نوسان و موج

نوسان دوره‌ای

نوسان‌هایی را که هر دور آن دقیقاً در دوره‌های بعدی تکرار می‌شود (مانند ضربان قلب انسان در یک مدت معین، نوسان‌های دوره‌ای می‌نامیم که به هر دور آن چرخه (سیکل) گفته می‌شود. پس به نقشی که به طور منظم تکرار می‌شود، چرخه (سیکل) گفته می‌شود و به نوسان‌هایی که در آن یک چرخه عیناً تکرار می‌شود، نوسان دوره‌ای می‌گوییم.

حرکت هماهنگ ساده

معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده را می‌توان به صورت سینوسی یا کسینوسی نوشت. اگر در لحظهٔ $t = 0$ نوسان‌گر در مکان $x = +A$ باشد، معادلهٔ حرکت آن به صورت مقابل است:

معادلهٔ مکان-زمان:
$$x = A\cos(\omega t)$$

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

سامانه جرم - فنر

بسامد زاویه‌ای:
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

انرژی در حرکت هماهنگ ساده

انرژی مکانیکی سامانهٔ جرم-فنر

$$E = \frac{1}{2}kA^2$$

انرژی مکانیکی نوسانگر هماهنگ ساده

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

آونگ ساده

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

بسامد زاویه‌ای:
$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

تشدید

بسامد طبیعی

اگر جسمی را که می‌تواند نوسان کند، از نقطهٔ تعادل خارج و رها سازیم، این جسم شروع به نوسان در دو طرف نقطهٔ تعادل می‌کند. بسامد نوسان جسم در این حالت را بسامد طبیعی می‌نامیم

نوسان میرا

می‌دانیم که در دنیای واقعی، نیروهای تلف کننده مثل اصطکاک و مقاومت هوا وجود دارند و به همین دلیل وقتی یک سامانه را برای نوسان آزاد می‌گذاریم، به دلیل نیروهای تلفاتی، انرژی مکانیکی پایسته نبوده و کاهش می‌یابد و دامنهٔ نوسان رفته‌رفته کاهش می‌یابد و سرانجام نوسان‌گر می‌ایستد و می‌گوییم نوسان، میرا می‌شود.

نوسان واداشته

حالا که نیروهای اتلافی، دامنهٔ نوسان را کاهش می‌دهند پس ما هم سامانه را برای نوسان آزاد نگذاریم و به آن یک نیروی دوره‌ای وارد کنیم. در این حال، نوسان‌گر با بسامدی غیر از بسامد طبیعی‌اش وادار به نوسان می‌شود. نوسان را در این حالت، نوسان واداشته می‌نامیم

تشدید رزونانس

اگر بسامد ناشی از نیروی دوره‌ای با بسامد طبیعی نوسان‌گر برابر باشد ، انرژی‌ای که توسط آن نیرو به نوسان‌گر داده می‌شود سبب جبران اتلاف انرژی ناشی از اصطکاک می‌شود.

موج و انواع آن

موج‌های الکترمغناطیسی

این امواج برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند و می‌توانند در خلاء نیز منتشر شوند.

موج‌های مکانیکی

این امواج برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند و در محیطی مانند خلاء که هیچ ماده‌ای در آن وجود ندارد، منتشر نمی‌شوند.

موج‌های های پیش‌رونده

- طولی
- عرضی

مشخصه های موج

تندی انتشار موج

اگر در یک لحظه، نقطه‌ای از طناب در یک وضعیت معین (مثلاً در قلهٔ موج) باشد و پس از Δt ثانیه، نقطه‌ای که در فاصلهٔ L از آن واقع است، به همان وضعیت برسد، تندی انتشار موج $V = \frac{L}{\Delta t}$ می‌شود. پس در این رابطه، L به معنی جابه‌جایی نیست! L بیانگر فاصلهٔ دو نقطه از طناب است.

موج عرضی

امواج الکترومغناطیس

میدان‌های القایی الکتریکی و مغناطیسی هم‌گام با یکدیگر تغییر می‌کنند. یعنی هم‌زمان بیشینه می‌شوند، با هم کاهش می‌یابند، و هم‌زمان تغییر جهت می‌دهند. میدان‌های القایی الکتریکی و مغناطیسی با هم یک صفحه می‌سازند که راستای انتشار این دو میدان، عمود بر این صفحه است. چنین موجی را موج الکترومغناطیسی می‌نامند.

اگر بخواهیم در یک فنر، تار یا ریسمان کشیده شده، موج عرضی ایجاد کنیم، تندی انتشار موج به صورت مقابل به دست می‌آید:
$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

موج طولی

موج‌های طولی قادرند در جامدها، مایع‌ها و گازها انتشار یابند.

در جامدها تندی انتشار امواج طولی از امواج عرضی بیشتر است

موج صوتی

شدت صوت

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

تراز شدت صوت

$$\beta = 10\log\frac{I}{I_0}$$

ادراک شنوایی

اثر دوپلر

تغییر بسامد صوت به علت حرکت چشمهٔ صوت و ناظر (شنونده) را اثر دوپلر می‌نامند. احتمالاً تا به حال به صدای ماشین‌های خیابان دقت کرده‌اید. صدایی که هنگام نزدیک شدن ماشین می‌شنوید، با صدایی که هنگام دور شدن آن می‌شنوید کاملاً متفاوت است. علت این اتفاق، اثر دوپلر است که برای امواج الکترومغناطیسی نیز صادق است.

برهم کنش‌های موج

بازتاب موج

بازتاب امواج مکانیکی را در سه حالت:
1) بازتاب در یک بعد مانند بازتاب تپ از انتهای بستهٔ طناب
2) بازتاب در دو بعد، مانند بازتاب امواج در تشت موج (سطح آب) و
3) بازتاب در سه بعد، مانند بازتاب امواج صوتی، بررسی کرد.

شکست موج

قانون شکست عمومی

در شکل‌های بالای صفحه، اگر تندی انتشار موج فرودی را V_1 و تندی انتشار موج شکست را V_2 بنامیم، طبق قانون شکست عمومی خواهیم داشت:

$$\frac{V_2}{V_1}=\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}\Rightarrow\frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}\quad \text{But}\quad f_2=f_1$$

ضریب شکست

اگر تندی نور در خلاء C و رد یک محیط شفاف V باشد، ضریب شکست این محیط به صورت $n=\frac{C}{v}$ تعریف می‌شود. ضریب شکست، یک عدد بدون واحد است و همواره بزرگ‌تر یا مساوی یک است. کمترین ضریب شکست مربوط به خلاء و هوا است که ضریب شکست آن ها یک است.

قانون شکست انسل

پرتوی نوری را در نظر بگیرید که از محیط (۱) با ضریب شکست n_1 وارد محیط (۲) با ضریب شکست n_2 می‌شود.

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\frac{V_2}{V_1}=\frac{V_2=\frac{C}{n_2}}{V_1=\frac{C}{n_1}}\rightarrow\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\frac{n_1}{n_2}\Rightarrow n_1\sin\theta_1=n_2\sin\theta_2$$

این رابطه، همان قانون شکست انسل است.

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 گفته می‌شود. سراب نه تنها دیده می‌شود بلکه می‌توان از آن عکس هم گرفت.

پاشندگی نور

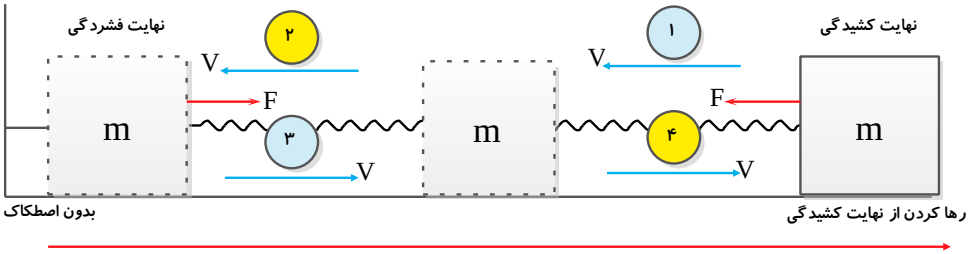
منشور محیطی شفاف است که تمایل دارد پرتوهای تابانده شده را به سمت قاعده منحرف کند. (البته اگر ضریب شکست منشور بزرگ‌تر از محیط اطراف باشد.) تجزیهٔ نور خورشید (نور سفید) توسط منشور را پاشندگی نور می‌گوییم و علت آن متفاوت بودن ضریب شکست منشور برای رنگ‌های مختلف است و برای نورهای با بسامد بزرگ‌تر (طول موج کوچک‌تر) بیشتر است .

نوسان و موج و تداخل موج

۳-۱ تعاریف اولیه

چند نمونه از نوسان در دنیای پیرامون	ضربان قلب انسان، تاب خوردن، بالا و پایین رفتن سرنشینان یک کشتی روی امواج خروشان دریا و زمین لرزه !
دو هدف اصلی فیزیک دان ها و مهندسان	مطالعه و کنترل نوسان ها در سامانه های مختلف
نوسان دوره ای یا غیر دوره ای	شکل زیر تصویری از ضرباهنگ (ریتم) قلب یک شخص را نشان می دهد که در هر دقیقه ۶۵ بار می زند. نمونه‌ای از نمودار الکتروقلب نگارهٔ[1] (نوار قلب) یک شخص[2]
	چرخه (سیکل) : به نقش های این تصویر که به طور منظم تکرار می شوند سیکل گویند.
	نوسان دوره ای : چنین نوسان هایی را که هر چرخه آن در دورهای دیگر تکرار شود، گویند.

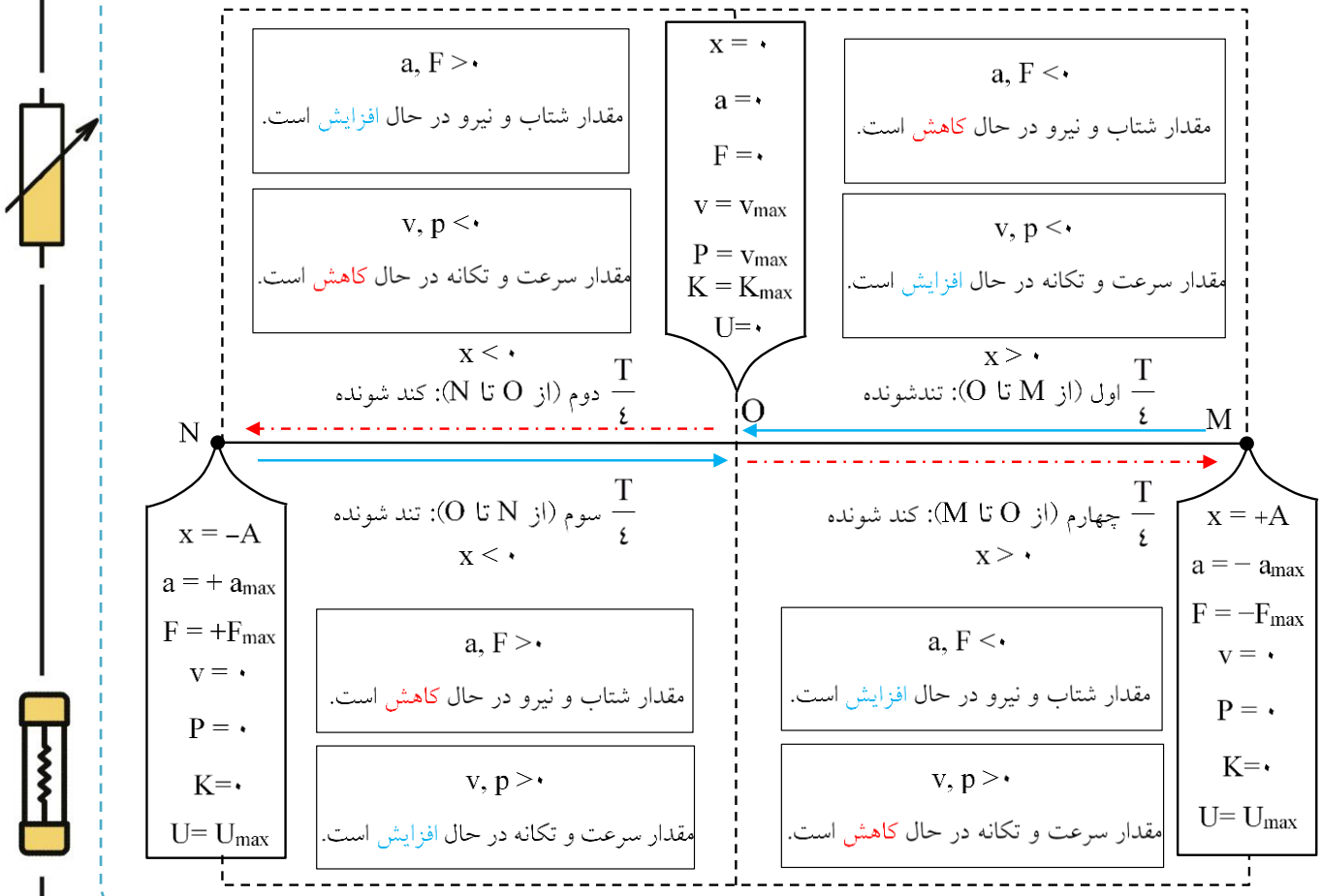
۳-۲ اساس نوسان (۳ نوع حرکت نوسانی میخونیم: ۱) جرم فنر افقی ۲) جرم فنر قائم ۳) آونگ)



حرکت به سمت مرکز، تند شونده سرعت و شتاب هم جهت	علامت مکان و بردار مکان (جایگاه نوسانگر): مثبت علامت سرعت و تکانه (جهت حرکت): منفی علامت نیرو و شتاب (مخالف علامت مکان): منفی	مسیر ۱
حرکت به سمت نقطه بازگشتی، کند شونده سرعت و شتاب خلاف جهت	علامت مکان و بردار مکان (جایگاه نوسانگر): منفی علامت سرعت و تکانه (جهت حرکت): منفی علامت نیرو و شتاب (مخالف علامت مکان):مثبت	مسیر ۲
حرکت به سمت مرکز، تند شونده سرعت و شتاب هم جهت	علامت مکان و بردار مکان (جایگاه نوسانگر): منفی علامت سرعت و تکانه (جهت حرکت): مثبت علامت نیرو و شتاب (مخالف علامت مکان):مثبت	مسیر ۳
حرکت به سمت نقطه بازگشتی، کند شونده سرعت و شتاب خلاف جهت	علامت مکان و بردار مکان (جایگاه نوسانگر): مثبت علامت سرعت و تکانه (جهت حرکت): مثبت علامت نیرو و شتاب (مخالف علامت مکان):منفی	مسیر ۴

نکته ۱:

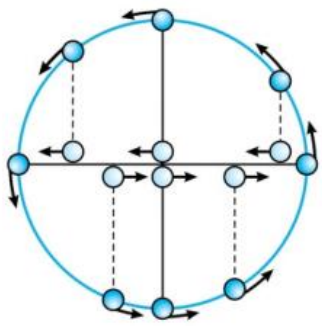
جهت نیرو همیشه به سمت مرکز نوسان می باشد | حرکت به سمت مرکز نوسان تند شوندست| مکان و شتاب (نیرو) قرینه همدیگن | علامت تکانه مثل سرعت.

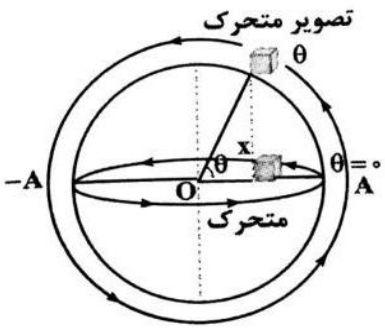


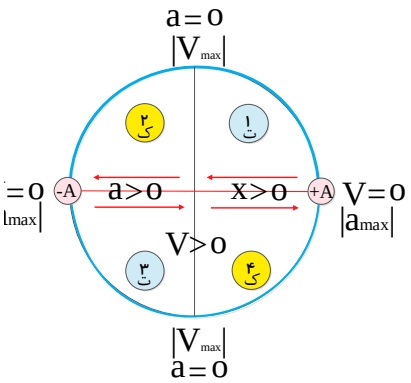
نکته ۲: تمامی کمیت ها در هر دوره تناوب (هر نوسان کامل) دو بار صفر و دو بار بیشینه می شوند.

۳-۲-۱ ارتباط دایره با نوسان

اگر جسمی دارای حرکت دایره‌ای یکنواخت باشد، تصویر حرکت آن روی محور x ها حرکت هماهنگ (نوسانی) ساده است. (سایه حرکت دایره ای = حرکت نوسانی ساده).

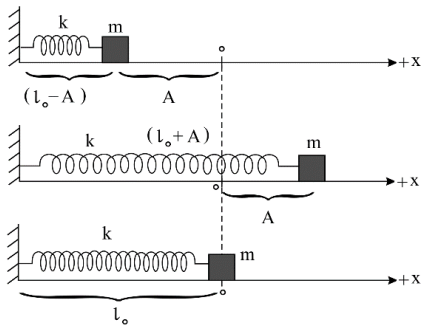




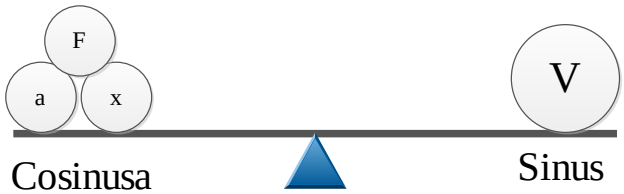


نکته ۳: حرکت روی دایره، مشابه دایره مثلثاتی به صورت پادساعتگرد (CCW) می باشد.

۳-۲-۱ پارامترهای حرکت نوسانی

دوره : T واحد: ثانیه : s هر مسیر $\frac{T}{۴}$	زمان لازم برای طی یک چرخه (یک دور یا نوسان کامل) رابطه: $T=\frac{t}{N}$ (N تعداد نوسان می باشد.) ⟵ $\boxed{t=NT}$ مثال: $T=۳s$: زمان یک چرخش کامل ۳ ثانیه است. زمان یک دور کامل (۴ تا دامنه) | زمان دو بار طول مسیر | زمان دو بار پاره خط	$\boxed{T=\frac{۱}{f}}$
بسامد (فرکانس) : f واحد : هرتز : Hz	تعداد نوسان کامل در یک ثانیه. کتاب: تعداد نوسان های انجام شده (تعداد چرخه) در هر ثانیه! رابطه: $f=\frac{N}{t}$ مثال: $f=۶Hz$: یعنی متحرک در هر ثانیه ۶ دور می زند.	
سرعت زاویه‌ای یا (بسامد زاویه ای): ω فرمول عمومی	نسبت تغییرات چرخش به تغییرات زمان $\omega=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ | واحد: بر حسب رادیان بر ثانیه : $\frac{rad}{s}$ مثال: $\omega=\frac{\pi}{۶}$: متحرک در هر ثانیه $\frac{\pi}{۶}$ رادیان می چرخد. برای یک چرخش کامل $\omega=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=\frac{۲\pi}{T}\xrightarrow{T=\frac{۱}{f}}\boxed{\omega=۲\pi f}$	
ω و T و f خصوصی سیستم جرم فنر	$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}\xrightarrow{\omega=\frac{۲\pi}{T}\to T=\frac{۲\pi}{\omega}}\boxed{T=۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}\xrightarrow{f=\frac{۱}{T}}f.=\frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ دامنه نوسان یک سیستم جرم و فنر تابع طول اولیه از وضع تعادل است و در حین نوسان تغییر نمی کند. مگر این که نیروهای اتلافی موجود باشد. (نوسان میرا) دوره تناوب سیستم جرم – فنر به دامنه نوسان بستگی ندارد.	
ω و T و f خصوصی سیستم آونگ	$\omega=\sqrt{\frac{g}{l}}\xrightarrow{\omega=\frac{۲\pi}{T}}\boxed{T=۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}\xrightarrow{f=\frac{۱}{T}}f.=\frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$ دوره تناوب و بسامد زاویه ای آونگ ساده به جرم آونگ بستگی ندارد و فقط به طول آونگ و شتاب گرانش محل نوسان بستگی دارد. تغییرات این دو کمیت روی T و f و امگا تاثیر میذاره که در تکمیلی آونگ بحث میکنیم.	
فاز	به مکان روی دایره فاز گویند.	
یک نوسان کامل	یک نوسان کامل برابر است با طی کردن ۴ بار طول دامنه یا طی کردن ۲ بار طول مسیر($۲\times۲A$).	
دامنه یا بعد بیشینه: A ۱) نصف پاره خط نوسان ۲) $\frac{۱}{۴}$ مسافت طی شده درهر نوسان کامل. ۳) تغییر طول فنر از حالت تعادل ۴) نصف تفاضل بیشترین و کمترین طول فنر در نوسان افقی و قائم	بیشترین فاصله نوسانگر از مرکز نوسان را دامنه نوسان گویند. چه قائم چه افقی این فرمول صادق می باشد.  $l_o=l_{max}-A$ و $A=\frac{l_{max}-l_{min}}{۲}$ $l_o=l_{min}+A$ مرکز نوسان و طول اولیه فنر در نوسان افقی : میانگین بیشترین و کمترین طول $l_o=l_{stable}=\frac{l_{max}+l_{min}}{۲}$	

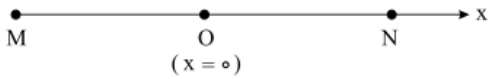
۳-۳ الاکلنگ



زوج تی چهارم	گروه فکس و U بیشینه و گروه V و P و K کمینه
فرد تی چهارم	گروه فکس و U کمینه و گروه V و P و K بیشینه

تست ۱:

نوسانگری روی محور x و در مسیر MN حرکت هماهنگ ساده انجام می دهد. چند مورد از گزاره‌های زیر در مورد حرکت این نوسانگر صحیح است؟ ($\overline{MO}=\overline{ON}$)



الف) در جابه‌جایی متحرک از N به O، نوع حرکت کندشونده است.

