجود یون‌ها و الکترون‌های آزاد، پلاسمایی را ایجاد می‌کند که ویژگی‌های فیزیکی‌اش آن را از بقیهٔ جو متمایز می‌سازد. یون‌سپهر در حالی که نور مرئی و تابش فروسرخ را عبور می‌دهد، امواج رادیویی با طول‌موج‌های بلند (با λی بزرگ‌تر از حدود ۱۰m) را که در جهت‌های مناسبی به سوی این لایه ارسال شده باشند، به طرف زمین برمی‌گرداند.

دلیل: این اتفاق، یکنواخت نبودن چگالی الکترون‌های آزاد در این لایه و در نتیجه، تفاوت تندی امواج رادیویی در قسمت‌های مختلف آن است و همین امر امواج را به سمت پایین باز می‌گرداند.

Dr.B.Barati

تعریف شکست نور و رابطه ضریب شکست

وقتی یک پرتوی نور از محیطی شفاف وارد محیط شفاف دیگری شود، بخشی از نور بازمی‌تابد و بخشی دیگر وارد محیط دوم می‌شود. همان‌طور که انتظار داریم آن بخش نور که وارد محیط دوم می‌شود، به دلیل آنکه تندی آن در محیط دوم تغییر می‌کند، شکسته می‌شود (شکل مقابل). به همین دلیل برای هر محیط ضریب شکست تعریف می‌کنند که برابر با نسبت تندی نور در خلأ به تندی نور در آن محیط است:

$$n = \frac{\text{تندی نور در خلأ}}{\text{تندی نور در یک محیط}} = \frac{c}{v}$$

شکست نور: در عبور یک پرتوی نور از محیطی شفاف به محیط شفافی دیگر، بخشی از نور بازمی‌تابد و بخشی می‌شکند.

Dr:B.Barati

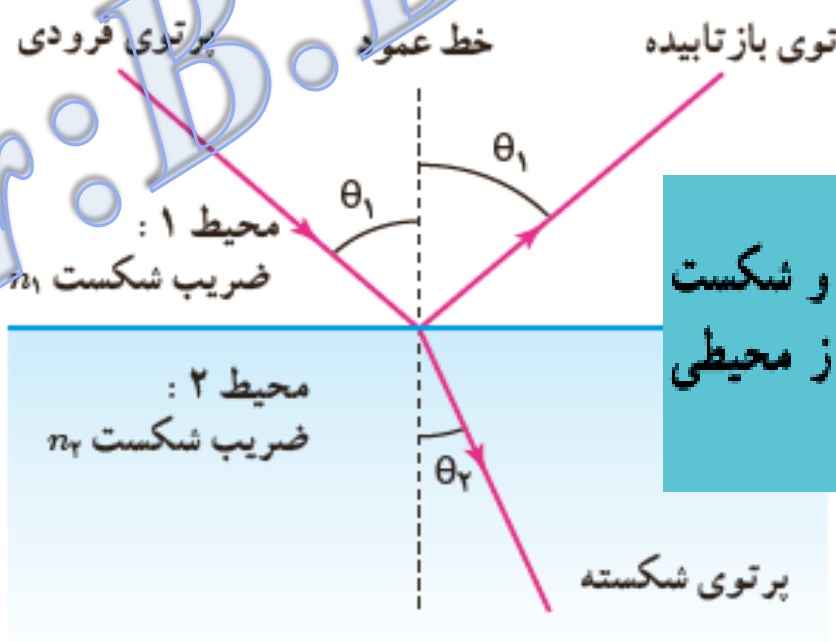
رابطه شکست اسنل

هرگاه پرتو نوری از هوا یا خلا به محیط شفافی با ضریب شکست بیشتر وارد شود پرتو شکست پیدا می کند و به خط عمود نزدیک شده و همچنین مقداری از نور بازتابش پیدا می کند

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

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

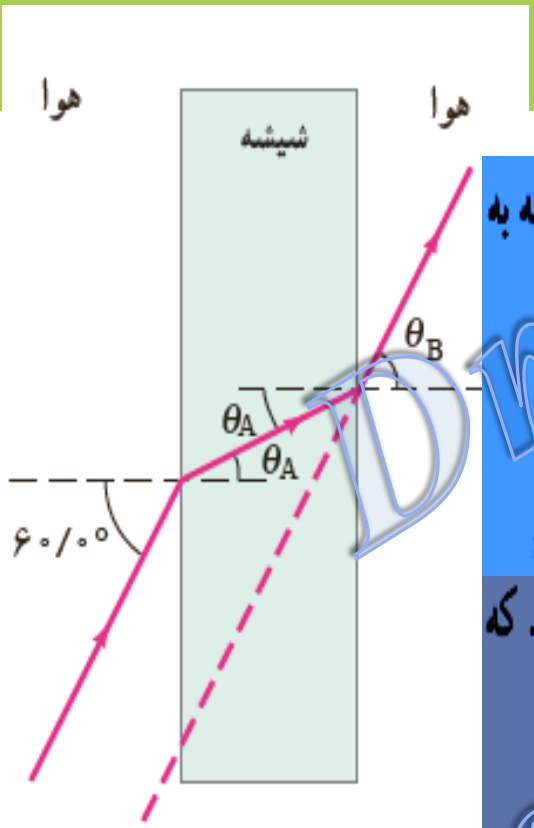
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$