ب) تغییر جهت حرکت در انتهای مسیر حرکت نوسانگر صورت می گیرد.

ج) با صفر شدن تندی نوسانگر، جهت بردار مکان نوسانگر تغییر می کند.

د) اگر جابه‌جایی نوسانگر مثبت باشد، حتماً در حال دور شدن از نقطهٔ تعادل است.

۱) ۲ ۲) ۱ ۳) صفر ۴) ۳

چند آیتمی:

وزنه ای را روی سطح افقی از نقطه تعادل ۱۰ سانتی متر به سمت راست کشیده و از حال سکون رها میکنیم، در لحظه رها کردن:

دامنه نوسان	طول پاره خط	مسافت یک نوسان	علامت تکانه	اندازه تکانه	بازگشتی یا تعادل؟
علامت مکان	علامت بردار مکان	علامت سرعت	اندازه سرعت	علامت شتاب	اندازه شتاب
علامت نیرو	اندازه نیرو	نوع حرکت	انرژی جنبشی	انرژی پتانسیل	انرژی مکانیکی
چه زمان هایی تو بازگشتی می باشد؟	زوج تی چهارم		چه زمان هایی تو تعادل می باشد؟	فرد تی چهارم	

۳-۴ مسائل T, f, ω

۱) حرکت وضعی زمین به دور خود : هر ۲۴ ساعت ۱ بار $\xleftarrow{t=NT} T=\frac{۲۴h}{۱}=۲۴h$

۲) حرکت عقربه دقیقه شمار : هر یک ساعت ۱ بار $\xleftarrow{t=NT} T=\frac{۱h}{۱}=۱h=۶۰\min$

۳) حرکت عقربه ساعت شمار : هر ۱۲ ساعت ۱ بار $\xleftarrow{t=NT} T=\frac{۱۲h}{۱}=۱۲h$

۴) ضرباهنگ (ریتم قلب انسان) : هر دقیقه ۶۵ بار $\xleftarrow{t=NT} T=\frac{۱\min}{۶۵}=\frac{۱}{۶۵}\min=۰/۹۲$

۳-۵ تمامی معادلات نوسان

معادلات زمانی	مکان	$\boxed{x = A\cos(\theta)}$ $x = A\cos(\omega t)$	
	سرعت	$V = -A\omega\sin(\theta)$ $V = -A\omega\sin(\omega t)$	
	شتاب	$\boxed{a = -A\omega^2\cos(\theta)} = -a_{max}\cos(\theta)$ $a = -A\omega^2\cos(\omega t) = -a_{max}\cos(\omega t)$	
	نیرو	$F = -mA\omega^2\cos(\theta) = -F_{max}\cos(\theta)$ $F = -mA\omega^2\cos(\omega t) = -F_{max}\cos(\omega t)$	
معادلات مستقل از زمان (از ارتباط بین کمیت ها)	شتاب	$\boxed{a = -\omega^2 x} = \begin{cases} avang: a = -\frac{g}{L}x \\ jerm - fanar: a = -\frac{k}{m}x \end{cases}$	بالانس معادله سوال
	نیرو	$F = -m\omega^2 x$	بالانس معادله سوال

۳-۵-۱ آخ آخ جدول مهم مقادیر بیشینه

کمیت	اندازه	کجاست؟
مکان	$\boxed{x_{max} = \lvert A\rvert}$	نقاط بازگشتی
تندی (اندازه سرعت)	$\boxed{\lvert V_{max}\rvert = A\omega}$	مرکز نوسان
شتاب	$\boxed{\lvert a_{max}\rvert = A\omega^2}$	نقاط بازگشتی
نیرو	$\boxed{\lvert F_{max}\rvert = mA\omega^2}$	نقاط بازگشتی
تکانه	$\boxed{\lvert P_{max}\rvert = mA\omega}$	مرکز نوسان
انرژی جنبشی	$K_{max} = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = E$	مرکز نوسان
انرژی پتانسیل	$U_{max} = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = E$	نقاط بازگشتی

تست ۲:

نوسانگری روی سطح افقی بدون اصطکاک نوسان می‌کند، لحظه‌ای که جهت نوسانگر تغییر می‌کند، بزرگی شتاب آن $0/8\pi^2\frac{m}{s^2}$ و لحظه‌ای که نیروی وارد بر نوسانگر صفر می‌شود، بزرگی سرعت آن به $0/2\pi\frac{m}{s}$ می‌رسد. بزرگی شتاب نوسانگر در مکان $x = 1cm$ چند متر بر مربع ثانیه است؟

۱) $0/16\pi^2$ ۲) $0/36\pi^2$ ۳) 5π ۴) 50π

تست۳: شما حل کنید. جواب گزینه ۱

نوسان‌نگار وسیله‌ای برای ثبت نوسان‌هاست. نوسان‌نگاری ساده ساخته‌ایم، با به حرکت درآوردن دیاپازون تیغهٔ نوک تیزی که به نوک یکی از شاخه‌های آن چسبانده‌ایم روی شیشه، خط موج‌داری رسم می‌کند که به آن نوسان نگاشت گفته می‌شود. اگر بسامد نوسان دیاپازون $\frac{۵}{\pi}Hz$ و دامنهٔ نوسان تیغهٔ نوک تیز روی شیشه $۱۰cm$ باشد، حداکثر سرعت نوک این تیغه در هنگام نوسان چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۱۰۰π ۳) ۱۰ ۴) ۱۰π

تست۴:

معادلهٔ شتاب نوسانگری به جرم $۱۰g$ که حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهد، در SI به صورت $a=-\pi^۲x$ است. اگر سرعت این نوسانگر در مرکز نوسان $۱۰\pi\frac{cm}{s}$ باشد، بیشینه‌ی نیروی وارد بر آن چند نیوتون است؟ $(\pi^۲\simeq ۱۰)$

۱) ۰٫۳ ۲) ۰٫۰۳ ۳) ۰٫۱ ۴) ۰٫۰۱

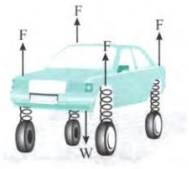
تست۵:

جسمی به جرم m به فنری به ثابت k متصل است و با دورهٔ $۰٫۱\pi$ ثانیه نوسان می‌کند. اگر جرم جسم $۱۹۰g$ کاهش یابد با دورهٔ $۰٫۰۹\pi$ ثانیه نوسان می‌کند. k چند نیوتون بر سانتی‌متر است؟

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۲۰ ۴) ۴۰

۳-۵-۲ فنرهای موازی و فنر معادل آن ها

فرض کنید وزن خودرو به صورت یکنواخت روی فنرهای چهار چرخ توزیع شده است .



بنابراین می توان نوشت : $۴F_e=mg$

از طرفی: $۴k\Delta x=mg$ و می توان به جای $۴k$ از k_{eq} استفاده کرد. به نحوی که $k_{eq}=k_۱+k_۲+k_۳+k_۴$.

تست۶:

جرم خودرویی همواره با سرنشینان آن ۱۶۰۰ کیلوگرم است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت ۴۰۰۰۰ نیوتن بر متر سوار شده است. بسامد نوسان خودرو هنگام عبور از یک چاله چند هرتز است؟ (فرض کنید وزن خودرو به صورت یکنواخت روی فنرهای چهار چرخ توزیع شده است

۱) $\frac{۵}{\pi}$ ۲) $\frac{\pi}{۵}$ ۳) $\frac{۲\sqrt{۵}}{۵}$ ۴) $\frac{۴\sqrt{۵}}{۵}$

تست ۷:

خودوریی به جرم $۶۴۰kg$ که کمک فنرهایش خراب شده‌اند، پس از عبور از دست‌انداز، با بسامد $۰/۵Hz$ نوسان می‌کند. اگر شخصی به جرم $۶۴kg$ وارد این خودرو شود، کف آن چند سانتی‌متر پایین می‌رود؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg}, \pi \simeq \sqrt{۱۰})$

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۰/۱ ۴) ۰/۰۵

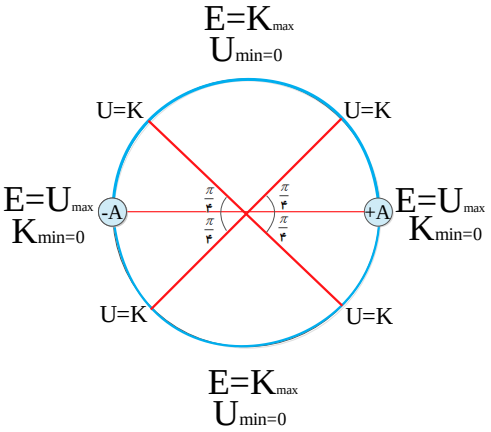
۳-۵-۳ انرژی

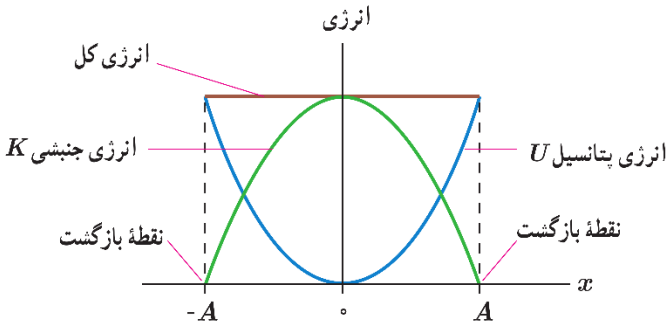
مکان (x)	شناسهٔ تابع کسینوس (θ) $(n = ۰,۱,۲,...)$	موقعیت نوسانگر در آونگ ساده	موقعیت نوسانگر در دستگاه وزنه ـ فنر افقی	سرعت (v)	شتاب (a)	انرژی جنبشی (K)	انرژی پتانسیل (U)	انرژی مکانیکی (E)
A	$۲n\pi$	θ_{max}	x, A	$v_{min} = ۰$	$-a_{max} = -A\omega^۲$	$K_{min} = ۰$	$U_{max} = \frac{۱}{۲}kA^۲$	$\frac{۱}{۲}kA^۲$
۰	$(۴n+۱)\frac{\pi}{۲}$	v	x, v	$-v_{max} = -A\omega$	$a_{min} = ۰$	$K_{max} = \frac{۱}{۲}kA^۲$	$U_{min} = ۰$	$\frac{۱}{۲}kA^۲$
$-A$	$(۲n+۱)\pi$	θ_{max}	x, $-A$	$v_{min} = ۰$	$a_{max} = A\omega^۲$	$K_{min} = ۰$	$U_{max} = \frac{۱}{۲}kA^۲$	$\frac{۱}{۲}kA^۲$
۰	$(۴n+۳)\frac{\pi}{۲}$	v	x, v	$v_{max} = A\omega$	$a_{min} = ۰$	$K_{max} = \frac{۱}{۲}kA^۲$	$U_{min} = ۰$	$\frac{۱}{۲}kA^۲$

نکته ۴: ۴۵ درجه مهم

در تمامی ۴۵ درجه ها یا جاهایی که $K = U = \frac{E}{۲}$	$x = \pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}A$
	$V = \pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}A\omega$
	$a = \pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}A\omega^۲$

۴-۵-۳ معادلات انرژی





نوع انرژی	رابطه	کجا صفره کجا بیشینه
جنبشی (K)	$K=\frac{۱}{۲}mv^۲$	مثل سرعت در مرکز بیشینه: $K_{max}=\frac{۱}{۲}mv_{max}^۲=\frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲=E$ در دو انتها صفر: $K_{min}=۰$
پتانسیل کشسانی فنر (U)	$U=\frac{۱}{۲}kx^۲$ شما نمیخونین	برعکس انرژی جنبشی و سرعت در مرکز صفر: $U_{min}=۰$ در دو انتها بیشینه: $U_{max}=\frac{۱}{۲}kA^۲=E$
مکانیکی (E)	$E=K+U=\frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲=\frac{۱}{۲}kA^۲$	همیشه ثابت اگر اصطکاکی نباشه

نکته۵: وابستگی به جرم

انرژی مکانیکی	در سیستم جرم - فنر	$E=\frac{۱}{۲}m(\frac{k}{m})A^۲=\frac{۱}{۲}kA^۲$ به جرم وابسته نیست
	در سیستم آونگ	$E=\frac{۱}{۲}m(\frac{g}{l})^۲A^۲=\frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲$ به جرم وابسته است
بیشینه نیرو	در سیستم جرم - فنر	$F_{max}=mA\omega^۲=mA(\frac{k}{m})=Ak$ به جرم وابسته نیست
	در سیستم آونگ	به جرم وابسته است
دوره تناوب	در سیستم جرم - فنر	به جرم وابسته است : دو پیرمرد مکاره!
	در سیستم آونگ	به جرم وابسته نیست : دو پیرزن لجباز

نکته۶: ارتباط انرژی مکانیکی با بیشینه ها

$$E=\frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{2}m\omega^2A^2 \xrightarrow{\omega=2\pi f} E=2m\pi^2A^2f^2=2m(\pi Af)^2 \rightarrow E\alpha A^2\times f^2$$

$$\boxed{E=\frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{2}m\omega^2A^2=\frac{1}{2}F_{max}A}$$

$$\boxed{\frac{k}{k_{max}}=\frac{k}{E}=(\frac{v}{v_{max}})^2}$$

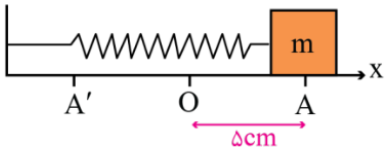
تست۸:

نوسانگری به جرم $200g$ روی پاره‌خطی به طول $4cm$ حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و در هر دقیقه ۱۵۰ نوسان کامل انجام می‌دهد. در لحظه‌ای که بزرگی سرعت نوسانگر $5\sqrt{2\pi}\frac{cm}{s}$ است، انرژی پتانسیل آن چند میلی ژول است؟ $(\pi^2=10)$

۱) ۲٫۵ ۲) ۵ ۳) ۷ ۴) ۱۰

تست۹:

مطابق شکل، جسمی را به فنری متصل کرده‌ایم و در لحظهٔ $t=0$ از نقطهٔ A آن را رها می‌کنیم تا حول نقطهٔ O حرکت هماهنگ ساده انجام دهد. اگر این جسم در هر دقیقه مسافتی به اندازهٔ ۱۵ متر را طی کند، در کدام‌یک از لحظات زیر برحسب ثانیه، انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر صفر خواهد بود؟

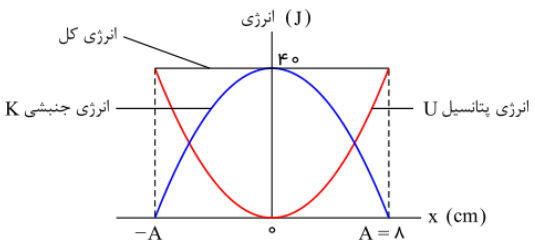


۱) ۱/۲
۲) ۱/۵
۳) ۱/۶
۴) ۱/۸

تست۱۰:

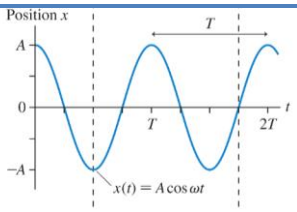
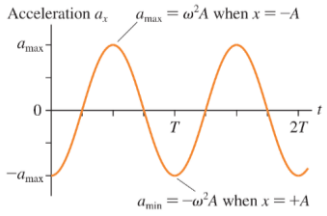
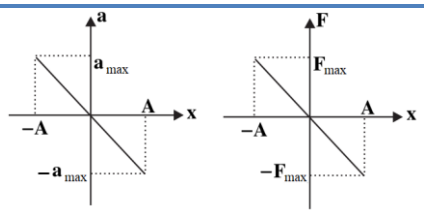
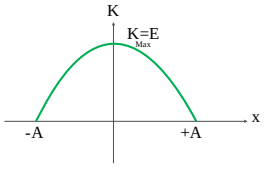
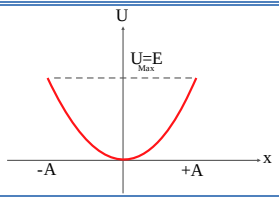
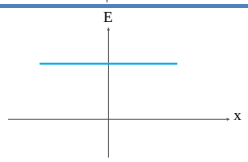
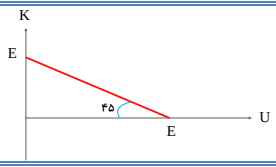
نمودار تغییرات انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی یک نوسان کننده به جرم ۵۰۰ گرم که در راستای محور x حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، به‌صورت شکل زیر است. بسامد نوسان چند هرتز است؟ $(\pi=\sqrt{10})$

خارج از کشور- ۱۳۹۸



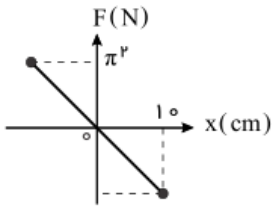
۱) ۵۰
۲) ۴۰
۳) ۲۵
۴) ۱۰

۳-۵-۵ تمامی نمودارهای حرکت نوسانی

مکان – زمان	
شتاب – زمان یا حتی نیرو – زمان	
شتاب – مکان یا حتی نیرو – مکان	
انرژی جنبشی	
انرژی پتانسیل	
انرژی مکانیکی	
جنبشی – پتانسیل	

تست ۱۱:

نمودار $F - x$ نوسانگری به جرم $۱۰۰g$ مطابق شکل زیر است. معادلهٔ مکان- زمان این نوسانگر در SI کدام گزینه می‌تواند باشد؟



۱) $x = ۱۰\cos(۱۰\pi t)$

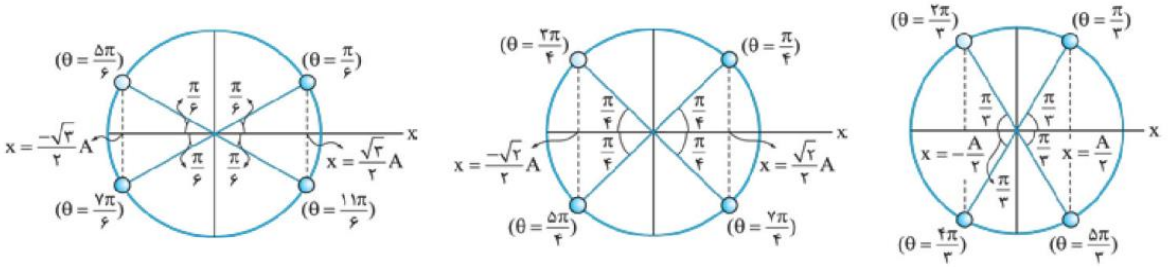
۲) $x = ۱۰\cos(۲۰\pi t)$

۳) $x = ۰/۱\cos(۱۰\pi t)$

۴) $x = ۰/۱\cos(۲۰\pi t)$

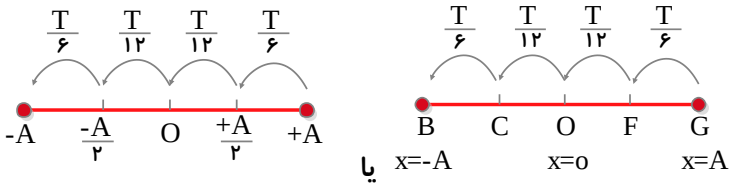
۳-۵-۶ نسبت معروفا: (در مسائل زاویه با محور افق مهم می باشد!)