نمایشی از بازتاب و شکست نور، در عبور یک پرتوی نور از محیطی شفاف به محیط شفافی دیگر

Dr:B.Borati

مثال: پرتوی نوری مطابق شکل، از هوا بر تیغهٔ شیشه‌ای متوازی‌السطوحی، با زاویهٔ تابش $60/0^\circ$ فرود می‌آید. الف) زاویهٔ شکست (θ_A) پرتو در شیشه چقدر است؟ ب) زاویه خروجی (θ_B) پرتو از شیشه چقدر است؟



پاسخ: برای رد شدن پرتوی نور از هوا به شیشه قانون شکست اسنل را به کار می‌بریم. با توجه به جدول کتاب ضریب شکست هوا $n_1=1/00$ و ضریب شکست شیشه $n_2=1/52$ است.

$$n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2 \Rightarrow (1/00)(\sin 60/0^\circ)=(1/52)(\sin\theta_A)$$

$$\sin\theta_A = 0/5698 \Rightarrow \theta_A = 34/7^\circ$$

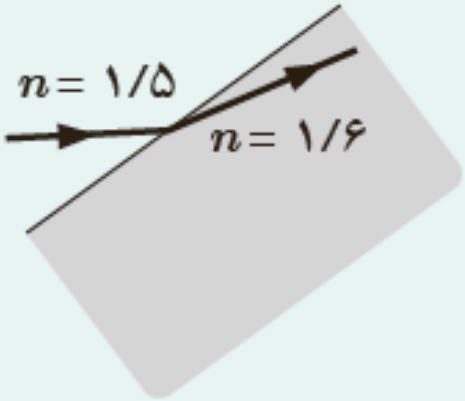
و برای خروج پرتوی نور از شیشه نیز دوبار قانون اسنل را به کار می‌بریم. توجه کنید که زاویهٔ تابش در اینجا برابر زاویهٔ شکست در شیشه است؛ یعنی $\theta_1=\theta_A$.

$$n_2\sin\theta_2 = n_1\sin\theta_1 \Rightarrow (1/52)(0/5698) = (1/00)(\sin\theta_B)$$

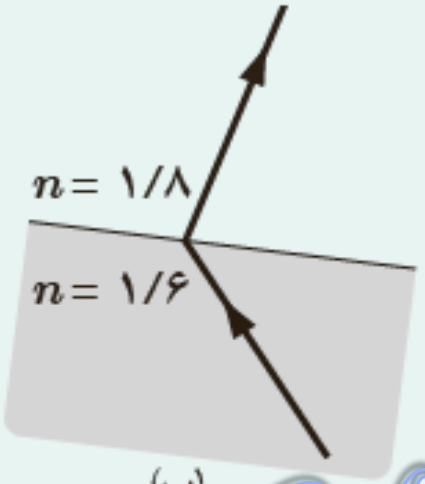
$$\sin\theta_B = 0/8661 \Rightarrow \theta_B = 60/0^\circ$$

Dr:B:Barati
09163014685

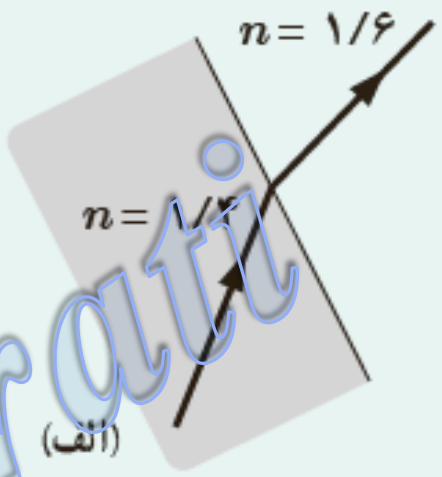
کدام‌یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟



(پ)



(ب)



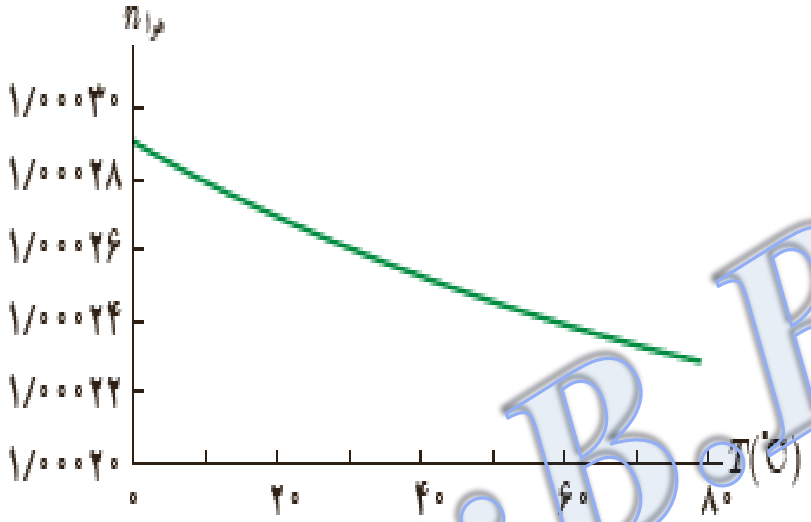
(الف)

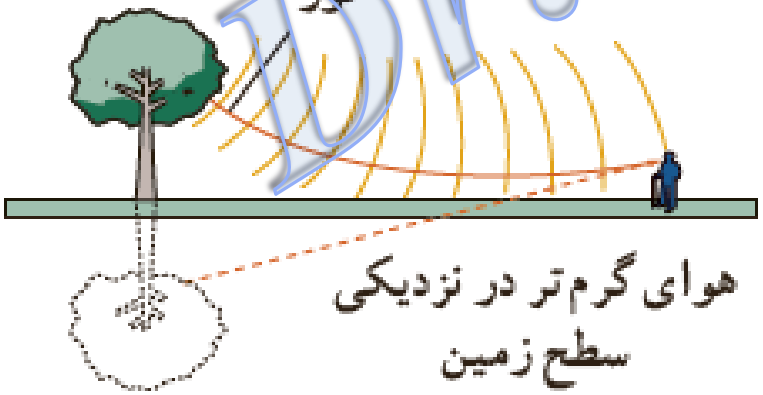
Dr:B.Barati

سراب : در روزهای گرم ممکن است برکهٔ آبی را در دوردست ببینید که بر سطح زمین قرار دارد، اما وقتی به آن محل می‌رسید، آنجا را خشک می‌یابید. به این پدیده سراب یا سراب آبگیر می‌گویند و نه‌تنها می‌توان آن را دید، بلکه می‌توان از آن عکس هم گرفت (شکل زیر)

Dr:B.Barati

توجه: در روزهای گرم هوای سطح زمین نسبتا داغ است. از طرفی، چگالی هوا با افزایش دما کاهش می‌یابد که این سبب کاهش ضریب شکست نیز می‌شود (شکل مقابل)





توجه: مدل‌سازی پدیدهٔ سراب به کمک جبهه‌های موج. ناظری که پرتوهای نور در پدیدهٔ سراب به چشمش می‌رسد، گمان می‌برد که این پرتوها از یک تصویر آمده‌اند.