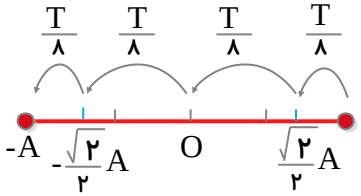
تمامی ۶۰ درجه ها	تمامی ۴۵ درجه ها	تمامی ۳۰ درجه ها
$x=\pm\frac{۱}{۲}A$	$x=\pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}A$	$x=\pm\frac{\sqrt{۳}}{۲}A$

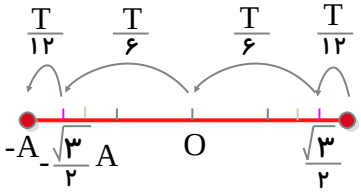


۳-۵-۷ زمان های طلایی

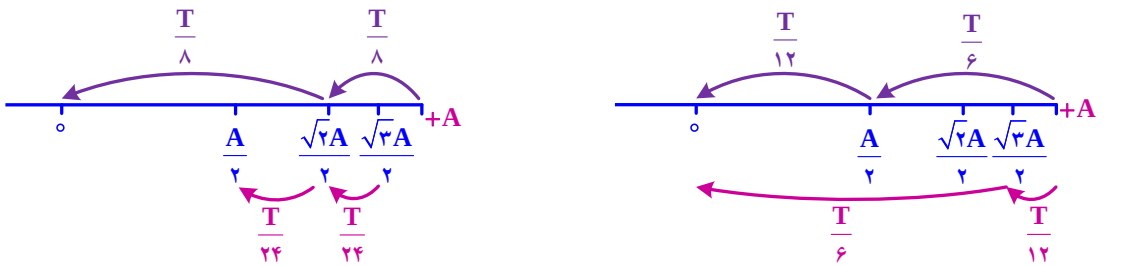
در یک حرکت هماهنگ ساده اگر داشته باشیم که : $BC=CO=OF=FG$



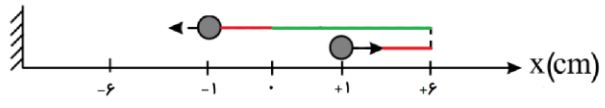




یا اصلا ترکیبی باشه



اگر از مکان های معروف نبودیم، چه کنیم؟



۸-۵-۳ روش حل نوسان چیه؟

۱) اگر زمان بر حسب دوره تناوب نبود، برای یافتن زمان سوال بر حسب دوره تناوب ابتدا نسبت $\frac{\Delta t}{T}$ را به دست می آوریم.

۲) اگر زمان معروف نبود، آنرا تبدیل می کنیم. برای مثال : $\frac{5}{8}T=\frac{4}{8}T+\frac{T}{8}=\frac{T}{2}+\frac{T}{8}$ یا $\frac{T}{3}=2\frac{T}{6}$ یا $\frac{T}{4}=2\frac{T}{8}$

اگر مکان بر حسب دامنه نبود، برای یافتن مکان بر حسب دامنه نسبت $\frac{x}{A}$ را حساب می کنیم.

نکته۷: بعد از $\frac{T}{2}$ مکان و سرعت هر دو قرینه می شوند.

تست۱۲:

در شکل زیر، اگر متحرک روی پاره خط AB به طول ۸ سانتی متر نوسان کند و فاصله OC را در مدت $\frac{1}{300}$ ثانیه طی کند، اندازه سرعت متحرک در O و شتاب متحرک در A چند واحد SI می باشد؟ ($\pi=3$)

۱) ۶ و ۹۰۰ ۲) ۶ و ۹۰۰- ۳) ۳ و ۲۰۰ ۴) ۳ و ۲۰۰-

تست۱۳:

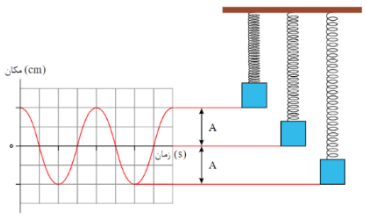
جرمی متصل به فنر با بسامد $5Hz$ روی پاره‌خطی به طول $8cm$ در سطح افقی بدون اصطکاک حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. نوسانگر در لحظهٔ t_1 از یک سانتی‌متری نقطهٔ تعادل (مرکز نوسان) عبور می‌کند و حرکتش در این لحظه کند شونده است. از لحظهٔ t_1 حداقل چند ثانیه طول می‌کشد تا نوسانگر از یک سانتی‌متری طرف دیگر نقطهٔ تعادل عبور کند؟

۱) $\frac{1}{40}$ ۲) $\frac{1}{20}$ ۳) $\frac{1}{10}$ ۴) $\frac{1}{5}$

اگر جرم نوسانگر ۲۰۰ گرم باشد، انرژی جنبشی آن در وضع تعادل را حساب کنید:

تست۱۴:

مطابق شکل جرمی متصل به یک فنر با بسامد ۴ هرتز و دامنه ۲ سانتی متر نوسان می کند. پس از گذشت $\frac{1}{12}$ ثانیه از لحظه رها شدن از نقطه A ، فاصله این جرم نسبت به وضع تعادل چند سانتی متر است؟



۱) ۰/۵
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۰/۲۵

تست۱۵:

معادلهٔ مکان - زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در SI به‌صورت $x=0/03\cos 50\pi t$ است. در کدام بازهٔ زمانی مشخص‌شده برحسب ثانیه، بُردارهای سرعت و شتاب نوسانگر، هر دو در جهت محور x است؟

۱) $0<t<0/01$ ۲) $0/01<t<0/02$ ۳) $0/02<t<0/03$ ۴) $0/03<t<0/04$

در چه بازه هایی جهت شتاب عوض شده است؟ همینطور جهت نوسان گر ؟

تست ۱۶:

در حرکت هماهنگ ساده با معادلهٔ $x = ۰/۱\cos(۲۰\pi t)$ چند مورد از عبارت‌های زیر درست است؟

الف) فاصلهٔ دو نقطهٔ بازگشت ۲۰ سانتی‌متر است.

ب) در مدت یک ثانیه پس از $t = ۰$ انرژی جنبشی نوسان‌گر ۲۰ مرتبه بیشینه می‌شود.

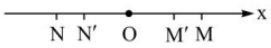
ج) $\frac{۱}{۴۰}$ ثانیه طول می‌کشد تا از انرژی جنبشی بیشینه به انرژی پتانسیل بیشینه برسد.

د) شتاب متوسط در بازهٔ زمانی $۰ < t < \frac{۱}{۲۰}s$ صفر است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۱۷:

مطابق شکل، نوسانگری روی پاره‌خط MN و حول نقطهٔ O نوسان می‌کند و معادلهٔ حرکت آن در SI به صورت $x = ۰/۰۵\cos\frac{\pi}{۶}t$ است. این نوسانگر فاصله‌های MM' و ON' را بدون تغییر جهت به ترتیب در مدت ۲s و ۱s می‌پیماید. نسبت تندی متوسط نوسانگر در فاصلهٔ MM' چند برابر تندی متوسط آن در فاصلهٔ ON' است؟



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

تست ۱۸:

در یک حرکت هماهنگ ساده اگر $x(t)$ مکان نوسانگر در زمان دلخواه t باشد و داشته باشیم $x(t) = -x(t+T')$، و در این دو مکان سرعت ها قرینه باشند، T' چند برابر دوره حرکت هماهنگ ساده (T) می تواند باشد؟

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

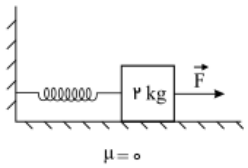
تست ۱۹:

معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر در SI به‌صورت $x = ۰/۰۲\cos ۴\pi t$ است. در بازهٔ زمانی $t_۱ = \frac{۱}{۱۲}s$ تا $t_۲ = \frac{۷}{۶}s$ حرکت نوسانگر، چند ثانیه تندشونده است؟

۱) $\frac{۵}{۶}$ ۲) $\frac{۷}{۶}$ ۳) $\frac{۷}{۱۲}$ ۴) $\frac{۱۳}{۲۴}$

تست ۲۰:

در شکل زیر، مجموعه را توسط نیروی $\vec{F}$ کشیده‌ایم و وزنهٔ ۲ کیلوگرمی، روی سطح افقی در حال سکون است. نیروی $\vec{F}$ را حذف می کنیم و مجموعه روی سطح افقی شروع به حرکت هماهنگ ساده می‌کند. اگر در طول نوسان، کمترین و بیشترین طول فنر به‌ترتیب $۱۵cm$ و $۵۵cm$ شود. حداقل چند ثانیه طول می‌کشد تا فنر از حالتی که طول آن ۴۵ سانتی‌متر است، به‌حالتی برود که طول آن ۲۵ سانتی‌متر است؟ ($\pi^۲ = ۱۰$ و ثابت فنر $۳۲۰N/m$ را در نظر بگیرید.)



۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۳}$ ۳) $\frac{۱}{۶}$ ۴) $\frac{۱}{۱۲}$

۳-۵-۹ هم ارزی نوسان

زمان مورد نظر	فاز طی شده	بعد نوسانگر
T	۲π	یک نوسان کامل $= ۴A$
$\frac{T}{۲}$	π	نصف نوسان $= ۲A$
$\frac{T}{۴}$	$\frac{\pi}{۲}$	ربع نوسان $= A$

نکته۸: حرکت نوسانی ساده یک حرکت شتاب متغیر می باشد. بنابراین بین میزان جابجایی و زمان تناسب وجود ندارد. اما در مقابل برای حرکت دایره ای فرضی که تصویر آن روی محور y نشان دهنده حرکت نوسانی است، می توان گفت که بین تغییر فاز φ و زمان تناسب وجود دارد.

حرکت نوسانی

$$A \to ۱s \not\Leftrightarrow \frac{A}{۲} \to ۰.۵s$$

حرکت دایره ای فرضی

$$\frac{\pi}{۳} \to ۱s \Leftrightarrow \pi \to ۳s$$

۳-۵-۱۰ بیشترین جابجایی و مسافت، کمترین جابجایی و مسافت

بیشترین مسافت و جابجایی	کمترین مسافت و جابجایی
حول مرکز (یعنی چپ و راستش)	حول دامنه (یعنی بالا و پایین)

گوشزد ۱: تغییر فاز را در ناحیه مورد نظر تقسیم می کنیم.

نکته۹:

بیشترین و کمترین تندی متوسط و سرعت متوسط	زمان بدهند : بیشترین سرعت متوسط و بیشترین تندی متوسط در ازای بیشترین جابجایی و مسافت به دست میاد. پس برو سراغ ناحیه ها
	مکان بدهند : بیشترین سرعت متوسط یا بیشترین تندی متوسط در ازای کمترین زمان به دست میاد. یعنی زیاد تاب نخور.

مثال ۱: زمان مشخص

نوسانگر در مدت $\frac{T}{۶}$ در حال نوسان است

الف) کمترین سرعت متوسط نوسانگر چه کسری از دامنه است؟

ب) کمترین مسافت طی شده چه کسری از دامنه است؟ کمترین تندی متوسط در این زمان؟

ج) بیشترین سرعت متوسط نوسانگر چه کسری از دامنه است؟

د) بیشترین مسافت طی شده چه کسری از دامنه است؟ بیشترین تندی متوسط در این زمان؟

مثال ۲: مکان مشخص

نوسانگری در یک بعد در لحظهٔ t_1 در مکان $+\frac{A}{\sqrt{۲}}$ و در لحظهٔ $t_۲ > t_۱$ در مکان $+\frac{A}{۲}$ قرار دارد. اندازه بیشترین سرعت متوسط نوسانگر در بازهٔ t_1 تا $t_۲$ کدام است؟(A دامنهٔ نوسان، T دورهٔ حرکت و در $t = ۰$ نوسانگر در مبدأ مختصات است.) سراسری- ۱۳۸۴

۱) $۱۲\left(\sqrt{۲}+۱\right)\frac{A}{T}$ ۲) $\frac{۱۲\left(\sqrt{۲}-۱\right)}{۷}\frac{A}{T}$ ۳) $\frac{۱۲\left(\sqrt{۲}+۱\right)}{۷}\frac{A}{T}$ ۴) $۱۲\left(\sqrt{۲}-۱\right)\frac{A}{T}$

۳-۵-۱۱ کمترین زمان و بیشترین زمان لازم برای طی کردن مسافتی به اندازه دامنه

الف) کمترین زمان لازم برای طی کردن مسافتی به اندازه دامنه A

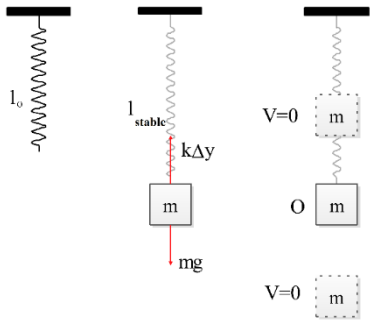
ب) بیشترین زمان لازم برای طی کردن مسافتی به اندازه دامنه A

تست ۲۱:

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

۱) ۹۰۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۹۰ ۴) ۴۵

۳-۵-۱۲ حالت قائم سیستم جرم – فنر



مرکز نوسان، **طول اولیه فنر** نیست. ($l_{stable} \neq l_o$) در مرکز نوسان :

$$\sum F = ۰ \rightarrow k\Delta y = mg$$

و Δy تغییر طول فنر نسبت به طول اولیه فنر می باشد. ($l_{stable} - l_o$)

$$l_{stable} = \frac{l_{max} + l_{min}}{۲} \quad , \quad A = \frac{l_{max} - l_{min}}{۲}$$

دامنه فاصله ی محل **رها کردن وزنه** ($V = ۰$)تا **مرکز نوسان**($\sum F = ۰$) است.

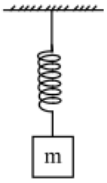
نکته ۱۰: یافتن معادله‌ی نوسان در حالت قائم:

ابتدا در مرکز نوسان $\sum F = ۰ \rightarrow k\Delta y = mg$ را تشکیل می دهیم.

از مورد ۱، یا $\frac{k}{m} = \frac{g}{\Delta y}$ و یا Δy را می یابیم.

تست ۲۲:

وزنه‌ای به جرم m به فنری با جرم ناچیز و ثابت k در راستای قائم متصل است و مجموعه در حال تعادل است. وزنه را از حالت تعادل به سمت پایین می‌کشیم و رها می‌کنیم تا مجموعه حرکت هماهنگ ساده انجام دهد. اگر بیشینه و کمینهٔ طول فنر در این حالت به‌ترتیب $۱۲cm$ و $۸cm$ باشد، بیشینهٔ تندی وزنه چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (طول فنر در حالت عادی $۹cm$ است و $g = ۱۰\frac{N}{kg}$)



۱) $۱۰\sqrt{۱۰}$
۲) $۵\sqrt{۱۰}$
۳) $۲\sqrt{۱۰}$
۴) $۲۰\sqrt{۱۰}$

تست ۲۳:

یک فنر سبک و همگن از سقف آویزان است. به آن وزنه ای به جرم m آویزان می کنیم. طول فنر ۱۰ سانتی متر افزایش می یابد و وزنه به حال تعادل می ایستد. بار دیگر وزنه ای به جرم $\frac{m}{۲}$ را به این فنر متصل کرده و آن را به نوسان در می آوریم. بسامد فنر چند هرتز می شود؟

$(\pi = ۳, g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

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

تست ۲۴:

جسمی به جرم ۹۰۰ گرم را از فنری با جرم ناچیز و ضریب سختی $۱۰۰\frac{N}{m}$ در راستای قائم آویزان کرده و از طول عادی رها می‌کنیم. پس از گذشت $۱٫۸s$ مسافتی که جسم پیموده است، چند سانتی‌متر است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg}, \pi \simeq \sqrt{۱۰})$

۱) ۱۹۸
۲) ۱۰۸
۳) ۲۷
۴) ۱۸۹

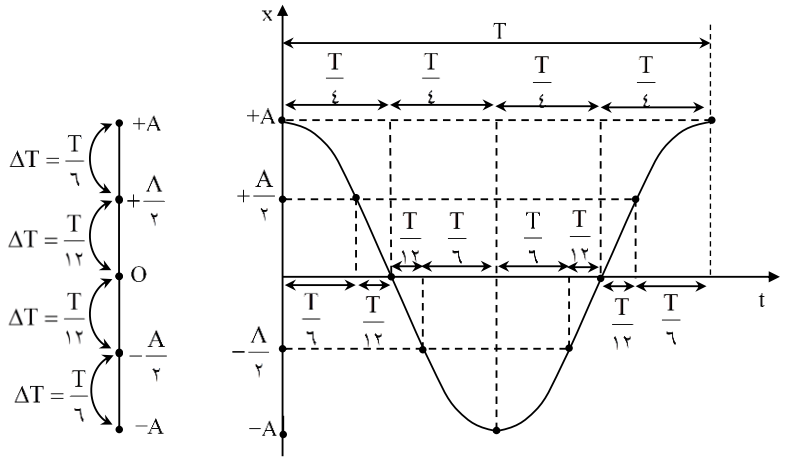
اگر طول اولیه فنر ۲۰ سانتی متر باشد، بیشترین طول فنر چند میشود؟ و در این لحظه سرعت جرم چقدراست؟!

۱۳-۵-۳ مقایسه طول اولیه های افقی و قائم

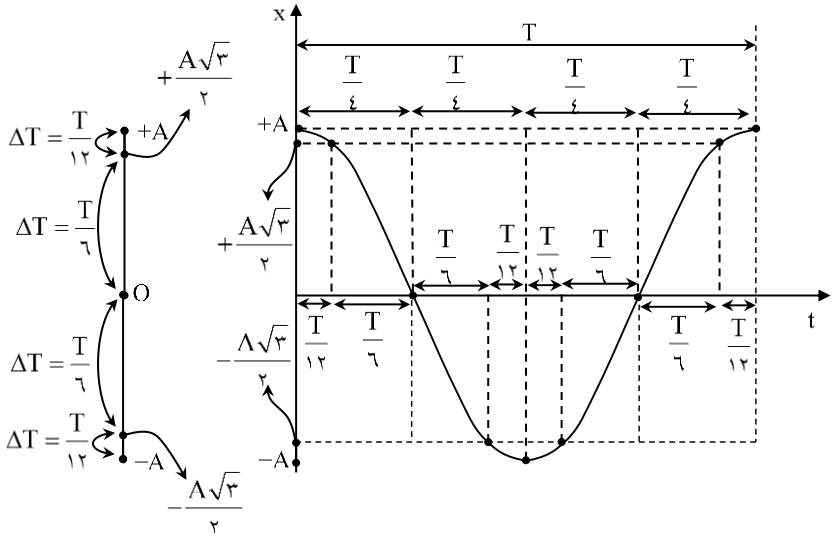
دامنه	افقی و قائم هر دو یکسان هستند . $A = \frac{l_{max} - l_{min}}{۲}$ و $l_o = l_{max} - A$ ، $l_o = l_{min} + A$
طول اولیه	افقی : $l_o = l_{stable} = \frac{l_{max} + l_{min}}{۲}$
	قائم مرکز نوسان، طول اولیه فنر نیست. ($l_{stable} \neq l_o$) $A = \frac{l_{max} - l_{min}}{۲}$ ، $l_{stable} = \frac{l_{max} + l_{min}}{۲}$ ($\Delta y = l_{stable} - l_o$) : Δy تغییر طول فنر نسبت به طول اولیه فنر می باشد. در قائم اگر از طول اولیه رها شود، دامنه برابر Δy می باشد.

۳-۵-۱۴ نمودار مهم

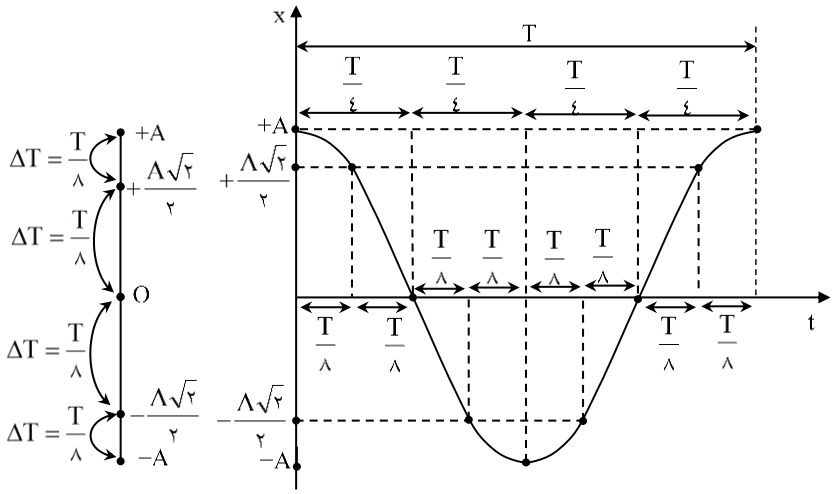
الف) حد فاصل $\pm\frac{A}{۲}$ تا مبدأ یا انتهای مسیر:



ب) حد فاصل $\pm\frac{A\sqrt{۳}}{۲}$ تا مبدأ یا انتهای مسیر:



پ) حد فاصل $\pm\frac{A\sqrt{۲}}{۲}$ تا مبدأ یا انتهای مسیر:



۳-۵-۱۵ نمودار

۱) یافتن A (دامنه): باید مقداری مثبت و بر حسب واحدش در SI، متر باشد.