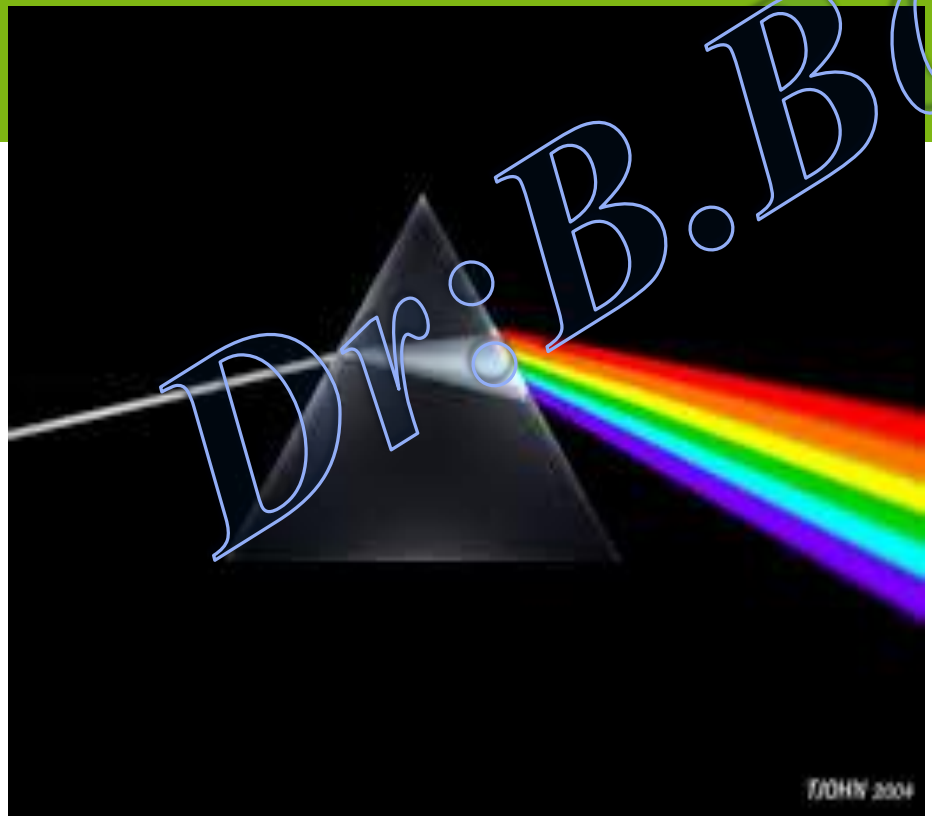
Dr.B.Barati

توجیه پدیده سراب بر اساس جبهه های موج: برای توضیح این مطلب نخست جبهه‌های موجی را در نظر می‌گیریم که به طرف پایین می‌آیند. با پایین آمدن هر چه بیشتر پرتوهای نظیر این جبهه‌های موج، آنها 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 **(شکل الف)**

وقتی پرتوها در نزدیکی سطح زمین تقریباً افقی می‌شوند به سمت بالا خم برمی‌دارند. این خم شدن رو به بالا را می‌توان با استفاده از جبهه‌های موج توضیح داد. بخش پایینی هر جبههٔ موج در هوای کمی گرم‌تر قرار دارد و بنابراین کمی تندتر از بخش بالایی جبههٔ موج حرکت می‌کند و این تفاوت رفتار دو قسمت جبهه‌های موج، موجب خم شدن رو به بالای پرتوهای موج می‌شود، زیرا پرتوهای موج باید همواره عمود بر جبهه‌های موج باشند **(شکل ب)** . وقتی پرتوها رو به بالا می‌روند به خم‌شدن 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 **(شکل پ)**

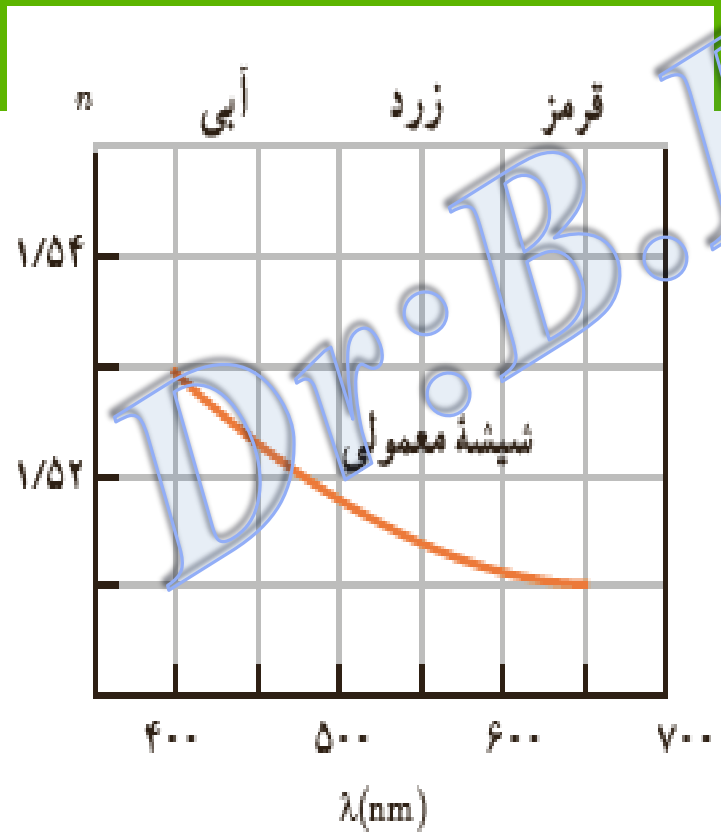
Dr.B.Barati

پاشندگی نور: جداسازی رنگهای نور سفید توسط منشور را پاشندگی گویند (شکل زیر) ، دلیل این پدیده آن است که ضریب شکست هر محیطی به‌جز خلأ به طول‌موج نور بستگی دارد؛ یعنی وقتی باریکهٔ نوری شامل پرتوهایی با طول موج‌های مختلف باشد، این پرتوها هنگام عبور از مرز دو محیط در زاویه‌های مختلفی شکسته می‌شوند.



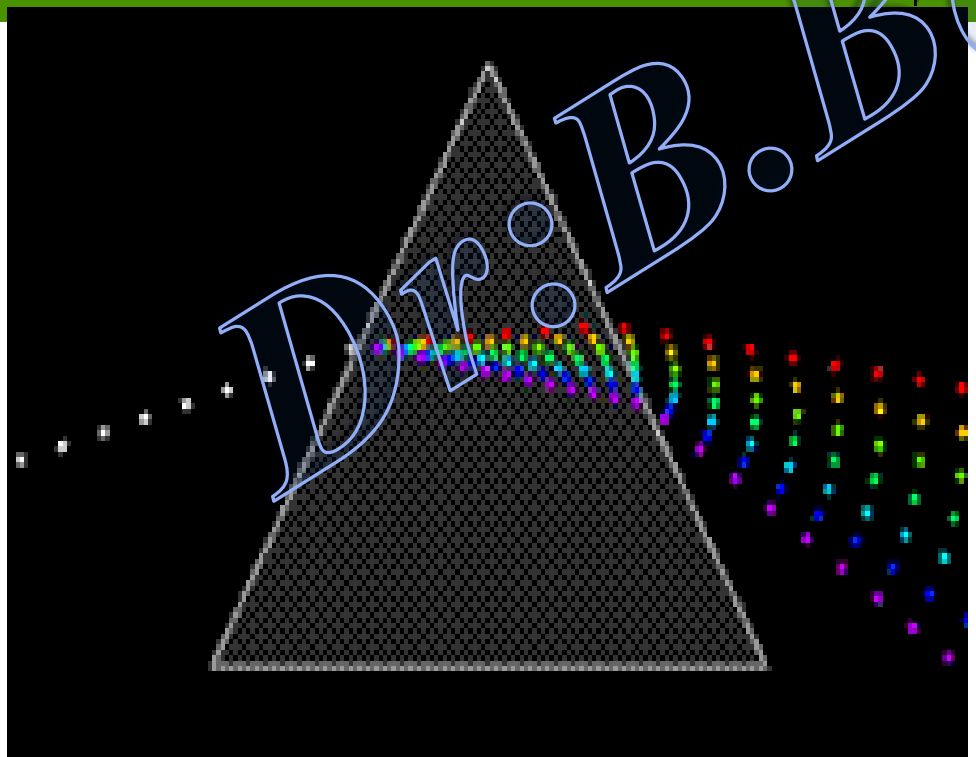
Dr.B.Barati

توجه: ضریب شکست یک محیط معیّن برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیشتر است. نمودار شکل مقابل این وابستگی ضریب شکست به طول موج نور را برای شیشهٔ معمولی نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار اگر مثلاً دو باریکهٔ نور آبی و قرمز با زاویهٔ تابش یکسانی از هوا وارد شیشه شوند باریکهٔ آبی بیشتر از باریکهٔ قرمز خم می‌شود.

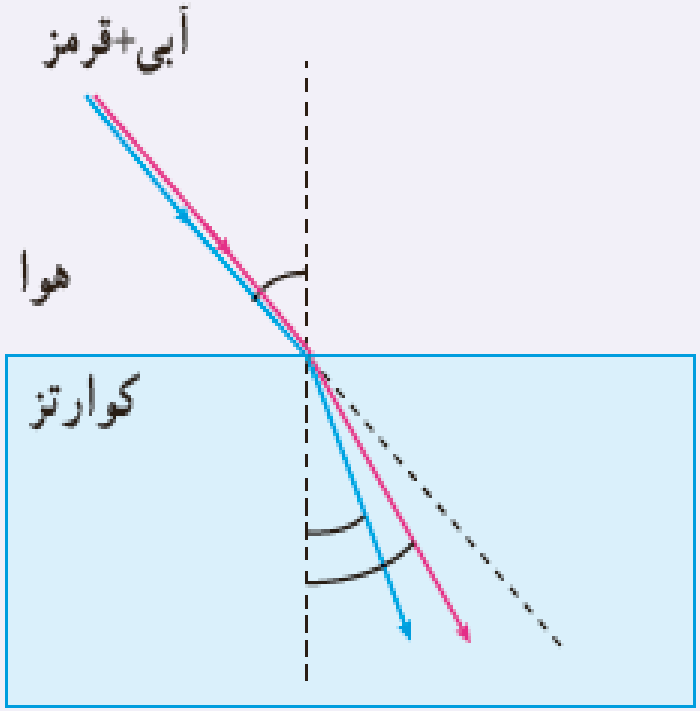


Dr.B.Barati

تجزیه نور سفید: اگر باریکهٔ نور سفید از هوا بر یک سطح شیشه‌ای فرود آید بر اثر شکست نور، مؤلفه‌های سازندهٔ باریکهٔ نور سفید هر کدام به میزان متفاوتی خم می شوند که البته این تفاوت چندان محسوس نیست. برای افزایش جدایی رنگ‌ها در پاشندگی نور، معمولاً از یک منشور با سطح مقطع مثلثی استفاده می کنیم. پاشندگی نور در سطح اول، سپس با پاشندگی در سطح دوم افزایش می‌یابد و مؤلفه‌های رنگی نور سفید به‌طور محسوسی از هم جدا می‌شوند