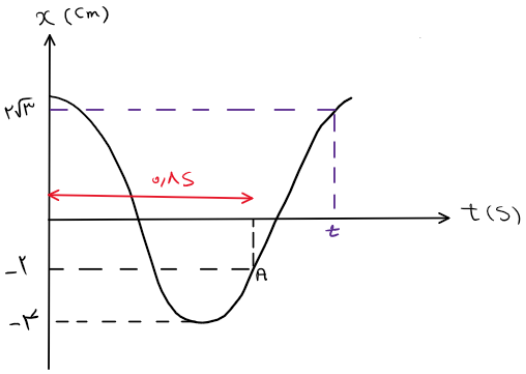
در نمودار نیرو زمان	در نمودار شتاب زمان	در نمودار مکان – زمان
بیشینه نمودار = $mA\omega^2$	بیشینه نمودار = $A\omega^2$	بیشینه نمودار = A

۲) یافتن امگا : به دایره نگاه می کنیم و تا زمان داده شده بر روی نمودار،بر روی دایره حرکت می کنیم. $\Delta\varphi = \omega\Delta t$

۳) عدد روی محور زمان برای یافتن دوره است! (یادت باشه ، هر قدم $\frac{T}{۴}$ و هر کله قند $\frac{T}{۲}$)

مثال۳:

نمودار مکان – زمان در حرکت نوسانی ساده ای به صورت زیر است: (با فرض اینکه جرم نوسانگر ۱ گرم است)



الف: معادله مکان- زمان را به دست آورید.

ب: مکان جسم در t= را به دست آورید.

ج: مقدار t در این نمودار چند ثانیه می باشد.

د: سرعت متوسط و تندی متوسط بین بازه زمانی و ؟

هـ : شتاب متوسط بین بازه های زمانی و و همچنین و ؟

و: زمانی که K=U می باشد ، تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

ز: زمانی که $K=۳U$ می باشد ، تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

ح: زمانی که $U=۳K$ می باشد ، تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

ط: انرژی مکانیکی نوسانگر را حساب کنید.

ی: انرژی جنبشی را در زمانی حساب کنید که انرژی پتانسیل یک چهارم انرژی مکانیکی باشد.

ژ: انرژی جنبشی در لحظه :

ک: بردار شتاب و نیرو را در لحظه t پیدا کنید.

ل: بیشینه ها را پیدا کنید.

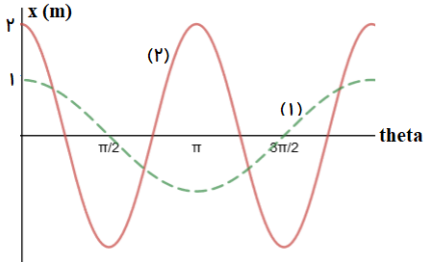
م: در چه زمانی تندی نوسانگر برای بار دوم بیشینه می شود؟

ن: بیشترین سرعت متوسط در مدت زمان $\frac{T}{۶}$ را به دست آورید.

نکته ۱۱: در تیپ مسائلی که نمودار ۲ نوسانگر را با هم در یک نمودار مکان – زمان می دهند، کافیست رابطه ی بین دوره تناوب دو نمودار و دامنه دو نمودار را بیابیم.

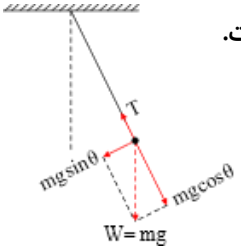
مثال ۴:

در شکل زیر نمودار مکان – زمان دو نوسانگر ۱ و ۲ نشان داده شده است. سرعت بیشینه و شتاب بیشینه و نیروی بیشینه و انرژی مکانیکی نوسانگر ۱ چند برابر نوسانگر ۲ می باشد. (جرم نوسانگر ۱ دو برابر جرم نوسانگر ۲ می باشد.)



۳-۵-۱۶ آونگ ساده

چنانچه زاویه انحراف یک آونگ $\theta < ۶^{o}$ باشد، می توان حرکت آونگ را تقریباً حرکت خطی در نظر گرفت.



$$\sum F_y = ۰ \rightarrow T = mg\,\mathrm{Cos}\,\theta$$

$$\sum F_x = ۰ \rightarrow F = mg\sin\theta \xrightarrow{\theta<۶^{\circ} \rightarrow \sin\theta=\theta} F = mg\theta \xrightarrow{SHM \rightarrow \theta=\frac{x}{l}} F = mg\frac{x}{l}$$

که F نیروی بازگرداننده به وضع تعادل و T نیروی کشش نخ می باشد.

تست ۲۵:

دورهٔ تناوب آونگی به طول ۲٫۵ سانتی‌متر که در فاصلهٔ $۲Re$ از سطح زمین حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، چند ثانیه است؟ ($\pi = ۳$ و $g = ۱۰\frac{N}{kg}$)

۱) $\frac{۲۰}{۳}$ ۲) $\frac{۳}{۲۰}$ ۳) $\frac{۹}{۱۰}$ ۴) $\frac{۱۰}{۹}$

تست ۲۶:

دو آونگ ساده A و B به ترتیب روی سطح سیاره‌های A و B در حال حرکت هماهنگ ساده هستند. طول آونگ A، ۴ برابر طول آونگ B و شتاب گرانشی در سطح سیاره A، ۹ برابر شتاب گرانشی در سطح سیاره B است. اگر در یک مدت زمان معین، یکی از آونگ‌ها ۵۰ نوسان بیشتر از آونگ دیگر انجام دهد، تعداد نوسان‌های آونگ B کدام است؟

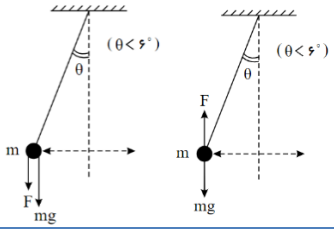
۱) ۶۰ ۲) ۴۰
۳) ۱۵۰ ۴) ۱۰۰

تست ۲۷:

دو آونگ A و B در یک مکان، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهند و در یک لحظه هر دو در انتهای مسیر خود قرار دارند، از آن لحظه، در مدتی که تندی آونگ A، برای اولین‌بار بیشینه می‌شود، آونگ B، به انتهای دیگر مسیر خود می‌رسد. طول آونگ A، چند برابر طول آونگ B است؟

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

۳-۵-۱۷ داستان های تکمیلی آونگ

تغییر شتاب گرانش	آونگ برده به کره دیگه	$\frac{g'}{g}=(\frac{r}{r'})^۲=(\frac{R_e}{R_e+h})^۲$
	آونگ برده تو آسانسور	$g'=(g\pm a)$ تند : + | بالا : + | کند : - | پایین : -
	اعمال نیروی خارجی	$g'=g\pm\frac{F}{m}$ نیروی قائم رو به پایین : + نیروی قائم رو به بالا : - 
تغییر طول آونگ	در اثر کاهش دما، طول کاهش، T کاهش	دوره تناوب کاهش، سرعت عقربه ها بیشتر میشه، ساعت جلو میفته! $V\alpha\frac{۱}{T}$
	در اثر افزایش دما، طول افزایش، T افزایش	دوره تناوب افزایش ، سرعت عقربه ها کمتر میشه، ساعت عقب میفته! $V\alpha\frac{۱}{T}$
تغییر جرم آونگ و دامنه نوسان	تاثیری روی T, f, ω و تعداد نوسانات ندارد	
از تهران به استوا	g کاهش ، T افزایش	دوره تناوب افزایش ، سرعت عقربه ها کمتر میشه، ساعت عقب میفته! $V\alpha\frac{۱}{T}$

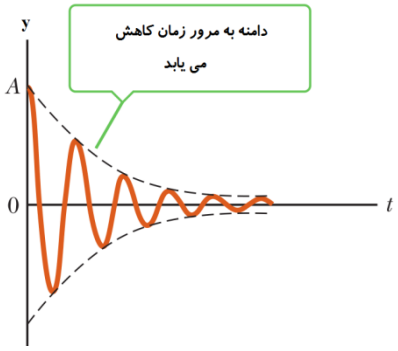
نکته ۱۲: به کمک یک آونگ با طول مشخص می توان شتاب گرانش محل سکونت را پیدا کرد ☺

- اگر دو آونگ ساده به طول های $l_۱, l_۲$ با دوره های $T_۱, T_۲$ نوسان کنند و حال اگر آونگی به طول $l_۱+l_۲$ در همان محل به نوسان در بیاد، دوره نوسان آونگ جدید T می شود که یاد فیثاغورثشون بیفت: $\boxed{T=\sqrt{T_۱^۲+T_۲^۲}}$
- در مورد نوسان دو نوسانگر با دوره متفاوت که n نوسان در مدت زمان t از یکدیگر جلو یا عقب می افتند : $t=\frac{nT_۱T_۲}{|\Delta T|}$

جمع‌بندی به سبک مهندس
علی عاقلی

۳-۶ نوسان میرا

اگر یک نوسانگر را از حالت تعادل خارج کنیم و آن را به نوسان در آوریم، به علت نیروهای اتلافی از قبیل اصطکاک و مقاومت هوا ، دامنه نوسان به تدریج کاهش می یابد و دستگاه پس از چند نوسان می ایستد. این نوسان را نوسان میرا گوییم. با کاهش دامنه ی نوسان ، انرژی مکانیکی کاهش می یابد اما مقدار دوره و بسامد آن تغییری نمی کند.



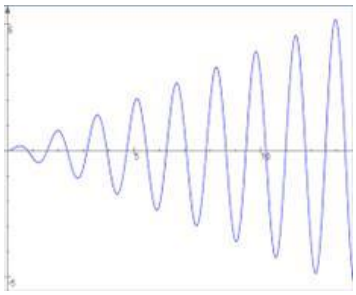
۳-۷ تشدید

اگر به نوسانگری یک نیروی دوره ای اعمال شود، در صورتی که بسامد نیروی اعمال شده(f_d) با بسامد طبیعی نوسانگر(f.)یکسان باشد، دامنه‌ی 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. به چنین نوساناتی نوسانات واداشته گفته می شود.

بنابراین شرط تشدید:

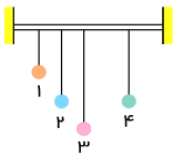
۱) یکسان شدن بسامد نیروی اعمال شده و بسامد نوسانگر

۲) یا یکسان شدن دوره ی نیروی اعمال شده و دوره نوسانگر می باشد.



تست ۲۸:

در شکل زیر اگر آونگ شمارهٔ ۴ را کمی از وضع تعادل خود منحرف کنیم و آن را رها سازیم، کدام آونگ به نوسان درمی‌آید؟



۱) فقط آونگ شمارهٔ «۱»

۲) فقط آونگ شمارهٔ «۲»

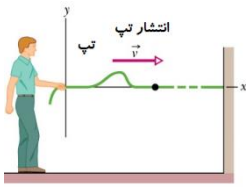
۳) فقط آونگ شمارهٔ «۳»

۴) هر سه آونگ «۱»، «۲» و «۳» به نوسان درمی‌آیند.

موج

۳-۷-۱ محیط کشسان

اگر در محیطی تغییر شکل یا آشفتگی ایجاد کنیم و پس از مدتی به حالت اولیه خود یا حالت پایدار خود (stable) برگردد، محیط کشسان گویند. بیشتر جامدها، مایع ها و گازها محیط های کشسان هستند.



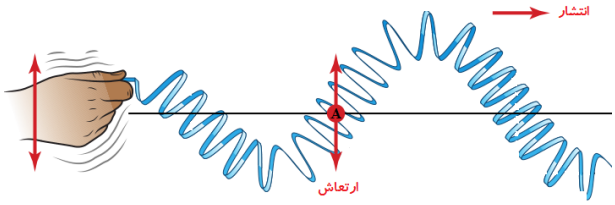
جامد: فنر در ازای تغییر طول

مایع: سطح آب در اثر آشفتگی

گاز: برگشت پیستون سرنگ زمانی که انتهای آن را با دست مسدود کنیم (به علت هوای درون سرنگ)

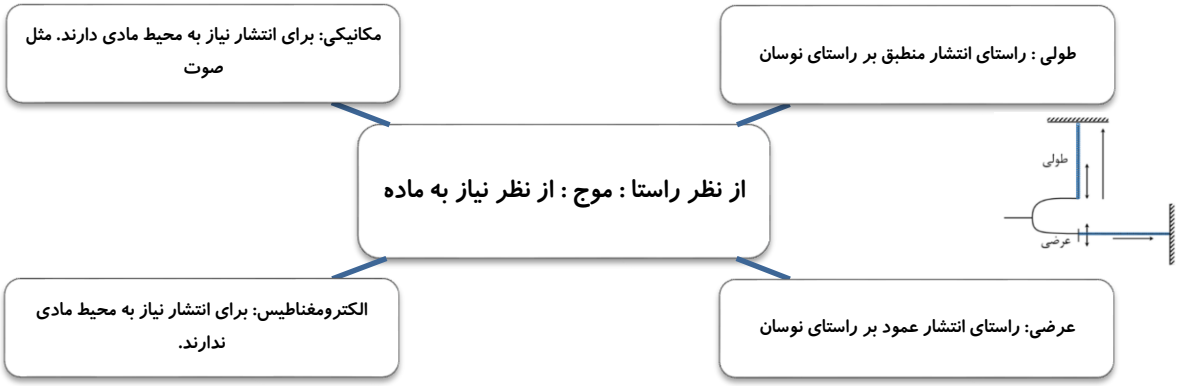
اگر در یک قسمت از محیط کشسان تغییر شکل یا آشفتگی ایجاد کنیم، به خاطر پیوستگی ذرات در محیط کشسان، آشفتگی به صورت جزبه جز در محیط منتقل می شود. به این آشفتگی به اصطلاح تپ موج (pulse) و به انتقال تپ، انتشار موج گویند.

گوشزد۲: ذرات محیط همراه با انتقال موج در فضا منتقل نمی شوند و آن چه که منتقل می شود، نقش موج می باشد. برای مثال نقطه A در شکل روبرو نوسان می کند ولی جابجا نمی شود.



موج مکزیکی در استادیوم می تواند مثال جالبی از این گوشزد باشد. (همه سر جای خود می مانند ولی موج منتقل می شود)

۳-۷-۲ انواع موج



انواع موج			
مکانیکی : طولی و عرضی			الکترومغناطیس : عرضی
برای انتشار نیاز به محیط مادی **دارند** و از ارتعاش ذرات برای انتشار خود استفاده می کنند.			برای انتشار نیاز به محیط مادی **ندارند** و می توانند در خلا نیز منتشر بشوند.
صوت: طولی	فنر: طولی و عرضی	طناب و تار موسیقی آلات: عرضی	امواج رادیویی ، گاما ، X ، فرابنفش، فروسرخ، نور و ... : همه عرضی
هرچه محیط غلیظ تر سرعت بیشتر سرعتشون توی جامدات بیشتر مایعات و مایعات بیشتر گازهاست.			هرچه محیط غلیظ تر سرعت کمتر سرعتشون توی جامدات کمتر مایعات و مایعات کمتر گازهاست. $V=\frac{C}{n}$
سرعت انتشار طناب و تار موسیقی آلات : فرمول های فاطی صوت : حرکت یکنواخت $\Delta x=Vt$			سرعت انتشار: حرکت یکنواخت $\Delta x=Vt$
			خلاء: $c\cong ۳\times ۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ — محیط شفاف : $V=\frac{C}{n}$
انرژی $E=\frac{۱}{۲}m\omega^{۲}A^{۲}\xrightarrow{\omega=۲\pi f}E=۲m\pi^{۲}f^{۲}A^{۲}$			انرژی $E=nhf=nh\frac{c}{\lambda}$
در تغییر محیط : (چشمه تغییر نکند) بسامد و انرژی ثابت است $\lambda=\frac{V}{f}\xrightarrow{f=cte}\lambda\propto V$			در تغییر محیط : (چشمه تغییر نکند) بسامد و انرژی ثابت است $\lambda=\frac{V}{f}\xrightarrow{f=cte}\lambda\propto V\propto\frac{۱}{n}$

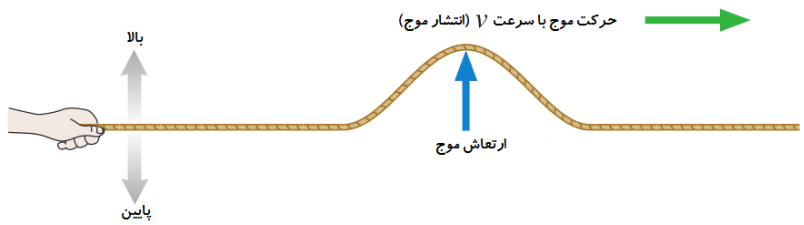
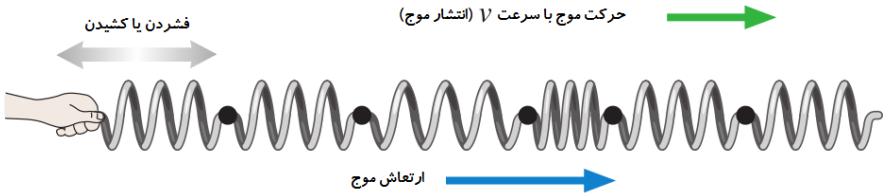
نکته۱۳: هرچند ماهیت موج های مکانیکی و الکترومغناطیسی با یکدیگر متفاوت می باشد، اما رفتار و ویژگی های آن ها از جهت های زیادی مشابه یکدیگر است. برای مثال، هر دو در حین انتشار می توانند انرژی را از نقطه ای به نقطه ی دیگر منتقل کنند. (بدون انتقال ماده)

۳-۸ دو مولفه مهم موج

دامنه	به دامنه نوسانات منبع تولید موج، دامنه موج گویند. مثال: دامنه موجی ۱۰سانتی متر است، یعنی دامنه منبع تولید آن موج ۱۰ سانتی متر است. دامنه ذرات موج با منبع موج همیشه یکسان نخواهد بود. برای مثال در موج یک بعدی (طناب) بدون تلفات، دامنه منبع با دامنه تمامی ذرات با هم برابر است. اما در موج ۲بعدی (پرتاب سنگ در آب)، رفته رفته انتقال موج کم رنگ می‌شود و دامنه ذرات با دامنه منبع یکسان نخواهد بود.
بسامد	وقتی یک چشمه ی موج با بسامد f در محیطی کشسان شروع به نوسان می کند، ذره های مجاور خود را نیز با همان بسامد به نوسان وا می دارد. به همین ترتیب، همه ی ذره های محیط با همان بسامدِ چشمه ی موج به نوسان در می آیند. برای مثال اگر بسامد موجی ۱۰ هرتز باشد، یعنی بسامد موج و بسامد تک تک ذرات موج برابر با ۱۰ هرتز خواهد. نکته۱۴:بسامد یادگاری از چشمه ی موج است و بسامد تمامی ذرات روی محیط موج همیشه با بسامد منبع برابر است.

۳-۹ موج های پیش رونده

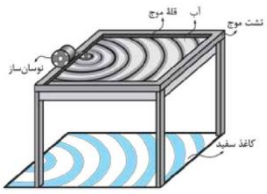
این موج ها از نقطه ای به نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می کنند. این موج است که از یک سر به سر دیگر حرکت می کند نه ماده ای (در مثال های بالا فنر) که موج در آن حرکت می کند.

موج های پیش رونده	
به امواجی که راستای انتشار موج بر راستای ارتعاش موج عمود باشد، موج عرضی گویند. (مثال: امواج الکترومغناطیس، امواج سطح مایعات و طناب و ...)  	موج عرضی
مثل موج مکزیکی ، موج در طناب، امواج الکترومغناطیس	
به امواجی که راستای انتشار موج بر راستای ارتعاش موج منطبق باشد، موج طولی گویند. (مثال: امواج درون مایعات، جامدات و گازها، امواج صوتی و ...) (در بعضی ناحیه ها منبسط و بعضی دیگر منقبض شده است)  	موج طولی
مثل انتشار امواج صوتی یا موج طولی در فنر در تمام محیط ها منتشر می شود . در جامدات سرعت انتشار امواج طولی از امواج عرضی بیشتر است.	