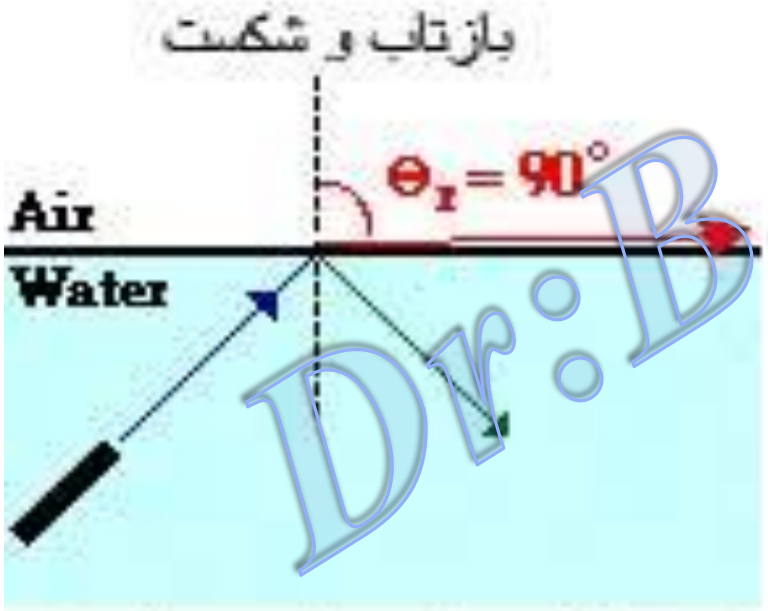
Dr.B.Barati



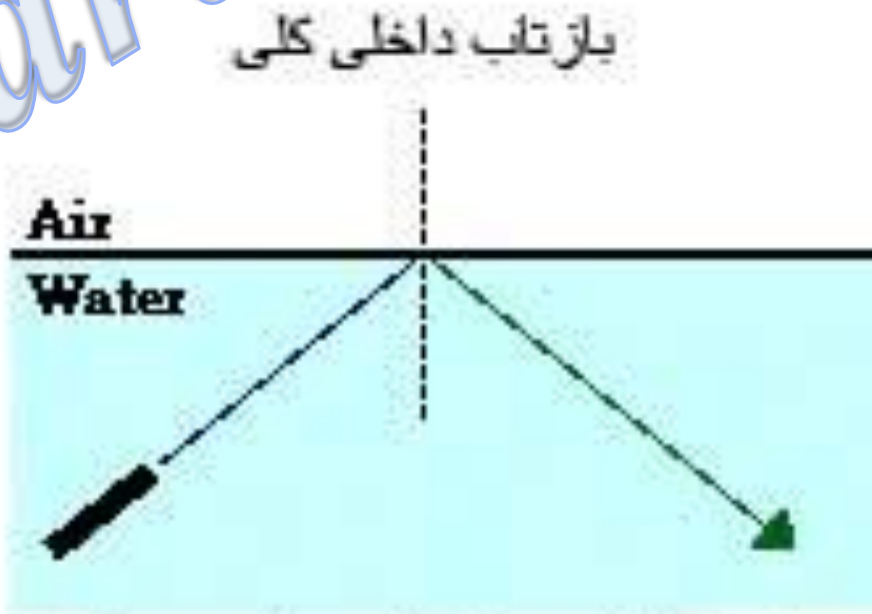
مثال شکل روبه‌رو باریکهٔ نوری متشکل از دو پرتوی قرمز و آبی را نشان می‌دهد که از هوا و با زاویهٔ تابش 45° بر سطح تیغهٔ تختی از کوارتز می‌تابد. زاویه‌های شکست برای این دو پرتو را محاسبه کنید. ضریب شکست نورهای قرمز و آبی در کوارتز به‌ترتیب برابرند با $n_{\text{قرمز}} = 1/459$ و $n_{\text{آبی}} = 1/467$.

Dr:B.Barati

بازتابش داخلی کلی : وقتی نور از محیطی با ضریب شکست بیشتر به‌طور مایل وارد محیطی با ضریب شکست کمتر شود، به ازای زاویهٔ تابش خاصی موسوم به زاویهٔ حد، زاویهٔ شکست 90° می‌شود و از آن پس برای هر زاویهٔ تابش بزرگ‌تری همهٔ نور فرودی بازمی‌تابد که به این پدیده، بازتاب داخلی کلی گفته می‌شود.



زاویه تابش مساوی زاویه حد است.

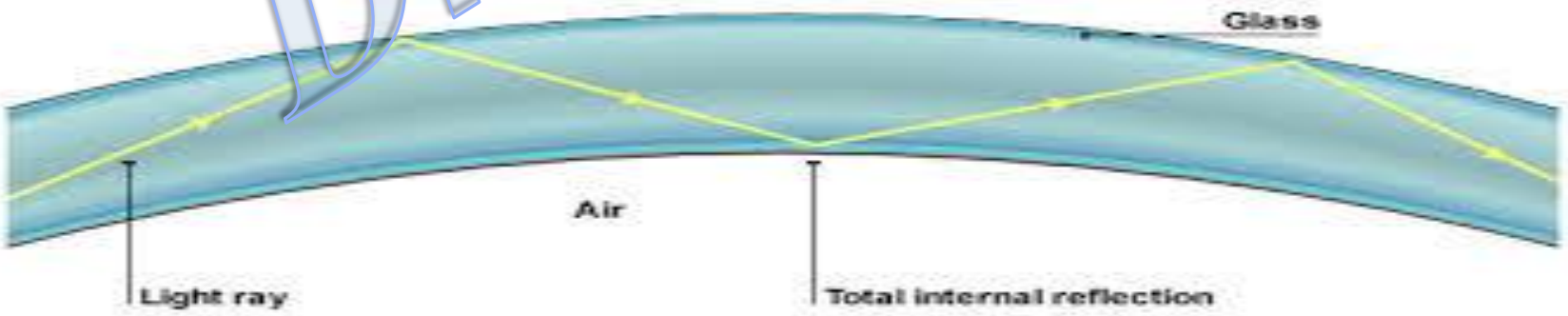


زاویه تابش بزرگتر از زاویه حد است.

Dr:B.Barati

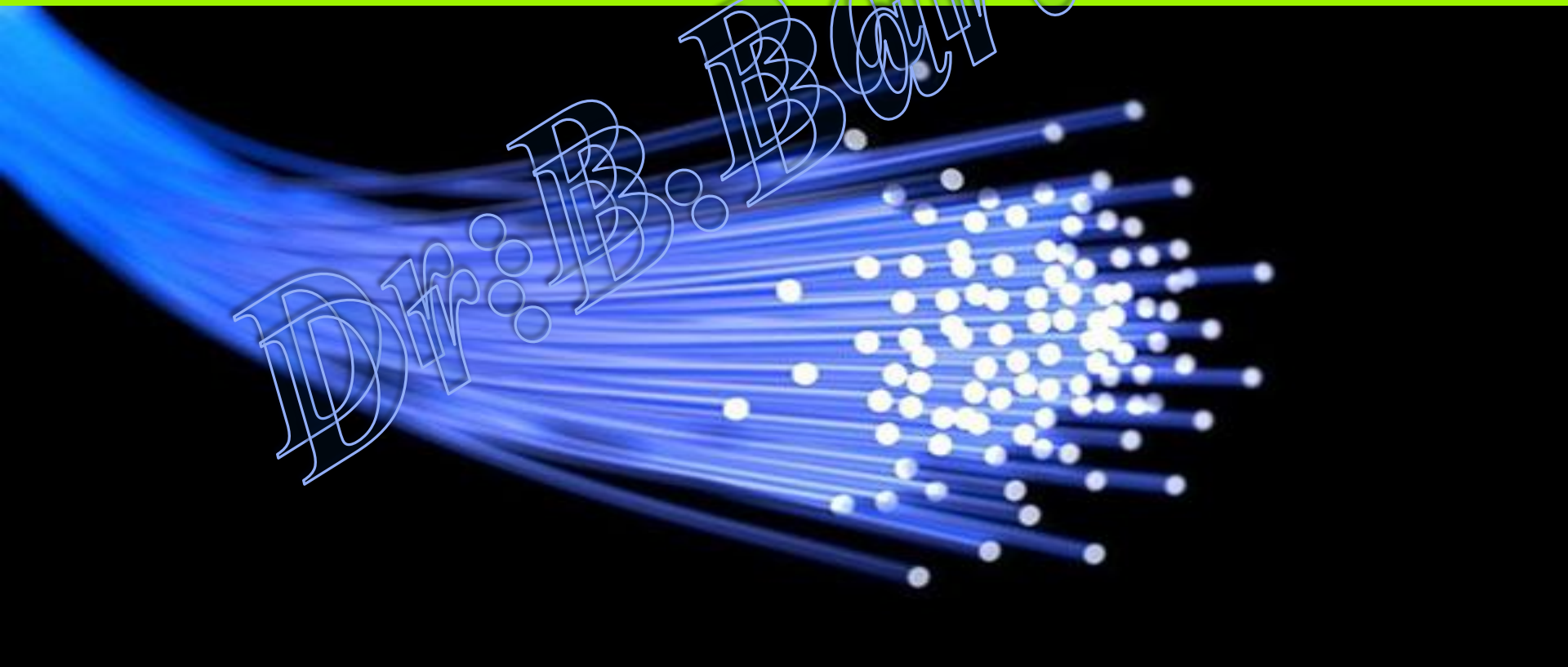
تار نوری :

تار نوری براساس بازتابش داخلی کلی عمل می کند در مرکز یک تار نوری، مغزی استوانه‌ای شفافی از جنس شیشه یا پلاستیک با ضریب شکست نسبتاً بالا قرار دارد. ضخامت این مغزی می‌تواند تا چند میکرومتر باشد. اطراف مغزی با غلافی پوشیده شده است که آن نیز شفاف است، ولی ضریب شکستِ بسیار کوچک‌تری از ضریب شکست مغزی دارد تا زاویهٔ حد به اندازهٔ کافی کوچک باشد. نور طوری از یک سر مغزی وارد می‌شود که به مرز مغزی ــ غلاف تحت زاویه‌ای بزرگ‌تر از زاویهٔ حد بتابد و در نتیجه تماماً به درون مغزی بازتاب کند. سپس همین اتفاق در مرز روبه‌روی مرز قبلی رخ می‌دهد و نور بر اثر بازتاب داخلی کلی دوباره به مغزی بازتابیده می‌شود و این رفت و برگشت نور در مسیری زیگزاگ ادامه می‌یابد (شکل).