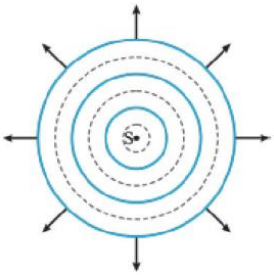
۱-۹-۳ تشت موج و موج تخت و دایروی

تشت موج یک وسیله آزمایشگاهی است که از آن برای تولید موج بر سطح آب و بررسی ویژگی های موج استفاده می شود.

به هر یک از برآمدگی ها یا فرورفتگی های ایجاد شده روی سطح آب، یک جبهه موج گویند. به برآمدگی ها قله (ستیغ) و به فرورفتگی ها دره (پاستیغ) گویند.



- ✓ موج تخت : اگر مطابق شکل وسطی دستگاه نوسان ساز باعث حرکت رفت و برگشتی یک تیغه شود، موجهایی به شکل باریکه های موازی بر سطح آب تشکیل می شود که به آن موج تخت گویند.
- ✓ موج دایروی: اگر به جای تیغه یک گلوله را به نوسان ساز وصل کنیم، گلوله با برخوردهای منظم بر سطح آب موج های دایره ای شکل را روی آب ایجاد میکند. در این شکل برآمدگی ها با خط توپر و فرو رفتگی ها با خط چین نشان داده شده اند.



۳-۱۰ تندی انتشار امواج در یک طناب بسته شده یا یک تار آلات موسیقی

تندی انتشار امواج در یک طناب بسته شده یا یک تار آلات موسیقی تحت نیروی F به جرم m و طول L طبق رابطه زیر به دست می آید:

$$V=\sqrt{\frac{FL}{m}}\rightarrow\begin{cases}\xrightarrow{\mu=\frac{m}{L}} \boxed{V=\sqrt{\frac{F}{\mu}}}\\ \xrightarrow{\mu=\frac{m}{L}=\frac{\rho\upsilon}{L}=\frac{\rho AL}{L}=\rho A} \boxed{V=\sqrt{\frac{F}{\rho A}}} \xrightarrow[r=\frac{d}{2}]{A=\pi r^2} \begin{cases}\boxed{V=\frac{1}{r}\sqrt{\frac{F}{\rho\pi}}}\\ \boxed{V=\frac{2}{d}\sqrt{\frac{F}{\rho\pi}}}\end{cases}\end{cases}$$

$$\boxed{V\rightarrow\frac{m}{s}},\ \boxed{F\rightarrow N},\ \boxed{\mu\rightarrow\frac{kg}{m}},\ \boxed{\rho\rightarrow\frac{kg}{m^3}}$$

نکته۱۵: μ به جنس و دما و مساحت سطح مقطع بستگی دارد.

$$\mu=\frac{m}{L}=\frac{\rho\upsilon}{L}=\frac{\rho AL}{L}=\rho A$$

نکته۱۶: μ به جرم و به طول بستگی **ندارد**. زیرا زمانی که طول را تغییر می دهیم، به همان نسبت جرم تغییر می کند و μ ثابت می ماند.

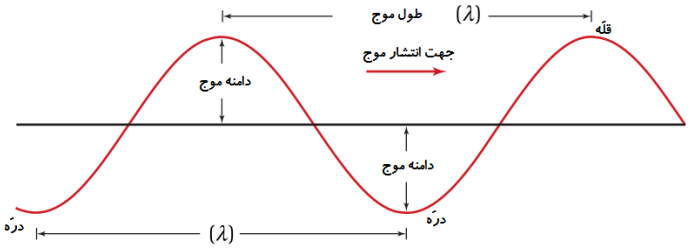
μ

- طول اضاف یا کم بشه ← به همان نسبت جرم تغییر می کند ← μ ثابت می ماند.
- فیزیک جسم تغییر کند یا تحت دما بره ← جرم ثابت اما طول تغییر می کند
  - ۱. طناب را بکشیم تا طول آن ۲ برابر شود. ← μ نصف می شود.
  - ۲. طناب را دولا کنیم. ← μ دو برابر می شود.
  - ۳. طناب را داغ کنیم تا طول آن ۲ برابر شود. ← μ نصف می شود.

۳-۱۱ طول موج (فاصله بین دو قله | فاصله بین دو دره | یک سینوس یا یک کسینوس کامل!)

$$\boxed{\lambda=\frac{V}{f}}\xrightarrow{f=\frac{1}{T}}\boxed{\lambda=TV}$$

میزان پیشروی موج در مدت زمان یک دوره تناوب (T) را طول موج گویند.



(لاندا با تی رفیقه ، تی هم با دو تا پی)

نکته۱۷: رابطه ویفر برای تمامی موج ها استفاده می شود، اما فرمول های فاطی فقط برای طناب یا فنر یا تار موسیقی آلات استفاده می شود.

تست ۲۹:

طنابی به طول $80\,cm$ و جرم ۴۰ گرم با نیروی $80\,N$ کشیده می‌شود. اگر موجی با بسامد $200\,Hz$ در این طناب منتشر شود، طول‌موج آن چند سانتی‌متر خواهد بود؟

۱) ۱۰ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۲۰

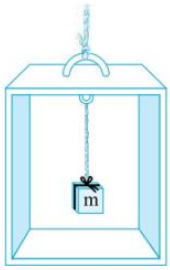
تست ۳۰:

یک سیم همگن با نیروی F کشیده شده و تندی انتشار موج عرضی در آن V است. اگر $\frac{8}{9}$ سیم را بریده و کنار می گذاریم و $\frac{1}{9}$ باقیمانده را از دستگاهی عبور می دهیم تا طول آن به طول اولیه سیم برسد. اگر سیم جدید را با همان نیروی F بکشیم، تندی انتشار موج در آن چند V می شود؟

۱) ۳ ۲) ۹ ۳) ۱ ۴) $\frac{1}{3}$

تست ۳۱:

در شکل مقابل، جسمی به جرم $m = 2\,kg$ توسط طنابی به سقف یک آسانسور آویخته شده است و آسانسور با سرعت ثابت در راستای قائم به سمت بالا حرکت می‌کند. اگر ناگهان حرکت آسانسور با شتاب $2\,m/s^2$ کند شود، تندی انتشار امواج عرضی در طناب چند برابر می‌شود؟ (از جرم طناب در مقایسه با جرم m صرف‌نظر می‌شود و $g = 10\,m/s^2$)



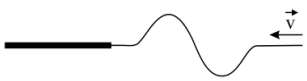
۱) $\frac{\sqrt{5}}{2}$ ۲) $\frac{2\sqrt{5}}{5}$ ۳) $\sqrt{\frac{6}{5}}$ ۴) $\sqrt{\frac{5}{6}}$

۳-۱۱-۱ تاثیر محیط بر سرعت انتشار

سرعت انتشار موج در یک محیط

- شرایط فیزیکی محیط ← جنس و دما و... ✓
- شرایط فیزیکی چشمه موج ← بسامد، دوره تناوب، دامنه و شدت موج و .... ✗

۳-۱۱-۲ تاثیر شرایط فیزیکی

عوامل موثر بر تندی انتشار موج عرضی در یک طناب یا تار موسیقی آلات		
جنس طناب تغییر کند	تغییر سطح مقطع طناب 	طناب قائم ، نیرو متغیر (در بالا نیرو بیشتره، پس تندی و لاندا بیشتره)

در تمامی موارد بالا خواص محیط در طناب عوض شده و در نتیجه تندی انتشار موج عوض می شود.

با تغییر خواص محیط ، بسامد و تندی ارتعاش ذرات تغییری نمیکند. (چون به بسامد و دامنه منبع وابستست)

با تغییر خواص محیط ، تندی انتشار موج تغییر میکند.

۳-۱۱-۳ یک مقایسه

دو موج مثلا صوتی در یک محیط (یک اتاق)		
بسامد	سرعت ارتعاش ذرات	سرعت انتشار هر دو موج
متفاوت (چون چشمه ها متفاوت)	متفاوت (چون چشمه ها متفاوت)	یکسان چون محیط یکسانه!

جمع بندی۱۸: یک موج در دو محیط : بسامد ..... ولی تندی ها .....

جمع بندی۱۹: دو موج در یک محیط : بسامد ..... ولی تندی ها .....

الف) با افزایش بسامد نوسان‌ساز کدام‌یک از کمیت‌های زیر تغییر نمی‌کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول‌موج موج.

ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هر یک از کمیت‌های زیر چه تغییری می‌کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول‌موج موج.

۳-۱۱-۴ انرژی و توان متوسط موج مکانیکی

موج حامل انرژی است.

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2 \xrightarrow{\omega=2\pi f} E=\frac{1}{2}m(2\pi f)^2A^2 \xrightarrow{\lambda=\frac{v}{f}} E=2(\pi A)^2\mu Vf$$

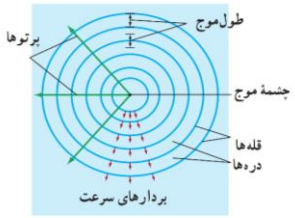
$$\bar{P}=2(\pi Af)^2\mu V \longrightarrow \bar{P}\alpha f^2A^2$$

مقدار متوسط توان انتقال انرژی از هر نقطه ی طناب با مجذور دامنه و مجذور بسامد موج متاسب است.

نکته۲۰: در آب های کم عمق، هرچه عمق متفاوت شود، سرعت انتشار تغییر می کند (چون سرعت انتشار موج به شرایط فیزیکی محیط بستگی دارد) و هرچه عمق کمتر، سرعت انتشار و طول موج هم کمتر می شود. ولی بسامد ثابت است.

مثال۵:

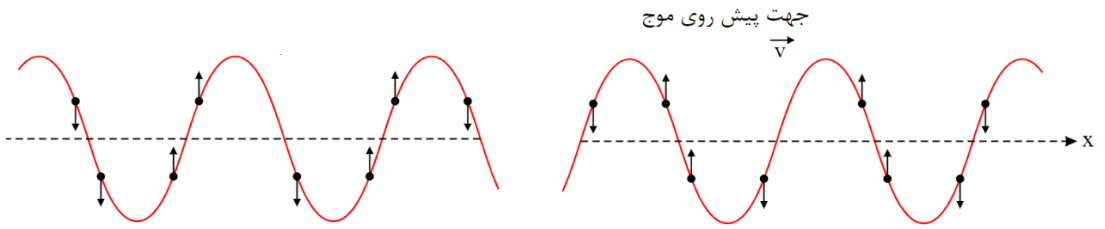
امواج دایره ای تشکیل شده روی سطح آب تشت موج شکل مقابل را در نظر بگیرید. اگر نوسانگر با دوره ۱ ثانیه به عمق ۲/۵ سانتی متر نوسان کند، فاصله دو برآمدگی مجاور ۵۰ سانتی متر و اگر عمق آب ۳/۵ سانتی متر نوسان کند این فاصله ۶۰ سانتی متر می شود. تندی انتشار و طول موج و بسامد در حالت عمیق چند برابر حالت کم عمق است؟



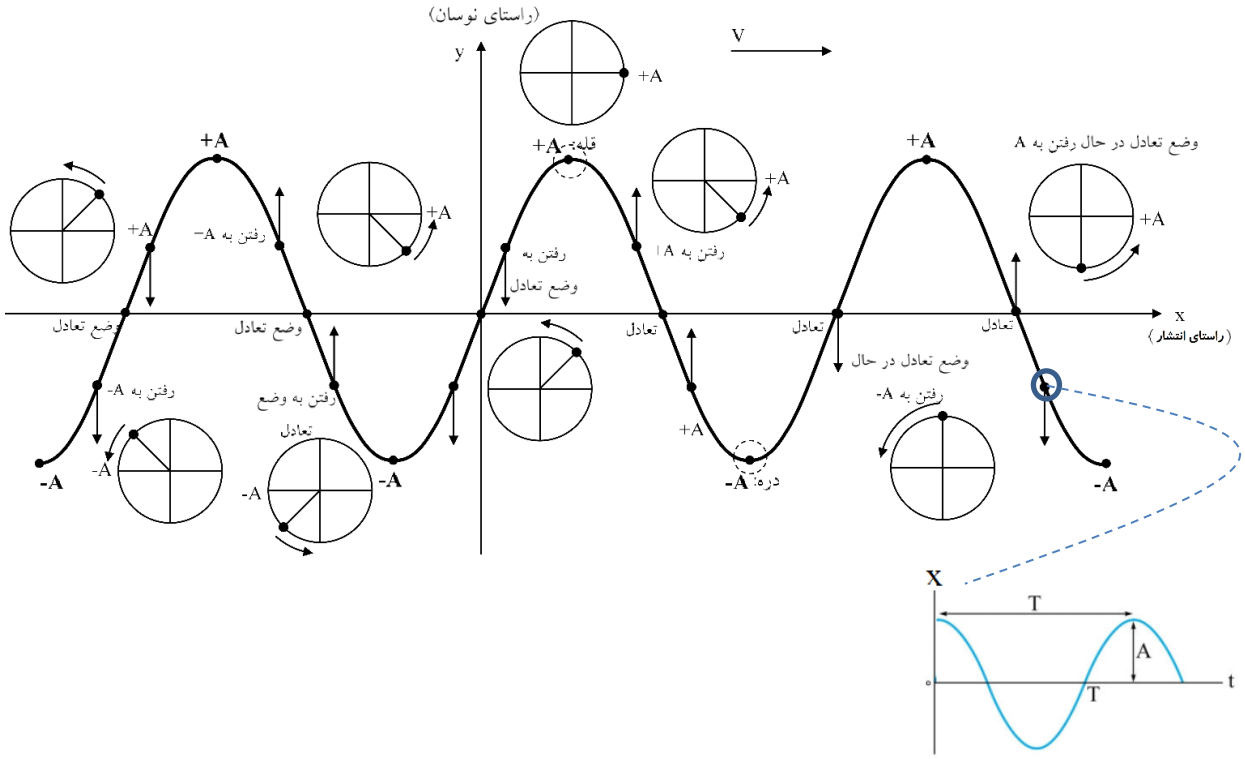
۳-۱۱-۵ تمام تغییر سرعت های فیزیک

در آب های کم عمق	هرچه عمق کمتر، سرعت انتشار و طول موج هم کمتر
موج مکانیکی	هرچه غلیظ تر سرعت بیشتر . جامدات > مایعات > گازها
موج الکترومغناطیس	هرچه غلیظ تر سرعت کمتر، جامدات>مایعات>گازها
در جامدات	تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است.

۶-۱۱-۳ تعیین تکلیف ذرات موج روی دایره با کمک نقش موج



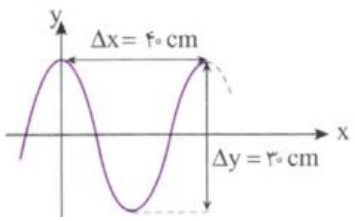
قبل ذره، دره باشه : ذره میره پایین | قبل ذره، قله باشه : ذره میره بالا



نکته ۲۱: جهت انتشار موج مهمه! اگر معلوم نباشه ، توی سوال میگن ! اگر توی سوال نگفتن بهت میگن چشمه در مبدا مختصاته! اگر تو مبدا باشه و موج سمت راست محور عمودی باشه، یعنی موج میره راست.

تست ۳۲:

نمودار نقش موج یک موج عرضی به شکل روبروست. اگر بسامد نوسان های چشمه ۸ هرتز باشد، تندی انتشار موج و تندی بیشینه نوسان ذرات در محیط از راست به چپ چند متر بر ثانیه است؟



۱) $۲/۴\pi, ۳/۲$

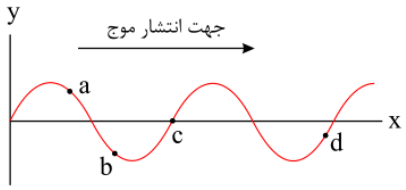
۲) $۲/۴\pi, ۱/۶$

۳) $۴/۸\pi, ۱/۶$

۴) $۴/۸\pi, ۳/۲$

چند آیتمی ۱:

شکل زیر یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که درجهت محور x در طول ریسمان کشیده‌شده‌ای درحال انتشار است. چه تعداد از موارد زیر صحیح است؟



آ) نوع حرکت ذرهٔ a کندشونده است.

ب) ذرهٔ c بیشترین مقدار انرژی جنبشی‌اش را دارد.

پ) جهت بردار شتاب ذرهٔ b درخلاف جهت محور y است.

ت) انرژی جنبشی ذرهٔ d درحال کاهش است.

ث) هر ۴ ذره حرکت نوسانی ساده دارند.

ج) سرعت ذره **b** منفی است.

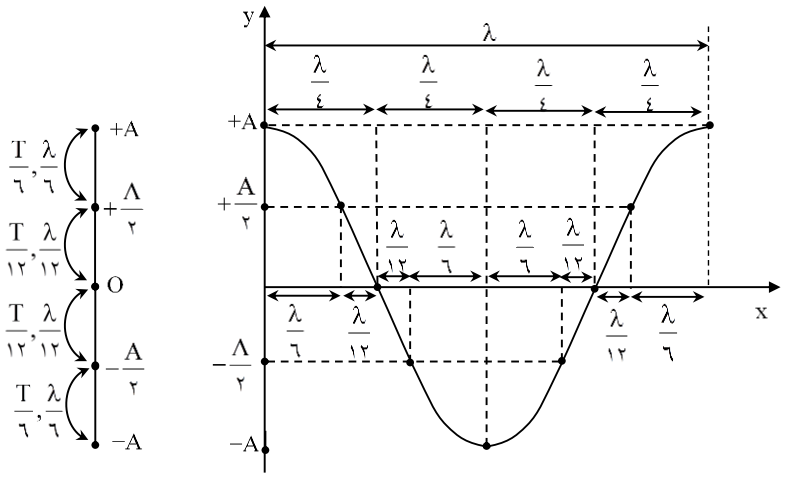
د) پس از این لحظه ، تندی و تکانه کدام ذره (ها) زودتر صفر می شود؟

و) شتاب (نیرو) کدام ذره صفر است؟

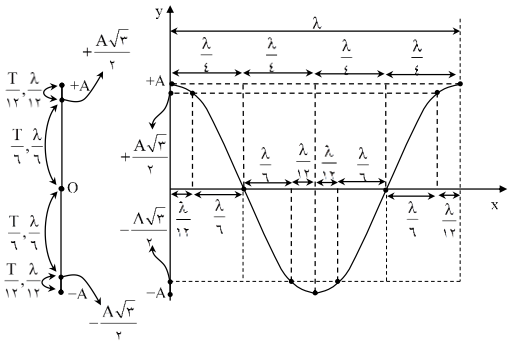
ز) انرژی پتانسیل کدام ذره صفر است؟

۳-۱۲ نمودارهای موج

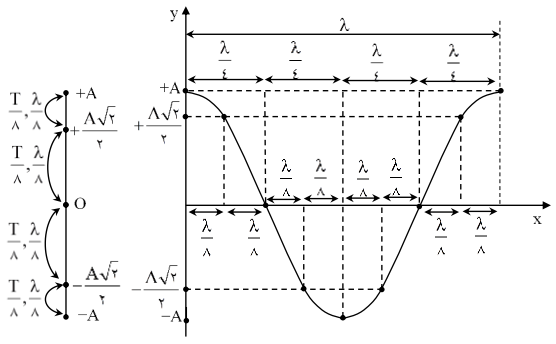
الف) حد فاصل $\pm\frac{A}{۲}$ تا مبدأ یا انتهای مسیر:



ب) حد فاصل $\pm\frac{A\sqrt{۳}}{۲}$ تا مبدأ یا انتهای مسیر:



پ) حد فاصل $\pm\frac{A\sqrt{۲}}{۲}$ تا مبدأ یا انتهای مسیر:



۳-۱۲-۱ نقش موج

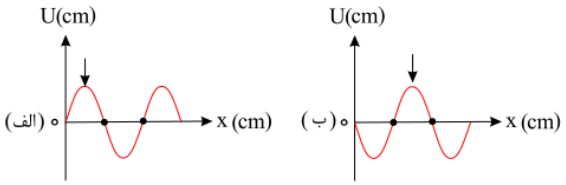
تیپ سوالات نقش موج	بحث روی پیشروی موج هستش (به حرکت انتشاری موج کار دارن) رسیدن موج از جایی به جای دیگر یعنی : $\Delta x = Vt$ دو نقش موج در دو زمان را می دهند ⟵ $\Delta x = V\Delta t$ شکل موج رو توی زمان دیگه بخوان: به اندازه ای که گفته خلاف جهتش، محور y رو جابجا کن.
	بحث روی ذره هستش، یعنی حرکت ارتعاشی (نوسانی) مرحله اول : یافتن لاندا و بسامد و بسامد زاویه ای مرحله دوم : یافتن ذره مرحله سوم : حل نوسان
	دو نقش موج روی یک نمودار: مرحله اول : ارتباط بین لاندا ها مرحله دوم : ارتباط بین دامنه ها

نکته۲۲: عدد روی محور افقی نمودار نقش موج ⟵ λ | عدد روی محور افقی نمودار مکان - زمان ⟵ T (فصل نوسان)

۳-۱۲-۲ تیپ ۱

تست۳۳:

شکل های الف و ب نقش یک موج رادر دو لحظه‌ی t_1 و t_2 نشان می‌دهند که درجهت محور منتشر می‌شود. اگر بسامد نوسان‌ها $50\ Hz$ باشد، $\Delta t = t_2 - t_1$ چند ثانیه است؟ (علامت پیکان یک قله‌ی موج را دراین دو لحظه نشان می‌دهند).



۱) ۱

۲) ۲

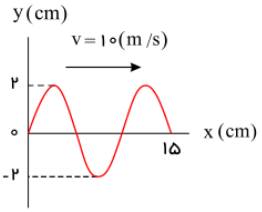
۳) 10^{-2}

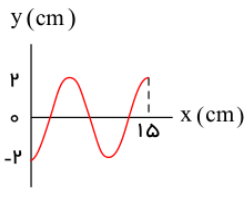
۴) 2×10^{-2}

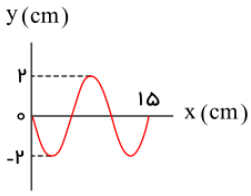
تست۳۴:

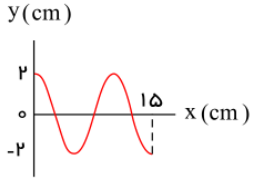
سراسری- ۱۳۹۰

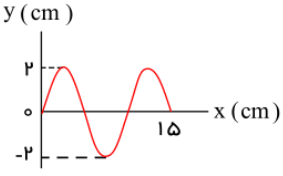
نقش موجی در لحظه‌ی $t = 0$ مطابق شکل است. نقش موج در لحظه‌ی $t = \frac{1}{400}s$ کدام است؟



۱) 

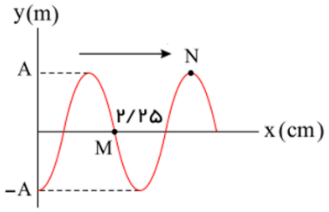
۲) 

۳) 

۴) 

چند آیتمی۲:

نقش یک موج عرضی در طنابی در لحظه ی $t=۰$ مطابق شکل زیر است. اگر نیروی کشش ریسمان ۱۴۴۰ نیوتن و چگالی خطی (جرم واحد طول) آن ۱۰ کیلوگرم بر متر باشد: (جرم هر ذره را ۱ گرم در نظر بگیرید.)



پیشنیاز: سرعت انتشار موج :

الف: در لحظه ی $t=\frac{۱}{۸۰۰}s$ مکان ذرات M و N :

ب: نوع حرکت ذره M در بازه زمانی $۰<t<\frac{۱}{۸۰۰}s$:همچنین در بازه $\frac{۱}{۱۶۰۰}s<t<\frac{۱}{۸۰۰}s$:

ج: اندازه مکان، نیرو، سرعت و شتاب ذره M در لحظه $t=\frac{۱}{۸۰۰}s$:

د: اندازه سرعت بیشینه، تکانه بیشینه ، شتاب بیشینه و نیروی بیشینه وارد بر هر ذره :

هـ: بردار سرعت، شتاب و مکان ذره M در بازه زمانی $۰<t<\frac{۱}{۸۰۰}s$ چند بار تغییر جهت داده است؟

و: چند ثانیه طول می کشد موج از M به N برسد؟

ز: مسافت طی شده و تندی متوسط ذره M در بازه زمانی $۰<t<\frac{۱}{۸۰۰}s$: همچنین در بازه $\frac{۱}{۱۶۰۰}s<t<\frac{۱}{۸۰۰}s$:

ح: جابجایی ذره و سرعت متوسط ذره N در بازه زمانی $۰<t<\frac{۱}{۸۰۰}s$:

ط: اگر ذره M در حال پایین رفتن باشد، سرعت انتشار در جهت محور می باشد یا خلاف ؟

ی: بیشترین جابجایی و بیشترین سرعت متوسط ذره N در مدت $\frac{T}{۴}$

ک: بیشترین مسافت و تندی متوسط ذره N در مدت $\frac{T}{۴}$

ل: کمترین جابجایی و کمترین سرعت متوسط ذره N در مدت $\frac{T}{۴}$

م:کمترین مسافت و کمترین تندی متوسط ذره N در مدت $\frac{T}{۴}$

ن: در مدت زمانی که طول می کشد تا برای اولین بار وضعیت ذره ی N مشابه وضعیت ذره M در لحظه $t = ۰$ شود، موج چه مدت زمانی و چه فاصله ای را طی می کند ؟

س: چه مدت پس از لحظه ی $t = ۰$ تندی ذره N برای اولین بار بیشینه می شود؟

ع: چه مدت پس از لحظه ی $t = ۰$ مکان ذره M برای اولین بار بیشینه می شود؟

ف: اگر دامنه موج ۴ سانتی متر باشد ، دامنه و بسامد هر دو ذره ؟

ص: مسافتی و همینطور جابجایی ای که ذره M در بازه زمانی $۰ < t < \frac{۱}{۸۰۰}\,s$ طی می کند، چند برابر مسافتی است که موج در این بازه طی می کند؟

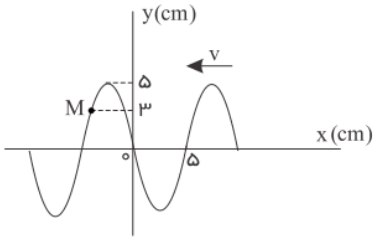
ش: مسافتی و همینطور جابجایی ای که ذره M در بازه زمانی $۰ < t < \frac{۱}{۸۰۰}\,s$ طی می کند، چند برابر مسافتی است که ذره N در این بازه طی می کند؟

ر: شتاب متوسط ذره M در بازه زمانی $۰ < t < \frac{۱}{۸۰۰}\,s$ را حساب کنید.

خ: فاصله یک ستیغ تا پاستیغ مجاور را به دست آورید.

تست ۳۵:

شکل زیر، تصویری از یک موج عرضی در یک ریسمان کشیده‌شده را در لحظهٔ $t_۱$ نشان می‌دهد و موج به سمت چپ حرکت می‌کند، اگر تندی موج $۲۰\,\frac{cm}{s}$ باشد، بزرگی سرعت متوسط ذرهٔ M در مدت $t_۱$ تا $t_۱ + \frac{۱}{۴}\,s$ چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

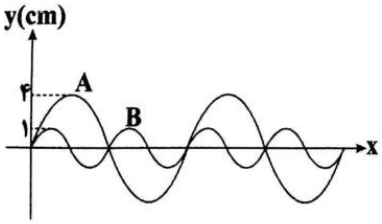


۱) ۱۲
۲) ۲۰
۳) ۲۴
۴) ۴۰

۴-۱۲-۳ تیپ ۳

چند آیتمی ۳:

نقش دو موج عرضی A و B در یک محیط منتشر می شوند، مطابق شکل است. جرم طناب A دو برابر جرم طناب B است.



الف: دوره و سرعت انتشار و بسامد و طول موج A چند برابر B است؟

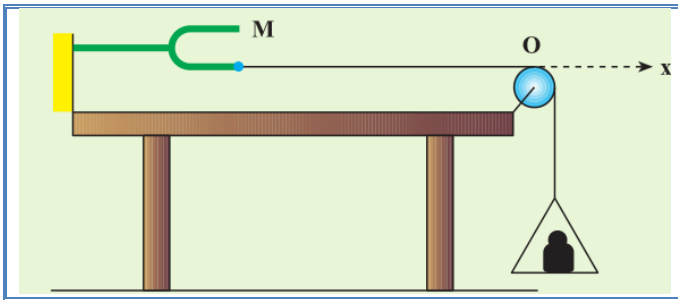
ب: بیشینه تندی ذرات موج A نسبت به موج B : (یا هر بیشینه ای)

۳-۱۲-۵ هر چی سرعتهاینجاس!

نوع سرعت	رابطه
بیشینه سرعت ارتعاش	فصل نوسان: $\lvert V_{max}\rvert = A\omega$
سرعت انتشار (جابجایی و زمان)	حرکت یکنواخت: $\Delta x = Vt$ (موج این قدر متر را در این قدر زمان می پیماید)
سرعت انتشار (طول موج و فرکانس و دوره تناوب)	لاندا ویفر یا تی وی: $\lambda = \frac{V}{f} = VT$
طناب (فرمولا فاطی)	$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$

۳-۱۲-۲-۱ وزنه آویخته شده!

تیپ مسائلی که وزنه ای از انتهای تار آویخته شده است:

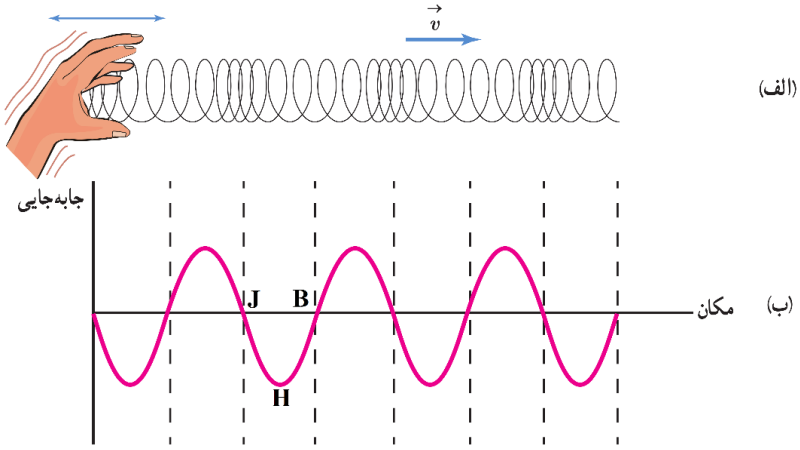


کافیست به جای **F** در فرمول $V = \sqrt{\frac{FL}{m}}$ مقدار

$V = \sqrt{\frac{MgL}{m}}$ را قرار دهیم: $F = Mg$

$$\sqrt{\frac{F_2}{F_1}} = \frac{V_2}{V_1}$$

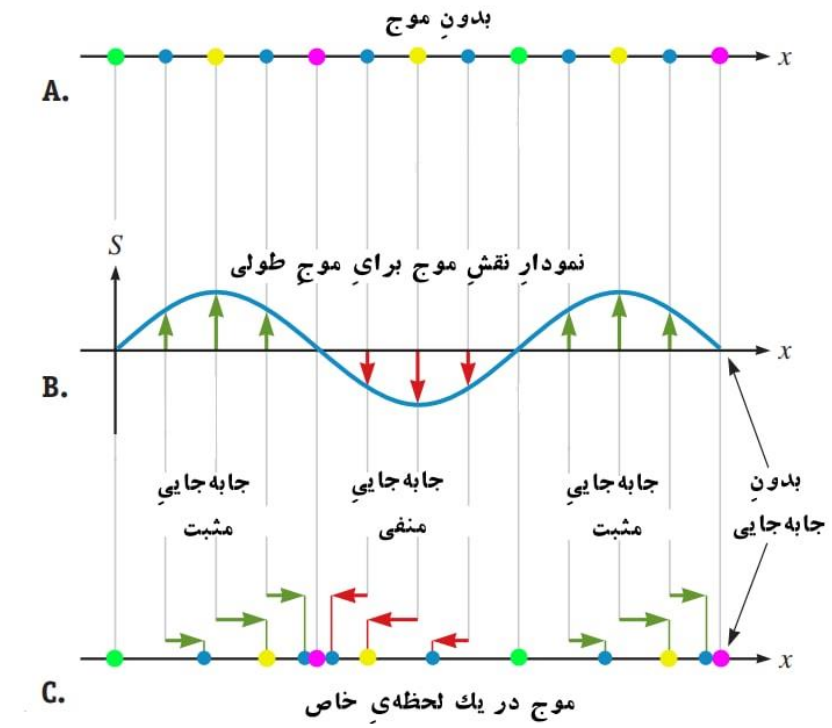
۳-۱۳ موج طولی و مشخصه های آن



الف) تصویری لحظه‌ای از ایجاد نواحی جمع شدگی و بازشدگی در طول یک فنر بلند کشیده، هنگام انتشار موج طولی سینوسی در فنر

ب) نمودار جابه جایی مکان برای موج ایجاد شده در فنر

نقاط مهم	بیشترین جمع شدگی (J) یا بیشترین بازشدگی (B)	جابجایی هر جز فنر از وضع تعادل صفره
	وسط فاصله یک جمع شدگی بیشینه و یک باز شدگی بیشینه مجاور هم (H)	جابجایی هر جز فنر از وضع تعادل بیشینست
دامنه	دامنه موج طولی برابر با بیشینه جابجایی از مکان تعادل است	
طول موج	بین دو تراکم (برای فنر، جمع شدگی) یا دو انبساط (برای فنر، باز شدگی) متوالی است. فاصله دو جمع شدگی از هم برابر طول موج فاصله دو باز شدگی از هم برابر طول موج فاصله یک جمع شدگی و یک بازشدگی برابر نصف طول موج می باشد.	

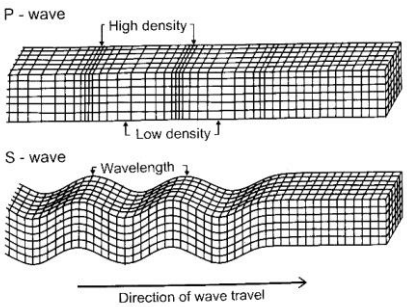


۳-۱۳-۱ امواج لرزه ای | میله و دو صوت | عقرب ماسه ای

موج های مکانیکی ای هستند که از لایه های زمین عبور می کنند.

یکی از منشاهای مهم این امواج، زمین لرزه ها هستند.

امواج لرزه ای شامل دو نوع



۱) امواج اولیه P (تندی در حدود $V_P \simeq 8km/s$) ← طولی

۲) امواج ثانویه S (تندی در حدود $V_s \simeq 4.5km/s$) ← عرضی

برای یافتن محل زمین لرزه تا محل لرزه نگار می توان نوشت:

$$\left.\begin{array}{l}\Delta x = v_P t_1 \rightarrow t_1 = \dfrac{\Delta x}{V_P} \\ \Delta x = V_s t_2 \rightarrow t_2 = \dfrac{\Delta x}{V_s}\end{array}\right\} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{V_s} - \frac{\Delta x}{V_P} = \frac{(V_P - V_s)\Delta x}{V_s V_P} \rightarrow \boxed{\Delta x = \frac{V_s V_P}{(V_P - V_s)}\Delta t}$$

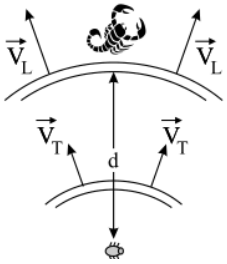
این رابطه برای زمین لرزه | داستان میله و صوت از طریق هوا و میله | عقرب ماسه ای استفاده می شود.

تست ۳۶:

یک دستگاه لرزه‌نگار موج‌های P و S حاصل از یک زمین‌لرزه را ثبت می‌کند. اگر نخستین امواج P، ۳ دقیقه قبل از نخستین امواج S دریافت شوند و موج‌ها روی خط راستی حرکت کنند، زمین‌لرزه در چه فاصله‌ای از محل لرزه‌نگار رخ داده است؟ (تندی موج‌های P، S به ترتیب $8\ km/s$ و $4\ km/s$ فرض شوند.)

تست ۳۷:

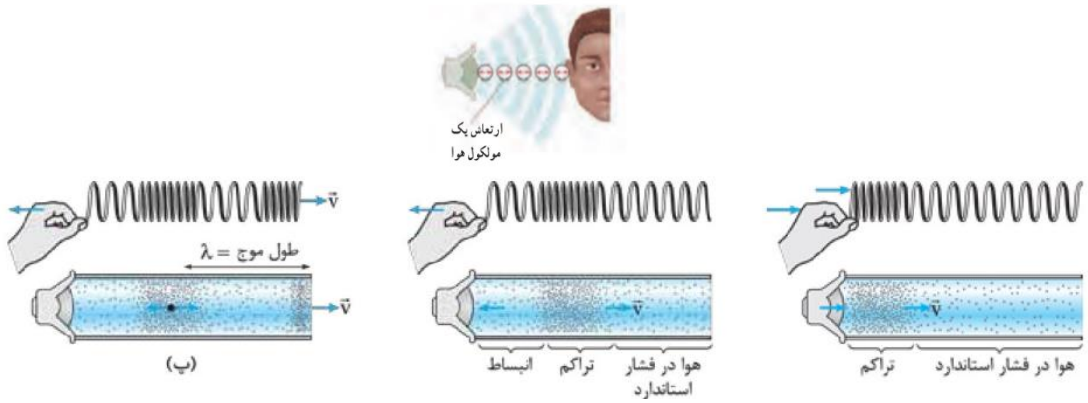
عقرب ماسه‌ای وجود طعمه را با امواجی که براساس حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می‌شود، احساس می‌کند. امواج عرضی با تندی $v_T = ۲٫۵\ m/s$ و امواج طولی با تندی v_L در سطح ماسه منتشر می‌شود. اگر اختلاف زمانی رسیدن این امواج از طعمه به نزدیک‌ترین پای او $۰٫۴ \times ۱۰^{-۳}\ s$ و فاصلهٔ طعمه از عقرب $d = ۲\ mm$ باشد، v_L چند متربرثانیه است؟ $(v_L > v_T)$



۱) ۵
۲) ۱۰
۳) ۲۰
۴) ۲۵

۳-۱۳-۲ موج صوتی | یک موج مکانیکی طولی

- ✓ یک موج مکانیکی طولی است که به صورت امواج کروی در تمامی جهات منتشر میشه و به صورت میراست.
- ✓ سرعتش عموماً در جامدات از مایعات بیشتر و مایعات از گازها بیشتر. (گرچه استثناهایی نیز وجود دارد)
- ✓ چشمه های صوت : جسمی مرتعش از قبیل سیم گیتار، تارهای صوتی حنجره انسان، دیاپازون، و یا پوسته‌های مرتعشی مانند صفحهٔ مرتعش (دیافراگم) یک بلندگو
- ✓ تندی صوت به جنس محیط و دما (رابطه مستقیم) بستگی دارد و انتشار صوت در محیط به صورت سرعت ثابت (حرکت یکنواخت) می باشد.
- ✓ امواج صوتی به دلیل طبیعت طولی خود، مثل موج طولی ایجاد شده در یک فنر کشیده، در مقایسه با بازشدگی‌ها و جمع‌شدگی‌های فنر، از مجموعه‌ای از تراکم‌ها و انبساط‌ها تشکیل شده‌اند؛ مثلاً با ارتعاش دیافراگم یک بلندگو، موجی صوتی ایجاد می‌شود. حرکت رو به بیرون دیافراگم، هوای جلوی آن را متراکم می‌کند. این تراکم که با تندی صوت از بلندگو دور می‌شود مشابه ناحیهٔ جمع‌شدگی در یک فنرِ کشیده است که در آن موجی طولی روانه شده است.
- ✓ پس از تولید یک ناحیهٔ متراکم، دیافراگم حرکتش را برعکس می‌کند و به داخل می‌رود. حرکت رو به داخل دیافراگم، هوای جلوی آن را منبسط می‌کند. این انبساط که با تندی صوت از بلندگو دور می‌شود، مشابه ناحیهٔ بازشدگی در یک فنر کشیده است که در آن موجی طولی روانه شده است
- ✓ در حالی‌که موج از بلندگو به شنونده می‌رسد، هر مولکول هوا، با موج حرکت نمی‌کند، بلکه در مکان ثابتی به جلو و عقب نوسان می‌کند.



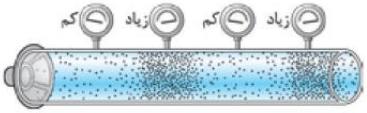
تست ۳۸: میتونه به ریل قطار هم بگه!