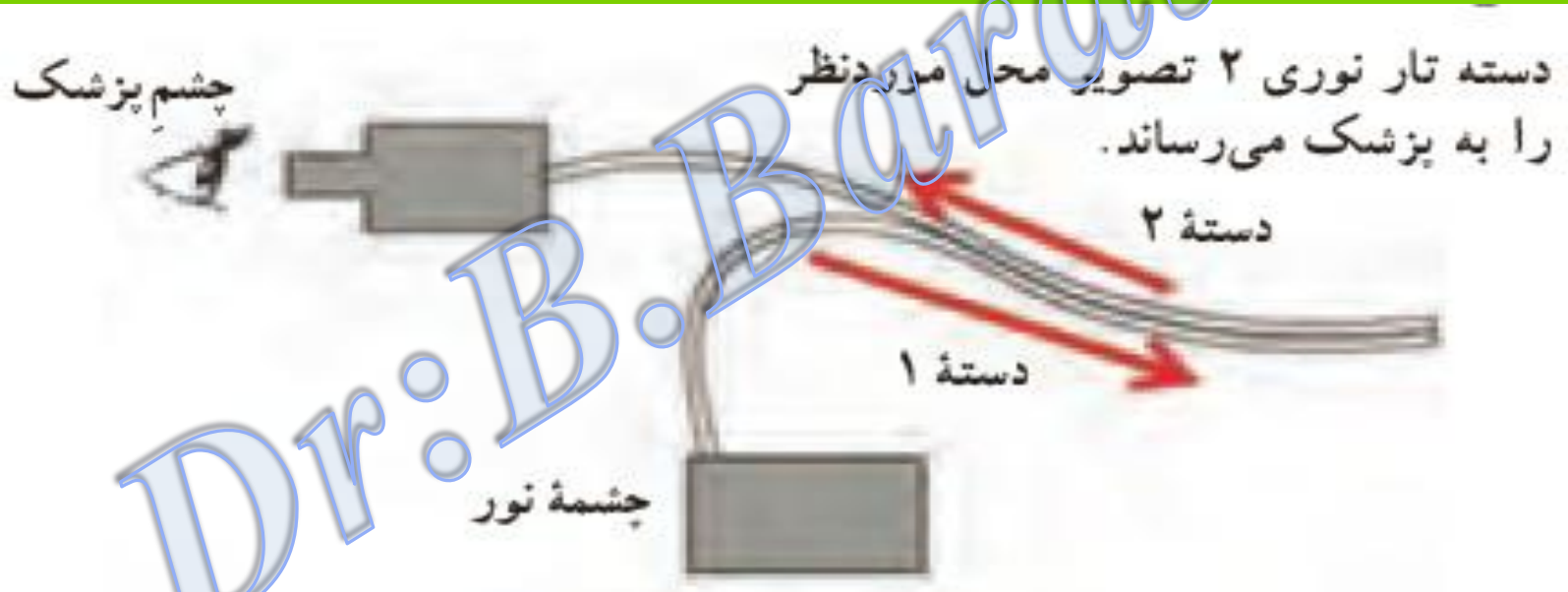


Dr.B.Barati

توجه مهم: در یک تار نوری خوب، نور در مغزی کمی جذب پیدا می کند و بنابراین می‌تواند پیش از آنکه شدتش کاهش یابد، تا مسافت‌های طولانی حرکت کند. تارهای نوری اغلب به‌صورت دسته‌ای کنار هم قرار می‌گیرند تا به شکل یک کابل درآیند. چون تارها بسیار نازک‌اند کابل‌ها نسبتاً نازک و انعطاف‌پذیر هستند و به این ترتیب می‌توانند در بسیاری موارد، برای انتقال اطلاعات جایگزین کابل‌های فلزی بزرگ سنگین (مسی) شوند.



کاربرد تار نوری در پزشکی: یکی از کاربردهای مهم تارهای نوری در عمل آندوسکوپی در پزشکی است. از آندوسکوپ برای دیدن درون بدن، بدون انجام جراحی استفاده می‌شود. در آندوسکوپی، جراح دو دسته تار نوری را وارد بدن بیمار می‌کند که یکی نور را به محل موردنظر می‌رساند و دیگری تصویر محل موردنظر را به یک چشمی یا صفحهٔ نمایشگر می‌رساند.



Dr:B.Barati