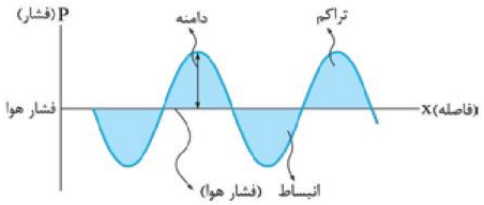
شخصی با چکش به انتهای یک میلهٔ باریک ضربه می‌زند. تندی صوت در بدنهٔ این میله ۱۵ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگری که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است. دو صدا را که یکی از میله می‌آید و دیگری از هوای اطراف میله، با اختلاف زمانی $۰/۰۷\ s$ می‌شنود. اگر تندی صوت در هوا $۳۴۰\ m/s$ باشد، طول میله چند متر است؟

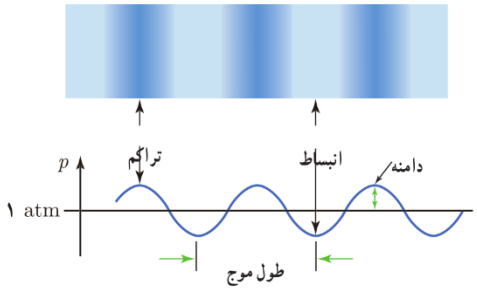
۱) ۱/۷
۲) ۱۰/۲
۳) ۲۵/۵
۴) ۳۸۲/۵

۳-۱۳-۳ نمودار فشار و چگالی بر حسب فاصله از چشمه صوت

- ✓ فشار در نقاطی که در وسط یک لایه تراکمی قرار گرفته اند، بیشینه و در نقاطی که در وسط یک لایه انبساطی قرار دارند، کمینه
- ✓ فشار در نقاطی که نمودار محور مکان را قطع کرده صفر نیست بلکه برابر فشار هواست.
- ✓ فشار در نقاط پایین محور مکان منفی نیست بلکه کمتر از فشار هواست و در نقاط بالای محور مکان بیشتر از فشار هواست.

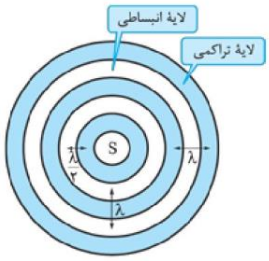






فشار هوا در یک موج صوتی برحسب فاصله از چشمهٔ صوت به‌طور سینوسی تغییر کرده است.

- ✓ فاصله بین وسط دو تپ تراکمی متوالی (یا دو تپ انبساطی متوالی) از یکدیگر، برابر طول موج و فاصله وسط یک تپ تراکمی از وسط تپ انبساطی مجاورش، برابر نصف طول موج می باشد.



- ✓ تپ های تراکمی و انبساطی در امواج طولی ، به ترتیب با قله ها و دره های ایجاد شده در امواج عرضی شبیه سازی می شوند.

۳-۱۳-۴ بسامد صوت

هر نوسان (رفت و برگشت) چشمه صوتی باعث ایجاد یک لایه پرفشار و یک لایه کم فشار در محیط می شود. بنابراین، بسامد نوسانات منبع برابر تعداد تپ های تراکمی (یا تپ های انبساطی) است که در واحد زمان تولید و از هر نقطه از محیط انتشار موج عبور کند.

۳-۱۳-۵ تندی صوت

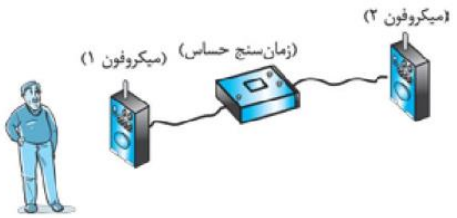
- ✓ صوت تابع قوانین امواج مکانیکی است و با تندی ثابت ، در یک محیط یکنواخت منتشر می شود. بنابرای می توان از رابطه $\Delta x = vt$ و لاندا برابر ویفر استفاده کرد.
- ✓ تندی انتشار موج های صوتی مثل دگر امواج مکانیکی فقط به ویژگی های فیزیکی محیط انتشار موج بستگی دارد و به ویژگی های چشمه تولید موج بستگی ندارد.
- ✓ معمولا هرچه ماده متراکم تر باشد، تندی انتشار صوت در آن بیشتر است. $V_s > V_l > V_g$. زیرا در ماده ی متراکم، مولکول ها به یکدیگر نزدیک‌ترند و تپ ایجاد شده می‌تواند در زمان کمتری به نقطه مجاور خود منتقل شود. (داستان ریل 🚆)
- ✓ تندی صوت علاوه بر جنس محیط به دمای آن بستگی دارد و هرچه دمای محیط با جنس مشخص بیشتر باشد، تندی صوت در آن محیط بیشتر است.

۳-۱۳-۶ آزمایش اندازه گیری تندی صوت

دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان سنج حساس متصل کنید. این زمان سنج می‌تواند بازه‌های زمانی را با دقت میلی ثانیه اندازه گیری کند. وقتی چکش را به صفحه فلزی بکوبیم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می‌شوند، نخست میکروفون نزدیک‌تر و سپس میکروفون دورتر را متأثر می‌سازند. اختلاف فاصله میکروفون‌ها از محل برخورد چکش با صفحه فلزی را اندازه می‌گیریم. با استفاده از زمان سنج می‌توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کنیم.

تست ۳۹:

در شکل روبه‌رو شخصی در فاصلهٔ ۱۰ متری از میکروفون ۱ قرار دارد و فریاد می‌زند. زمان‌سنج تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ۵ ms ثبت می‌کند. فاصلهٔ شخص تا میکروفون ۲ چند متر است؟ (تندی صوت در هوا ۳۴۰ m / s است.)



۱) ۱۱/۷
۲) ۱۷
۳) ۲۷
۴) ۱/۷

اگر دمای محیط را زیاد کنیم، سرعت صوت زیاد میشود و درنهایت اختلاف زمانی بین دریافت صوت ها توسط دو میکروفون اندکی کاهش می یابد.

تست ۴۰:

در سونوگرافی معمولاً از کاوه‌ای دستی و فراصوتی استفاده می‌شود که معادلهٔ نوسانات این کاوه به صورت $x = A\cos(1/2\times10^{7}\pi t)$ است. اگر تندی موج صوتی در بافت بدن $1500\,m/s$ باشد، طول موج این موج در بافت بدن چند میلی‌متر است؟

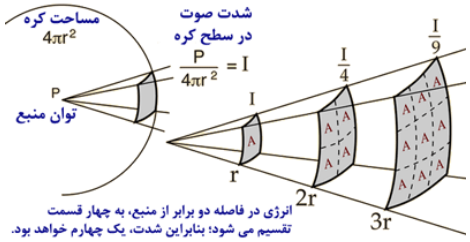
۱) ۲/۵
۲) ۰/۲۵
۳) ۰/۵
۴) ۵

۳-۱۳-۷ وزوز حشرات

چه ساز و کاری موجب صدای وزوزِ حشرات هنگام پرواز می‌شود؟

حشرات در اکثر موارد هیچ عضو مخصوصی برای این کار ندارند. وزوزی که تنها هنگام پرواز حشرات به گوش می‌رسد، فقط نتیجه آن است که حشرات هنگام پرواز بال‌هایشان را در هر ثانیه صدها بار تکان می‌دهند. بال حشرات صفحه‌ای مرتعش است و هر صفحه با ارتعاش به حد کافی زیاد (بیش از ۲۰ بار در ثانیه) صوتی با ارتفاع معین به وجود می‌آورد.

۳-۱۴ شدت صوت، عوامل موثر بر شدت صوت و تراز شدت صوت



توان صوت : اگر انرژی صوتی تولید شده توسط یک چشمه صوت در مدت زمان t برابر E باشد ، توان متوسط این چشمه $\overline{P} = \frac{E}{t}$ است.

شدت صوت: مقدار انرژی ای است که در واحد زمان از واحد سطح عمود بر راستای انتشار صوت می گذرد. $I = \frac{E}{St}$

نکته۲۳: جبهه های موج ارسالی از یک چشمه صوت، به شکل کروی در همه ی جهت ها منتشر می شوند. بنابراین هرچه دورتر از چشمه صوت، صدا ضعیف تر! این موضوع به علت اتلاف انرژی نیست! به این علت است که انرژی صوتی در سطح بزرگتری پخش شده و سهم انرژی صوتی که به گوش ما میرسد کمتر می شود. (در واقع علت کلی تر کاهش دامنه است)

پس هرچه دورتر، فاصله تا مرکز بیشتر ، مساحت بزرگتر و شدت کمتر

آستانه شنوایی: کم ترین شدت صوتی را که گوش انسان می تواند بشنود ، آستانه شنوایی گویند. این مقدار را با I_o نشان میدهند و به آن شدت صوت مبنا می باشد که مقدار آن $۱۰^{-۱۲}\ \frac{W}{m^۲}$ یا $۱۰^{-۶}\ \frac{\mu W}{m^۲}$ می باشد.

تراز شدت صوت: درک انسان از بلندی صوت را تراز شدت صوت گویند. تراز شدت صوت عبارت است از لگاریتم (در پایه ۱۰) نسبت شدت آن صوت به شدت صوت مبنا.

شدت صوت	$I = \frac{E}{St} \xrightarrow{E=Pt} I = \frac{P}{S} = \frac{P}{۴\pi r^۲}$
انرژی موج	$E = \frac{۱}{۲} m\omega^۲ A^۲ \xrightarrow{\omega=۲\pi f} E = ۲m\pi^۲ f^۲ A^۲ \xrightarrow{f=\frac{V}{\lambda}} E = ۲m\pi^۲ (\frac{V}{\lambda})^۲ A^۲$
تراز شدت صوت	$\beta = \log \frac{I}{I_o}$ Unit: B $\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_o}$ Unit: dB
عوامل موثر بر شدت صوت	$\left.\begin{matrix} E\alpha f^۲\alpha A^۲ \\ I\alpha \frac{۱}{r^۲} \end{matrix}\right\} \rightarrow I\alpha \frac{f^۲ \times A^۲}{r^۲} \rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = (\frac{f_۲}{f_۱})^۲ \times (\frac{A_۲}{A_۱})^۲ \times (\frac{r_۱}{r_۲})^۲$
تغییرات تراز شدت صوت بر اساس بل	$\Delta\beta = \beta_۲ - \beta_۱ = \log \frac{I_۲}{I_۱} = \log(\frac{f_۲}{f_۱})^۲ \times (\frac{A_۲}{A_۱})^۲ \times (\frac{r_۱}{r_۲})^۲$
تغییرات تراز شدت صوت بر اساس دسی بل	$\Delta\beta = \beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱} = ۱۰ \log(\frac{f_۲}{f_۱})^۲ \times (\frac{A_۲}{A_۱})^۲ \times (\frac{r_۱}{r_۲})^۲$

این چهار خاصیت لگاریتم را بلد باش!

$\log_m a = x \rightarrow m^x = a$	$\log a^n = n \log a$	$\log ab = \log a + \log b$	$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$

۱-۱۴-۳ تیپ ۱ – شدت صوت میدن، تراز میخوان یا برعکس و ترکیب با انرژی

تست ۴۱:

تراز شدت صوتی ۲۶ دسی بل است. شدت این صوت، چند وات بر متر مربع است؟ $(\log ۲ \simeq ۰/۳, I_۰ = ۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲})$

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

تست ۴۲:

شنونده‌ای که مساحت پرده گوشش ۶۰ میلی‌متر مربع است، تراز شدت صوت حاصل از یک منبع را ۵۰ دسی‌بل احساس می‌کند، انرژی که در مدت ۵۰ ثانیه به پرده گوش این شنونده می‌رسد. چند میکرو ژول است؟ $(I_۰ = ۱۰^{-۶} \frac{\mu W}{m^۲})$

۱) ۳ ۲) ۳۰۰ ۳) ۳×۱۰^{-۴} ۴) ۶×۱۰^{-۶}

تیپ ۲ – تغییرات تراز شدت صوت (ناشی از تغییر دامنه، بسامد، فاصله و زیاد کردن منبع ها)

تست ۴۳:

در یک مکان، اختلاف تراز شدت دو صوت A و B برابر ۱۰ دسی‌بل است. اگر شدت صوت A، بیشتر از شدت صوت B و برابر $۰/۰۴ \frac{W}{m^۲}$ باشد، اختلاف شدت این دو صوت چند میلی وات بر مترمربع است؟

۱) ۰/۴ ۲) ۴ ۳) ۳۶ ۴) ۳۶۰

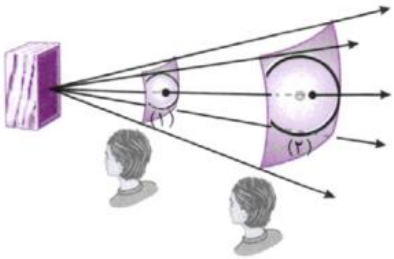
تست ۴۴:

دو شخص به فاصله‌های $d_۱$ و $d_۲$ از یک چشمهٔ صوت قرار دارند. شخصی که در فاصلهٔ $d_۱$ قرار دارد، صدا را ۱۸ دسی‌بل بلندتر می‌شنود. $\frac{d_۲}{d_۱}$ کدام است؟ ($\log ۲ = ۰/۳$ و از جذب انرژی صوت توسط محیط صرف‌نظر شود.)

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۹ ۴) ۱۶

تست ۴۵:

موج صوتی با توان $۱۲۰\mu W$ از دو صفحهٔ فرضی شکل مقابل می‌گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه‌ها به ترتیب $A_۱=۴m^۲$ و $A_۲=۱۲m^۲$ باشد، شدت صوت در سطح $A_۱$ چند یکای SI از شدت صوت در سطح $A_۲$ بیشتر است؟



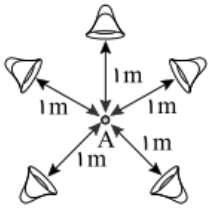
۱) ۳
۲) ۳۰×۱۰^{-۶}
۳) ۲۰×۱۰^{-۶}
۴) ۹

در محل صفحه دوم شنونده صدا ها را بلندتر می شنود یا آهسته تر؟

نسبت شدت صوت ها ؟ نسبت فاصله دو صفحه از چشمه ؟

تست ۴۶:

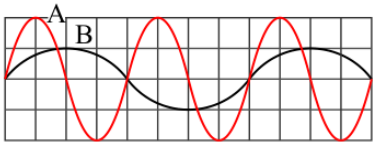
تراز شدت صوت در فاصلهٔ یک متری از یک بوق (با صدای ممتد) $۸۴dB$ است. اگر پنج بوق مطابق شکل قرار دهیم. تراز شدت صوت در نقطهٔ A چند دسی‌بل می‌شود؟ $(\log ۲ = ۰/۳)$



۱) ۸۴
۲) ۴۲۰
۳) ۸۷
۴) ۹۱

تست ۴۷:

نمودار جابه‌جایی - مکان دو موج صوتی که در یک محل، به گوش شنونده‌ای می‌رسند مطابق شکل زیر است. در مقایسهٔ تراز شدت این دو صوت، کدام گزینه درست است؟ $(\log ۲ \simeq ۰/۳)$



۱) تراز شدت صوت A و B برابر است.
۲) تراز شدت صوت A از B، $۶dB$ بیش‌تر است.
۳) تراز شدت صوت A از B، $۱۲dB$ بیش‌تر است.
۴) تراز شدت صوت B از A، $۱۲dB$ بیش‌تر است.

الف) طول موج ، بسامد و دوره تناوب دو صوت را با هم مقایسه کنید.

ب) نسبت شدت دو صوت را محاسبه کنید:

تیپ ۳ – اتلاف !

تست ۴۸:

توان یک چشمه‌ی صوت ۵۰۰ میلی‌وات است. اگر در یک فضای باز، شنونده‌ای در فاصله‌ی ۲۰ متری از چشمه، صوت حاصل را با بلندی ۸۰ دسی‌بل احساس کند، در انتشار صوت در این فاصله چند درصد توان توسط محیط جذب شده است؟

$(\pi = ۳ , I_۰ = ۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^۲})$

۱) ۲
۲) ۴
۳) ۲۰
۴) ۴۰

-خارج از کشور-۱۳۹۶

۳-۱۴-۲ ادراک شنوایی (شنیدن یک احساس است) و محدوده شنیدن

تن موسیقی: به صدای حاصل از یک چشمه صوتی که حرکت هماهنگ ساده انجام می دهد، تن موسیقی یا به اختصار تن گوییم.

ویژگی های تن	
ارتفاع یا تشخیص تفاوت فرکانس	بلندی یا تشخیص تفاوت قدرت صدا
درک گوش ما از بسامد یا احساس شنیداری ما از بسامدی که درک می کنیم را ارتفاع میگویند. هرچه بسامد صدا بیشتر باشد، ارتفاع بیشتر، صدا زیرتر مثل خانم ها (جیغجیغو) هرچه بسامد صدا کمتر باشد، ارتفاع کمتر، صدا بم تر مثل آقایان (کلفت تر)	درک گوش ما از شدت صوت را بلندی می گویند. مثل زمانی که به یک نفر میگیم بلندتر صحبت کن، در واقع داریم میگیم به صدایش انرژی بیشتری دهد و شدت صوت بیشتر شود.
بسامد صوت قابل اندازه گیری است و به شنونده بستگی ندارد اما ارتفاع صوت درک ما از بسامد است و به برداشت ذهنی و روانی شنونده بستگی دارد.	شدت صوت با آشکارساز و رابطه قابل اندازه گیری است و به شنونده بستگی ندارد اما بلندی صوت احساس ما از شدت است و به برداشت ذهنی و روانی شنونده بستگی دارد. یعنی بلندی صوت برای یک انسان با انسان دیگر متفاوت است. (گوش حساس یا گوش سنگین)

برای مثال اگر چشمه صوتی در محیط یک صوت منتشر کند، در نقاط دورتر از چشمه ارتفاع ثابت می ماند ، زیرا ارتفاع احساس ما از بسامد دریافتی است و بسامد موج تغییر نمی کند ولی بلندی صوت کاهش می یابد زیرا که در نقاط دورتر شدت صوت کمتر شده و صوت با بلندی کمتری احساس می شود.

۳-۱-۱ محدوده شنوایی

گوش انسان تن هایی را می شنود که در محدوده ۲۰ هرتز تا ۲۰۰۰۰ هرتز باشند. به تن هایی با بسامد کوچکتر از ۲۰ هرتز فروصوت و به تن هایی با باسمد بیشتر از ۲۰۰۰۰ هرتز فراصوت می گویند که در پزشکی و صنعت کاربرد دارند.

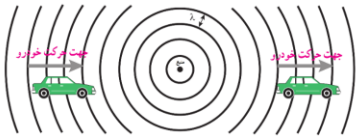
حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گستره ۲۰۰۰ هرتز تا ۵۰۰۰ هرتز بیشینه است و شدت صوت آستانه شنوایی برای این بسامدها کمتر است. یعنی اگر بسامد صوت ۱ ، ۲۰۰۰ هرتز باشد و بسامد صوت ۲ ، ۱۰۰ هرتز باشد و شدت هر دو یکسان باشد، تن صوت ۱ بیشتر است.

اگر در مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت ۱۲۰ دسیبل باشیم، آستانه شنوایی به طور موقت از صفر دسیبل به ۲۸ دسیل افزایش می یابد. (واسه اینه میگن زیاد هندزفری نذاریم!)

مطالعه نشان می دهد که به طور متوسط اگر به مدت ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت ۹۲ دسیبل قرار گیریم، آستانه شنوایی به طور دائم به ۲۸ دسیبل افزایش می یابد.

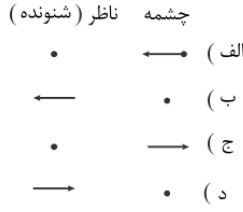
۳-۱۵ اثر دوپلر و حالت های آن

احساس تغییر فرکانس رسیده به گوش شنونده به دلیل حرکت نسبی منبع و شنونده را دوپلر می‌گویند.

شنونده (ناظر) ساکن و منبع (چشمه) متحرک	در حالت ساکن بودن منبع ، فاصله جبهه ها از هم در جلو و پشت ماشین یکسان است. با حرکت ماشین به سمت جلو، فاصله جبهه های موج در جلوی ماشین کمتر از پشت خواهد بود. ۱) ناظر جلویی طول موج کوتاهتری را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود اندازه می گیرد، که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است. ۲) در حالی که برای ناظر ساکن عقب ماشین طول موج بیشتر و بسامد کمتر است. ۳) تعداد موجهایی که به شخص راستی می رسد نسبت به حالتی که چشمه ساکن است بیشتر شده است طول موج در عقب چشمه > طول موج در جلوی چشمه اگر تندی ماشین یکسان باشد و دو نفر جلو باشند، هر دو بسامد یکسانی را دریافت میکنند.
شنونده (ناظر) متحرک و منبع (چشمه) ساکن	در این حالت تجمع جبهه های موج در دو سوی چشمه یکسان است. ۱) نزدیک شدن ناظر به چشمه : در مقایسه با ناظر ساکن ، در مدت زمان یکسان، با جبهه های موج بیشتری مواجه می شود که این منجر به افزایش بسامد صوتی می شود که ناظر می شنود. $f_o > f_s$ ۲) دور شدن ناظر از چشمه: در مقایسه با ناظر ساکن ، در مدت زمان یکسان، با جبهه های موج کمتری مواجه می شود که این منجر به کاهش بسامد صوتی می شود که ناظر می شنود. $f_o < f_s$ 

تست ۴۹:

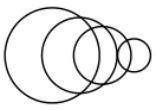
شکل روبه‌رو وضعیت‌های متفاوتی از حرکت شنونده و منبع صوت را نشان می‌دهد. در چه تعداد از حالت‌ها طول موج صوتی که به شنونده می‌رسد از طول موج اصلی صوت (طول‌موج صوت در حالت سکون چشمهٔ صوتی) بلندتر است؟



۱) ۴
۲) ۳
۳) ۲
۴) ۱

تست ۵۰:

در کدام‌یک از شکل‌های زیر چشمهٔ صوت با تندی کمتری از تندی صوت در محیط حرکت می‌کند؟

۱) 
۲)
۳)
۴)

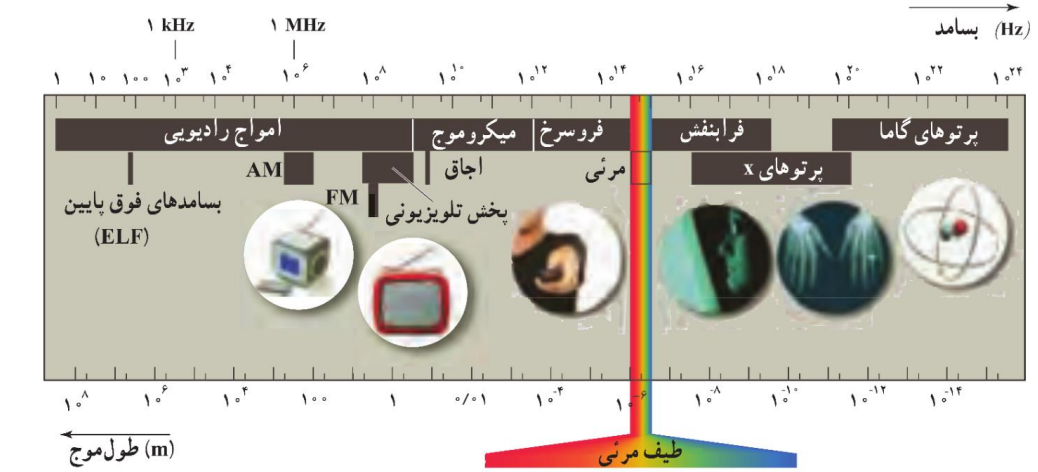
۱ – اگر جبهه‌های موج یکدیگر را قطع کنند، تندی چشمهٔ صوت بیشتر از تندی صوت است. گزینهٔ «۱»

۲ – اگر فاصلهٔ جبهه‌های موج از یکدیگر هم‌اندازه باشد، چشمهٔ صوت ساکن است. گزینهٔ «۲»

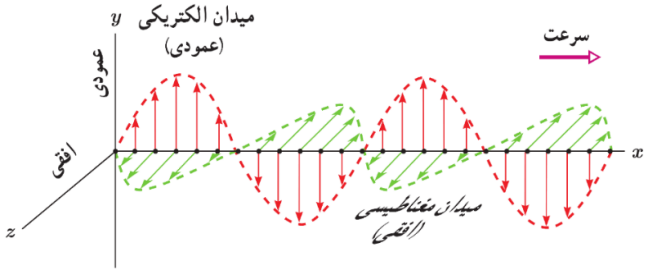
۳ – اگر فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلوی چشمه کمتر از فاصلهٔ جبهه‌های موج در عقب چشمه باشد، تندی چشمهٔ صوت کمتر از تندی صوت است. گزینهٔ «۳»

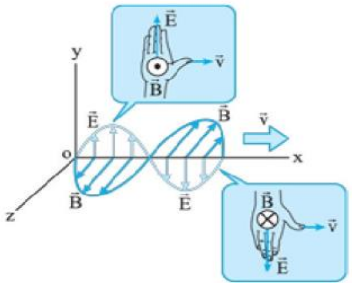
۴ – اگر جبهه‌های موج در جلوی چشمهٔ صوت مماس برهم باشند، تندی چشمهٔ صوت برابر تندی صوت است. گزینهٔ «۴»

۳-۱۶ امواج الکترومغناطیس (برخلاف امواج مکانیکی برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند و در خلأ هم منتشر می‌شوند)



سرعت در خلاء یکسان ← طول موج و سرعت در محیط شفاف کمتر ← بسامد، انرژی، ضریب شکست، نفوذپذیری بیشتر





۱) $\vec{E} \perp \vec{B}$: میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در هر نقطه بر یکدیگر و بر راستای انتشار موج عمودند و در نتیجه از انواع امواج عرضی‌اند.

۲) همگامی میدان‌ها: میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی هم‌بسامدند و همگام بر یکدیگر تغییر می‌کنند؛ به این معنی که در یک نقطه از فضا متناسب با یکدیگر تغییر می‌کنند و با هم بیشینه و با هم صفر می‌شوند (اصطلاحاً می‌گوییم میدان‌ها هم‌فازند.) . در تمامی محیط ها این حالت وجود دارد به جز فلزات، زیرا این امواج توسط فلزات جذب می شوند (توسط رساناها)

۳) این امواج انرژی را نه به صورت انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل ذرات محیط، بلکه به صورت انرژی میدان های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می کنند.

۴) هر یک از میدان های الکتریکی و مغناطیسی متغیر با زمان، میدانی از نوع دیگر را تولید می کنند، که به پیش روی همزمان این دو در فضا موج الکترومغناطیس می گویند.

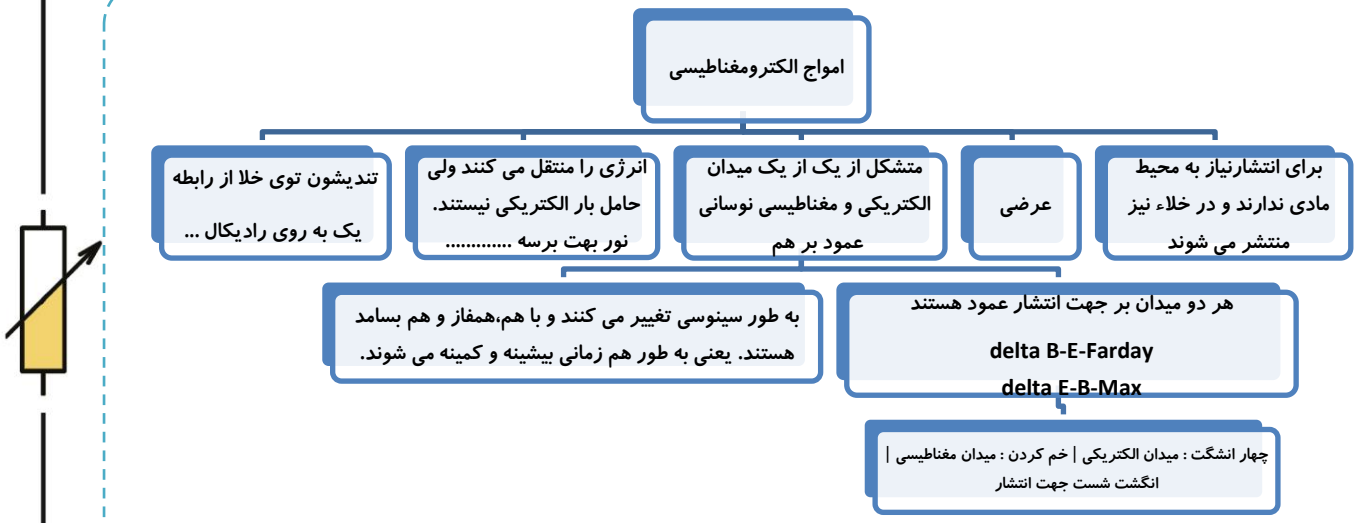
۵) طیف این امواج پیوسته (پشت سر هم) است و ماهیت و قانون حاکم بر آن هایکسان است. اما از نظر بسامد، نحوه ی تولید و آشکارسازی با یکدیگر متفاوتند.

۶) امواج الکترومغناطیسی، به جز آن قسمت که در انتقال‌ها بین سطوح انرژی (شامل انتقال الکترون‌ها در اتم و نوکلئون‌ها در هسته) تولید می‌شوند، به وسیلهٔ بارهای شتاب‌گرفته به‌وجود می‌آیند؛ به‌طوری که هر ذرهٔ باردار شتاب‌داری، بخشی از انرژی خود را به صورت امواج الکترومغناطیسی تابش می‌کند.

۷)گفتن این موج توی کدوم محدودست؟ طول موجش رو حساب کن . مرئی رو که بلدی . تنها موجی که طول موجش از یک متر بیشتره رادیویی می باشد.

۸) تندی برابر در خلأ: همهٔ امواج الکترومغناطیسی با تندی یکسان $c = ۳\times۱۰^{۸}\,m/s$، در خلأ منتشر می‌شوند. تندی این امواج در محیط‌های مادی، کم‌تر از C و متفاوت با یکدیگر است.

در خلاء $\Delta x = ct$ $c = \frac{۱}{\sqrt{\varepsilon_۰\mu_۰}} = (\varepsilon_۰\mu_۰)^{-\frac{۱}{۲}}$	ضریب گذردهی الکتریکی خلاء : $\varepsilon_۰ = ۸.۸۵\times۱۰^{-۱۲}\,\frac{C^۲}{N.m^۲}$ تراوایی مغناطیسی خلاء : $\mu_۰ = ۴\pi\times۱۰^{-۷}\,\frac{T.m}{A}$ $c = \frac{۱}{\sqrt{۸.۸۵\times۱۰^{-۱۲}\times۴\pi\times۱۰^{-۷}}} \rightarrow c \cong ۳\times۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}$ که این مقدار برابر سرعت انتشار نور در خلاء است.
در محیط شفاف $\Delta x = Vt$	در محیط های دیگر با ضریب شکست مشخص n (هر محیطی جز خلا) : $V = \frac{C}{n}$



با توجه به شکل، پرتوهای گاما (γ) بیشترین بسامد و کوتاه‌ترین طول موج و امواج رادیویی کم‌ترین بسامد وبلندترین طول موج را دارند.

رتبه‌بندی امواج الکترومغناطیسی از نظر بسامد، به ترتیب زیر است:

گاما (γ) > ایکس (X) > فرابنفش (UV) > مرئی > فروسرخ (IR) > میکروموج > رادیویی

رتبه‌بندی امواج الکترومغناطیسی از نظر طول موج، عکس رتبه‌بندی بالاست:

رادیویی > میکروموج > فروسرخ (IR) > مرئی > فرابنفش (UV) > ایکس (X) > گاما (γ)

انرژی فوتون‌های هر موج با بسامد آن نسبت مستقیم دارد؛ بنابراین انرژی فوت‌های گاما، بیشتر از سایر پروتوهاست.

۳-۱-۲ آزمایش هرتز

هرتز بارهای الکتریکی روی میله‌ای را با بسامد بالا به نوسان درآورد. حرکت شتاب‌دار بارها در میله باعث تولید امواجی به نام امواج رادیویی می‌شد. او توانست این امواج را دریافت کند و نشان داد امواج رادیویی با همان تندی نور مرئی حرکت می‌کنند. هرتز از این آزمایش نتیجه گرفت امواج رادیویی و نور مرئی ماهیت یکسانی دارند. (هر دو جزء امواج الکترومغناطیسی‌اند.)

تست ۵۱:

مطابق شکل زیر، دو ایستگاه رادیویی A و B به فاصله‌ی $80km$ از هم قرار دارند و هر یک سیگنالی را گسیل می‌کنند. گیرنده‌ی P که در فاصله‌ی $60km$ از A قرار دارد، این دو سیگنال را با اختلاف زمانی چند ثانیه دریافت می‌کند؟ ($c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$)

۱) $\frac{4}{3} \times 10^{-4}$ ۲) $\frac{4}{3} \times 10^{-7}$ ۳) $\frac{2}{3} \times 10^{-4}$ ۴) $\frac{2}{3} \times 10^{-7}$

تست ۵۲:

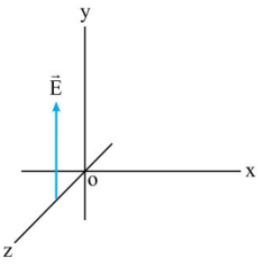
در یک عمل جراحی چشم از پرتو لیزر که طول موج آن در هوا $0/6\mu m$ و بسامد آن f است، استفاده می‌شود. اگر طول موج این پرتو در زجاجیهٔ چشم $\lambda' = 0/45\mu m$ و سرعت انتشار نور در هوا $3 \times 10^8 m/s$ باشد، بسامد و سرعت انتشار این پرتو در زجاجیه، در SI به‌ترتیب کدام‌اند؟

۱) 5×10^{14} و 3×10^8 ۲) 5×10^{14} و $2/25 \times 10^8$

۳) $3/75 \times 10^{14}$ و 3×10^8 ۴) $3/75 \times 10^{14}$ و $2/25 \times 10^8$

تست ۵۳:

شکل مقابل، میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی را در نقطه‌ای معین و دور از چشمه، در یک لحظه نشان می‌دهد. موج، انرژی را در خلاف جهت محور z انتقال می‌دهد. جهت میدان مغناطیسی موج، در این نقطه و این لحظه، در کدام جهت است؟



۱) جهت محور x

۲) خلاف جهت محور x

۳) جهت محور y

۴) خلاف جهت محور y

تست ۵۴:

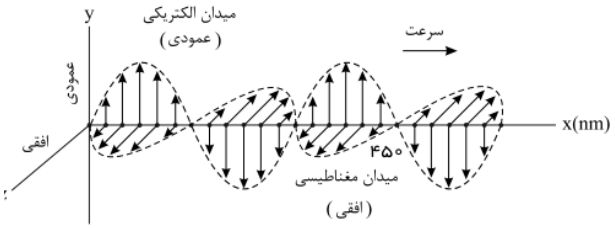
طول آنتن یک گوشی تلفن همراه قدیمی $\frac{۱}{۴}$ طول موج دریافتی است. اگر طول چنین آنتنی $۸/۲۵\ cm$ باشد، بسامدی که این گوشی با آن کار می‌کند چه مقدار است؟ $(c = ۳\times۱۰^{۸}\ m/s)$

۱) $۱۱۰\ nm$ ۲) $۱۱\mathring{A}$ ۳) $\frac{۱۰۰}{۱۱}MHz$ ۴) $\frac{۱۰}{۱۱}GHz$

$$۸/۲۵=\frac{۱}{۴}\lambda \Rightarrow \lambda = ۴\times ۸/۲۵ = ۳۳\ cm = ۳۳\times۱۰^{-۲}\ m \qquad \lambda=\frac{c}{f} \Rightarrow ۳۳\times۱۰^{-۲}=\frac{۳\times۱۰^{۸}}{f} \Rightarrow f=\frac{۱۰}{۱۱}\times۱۰^{۹}\ Hz=\frac{۱۰}{۱۱}\ GHz$$

تست ۵۵:

شکل روبه‌رو، تصویر لحظه‌ای از موجی الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که با سرعت $۳\times۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}$ در حال انتشار است. کدام مورد درست است؟



۱) مدت زمانی که طول می‌کشد میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، یک نوسان کامل انجام دهند، $۱۰^{-۱۵}$ ثانیه است.

۲) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در هر ثانیه $۱/۵\times۱۰^{۱۵}$ نوسان انجام می‌دهند.

۳) مسافتی که موج در مدت یک ثانیه طی می‌کند، ۳۰۰ نانومتر است.

۴) این موج در ناحیهٔ مرئی طیف قرار دارد.

۳-۱۶-۱ یک منبع موج از یک محیط وارد محیط دیگر!

نوع موج	بسامد	طول موج و سرعت
موج مکانیکی	منبع ثابته : پس بسامد ثابته	هر چه محیط جامد تر ، سرعت بیشتر ، پس طول موج هم بیشتر $V=\lambda f \xrightarrow{f=const.} \uparrow V = \uparrow \lambda f$
موج الکترو	منبع ثابته : پس بسامد ثابته	هر چه محیط غلیظ تر ، سرعت کمتر و طول موج هم کمتر ۱) $V=\frac{C}{n} \xrightarrow{C=const.} \downarrow V=\frac{C}{n\uparrow}$ ۲) $V=\lambda f \xrightarrow{f=const.} \downarrow V = \downarrow \lambda f$ $\boxed{V\alpha\ \lambda\ \alpha\ \frac{۱}{n}} \rightarrow \frac{V_۲}{V_۱}=\frac{\lambda_۲}{\lambda_۱}=\frac{n_۱}{n_۲}$

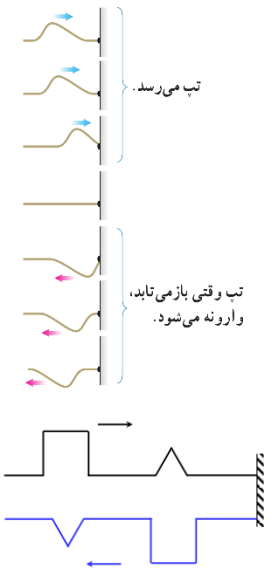
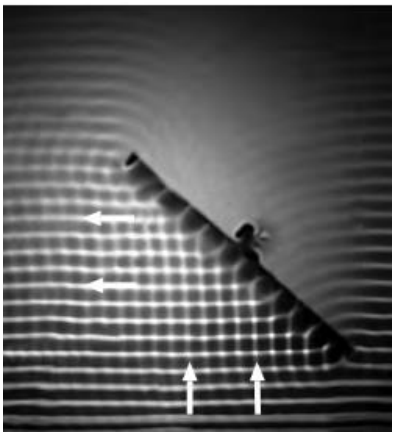
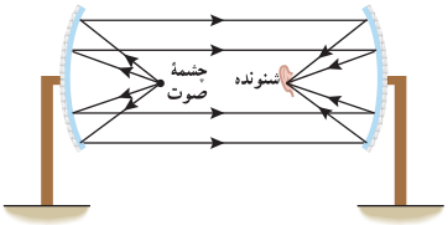
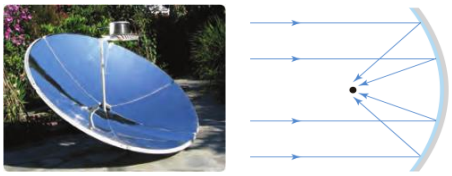
۳-۱۶-۲ دو منبع موج در یک محیط !

نوع موج	بسامد	سرعت	طول موج
موج مکانیکی	دو نفر توی یک اتاق منبع متفاوته : پس بسامد متفاوته	محیط یکسان سرعت انتشار یکسان	$\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda \alpha \frac{1}{f}$
موج الکترو	دو نور متفاوت در خلا منبع متفاوته: پس بسامد متفاوته	محیط یکسان سرعت انتشار یکسان	

۳-۱۶-۱ بازتاب

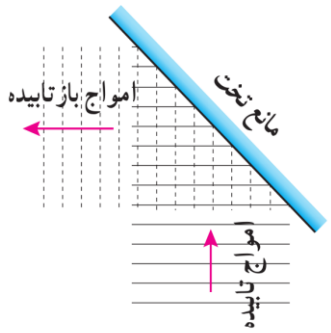
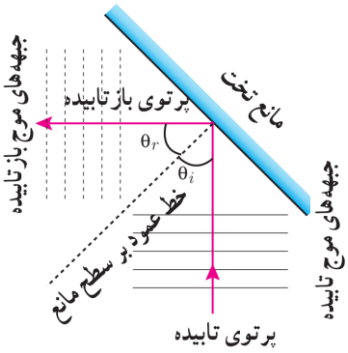
تمامی امواج (چه مکانیکی ، چه الکترومغناطیسی) هنگامی که به مرزی می رسند، بازتاب می کنند.

بازتاب

در یک بعد	در دو بعد	در سه بعد
وقتی موجی در فنر جلو می‌رود و به دیوار می‌رسد در برخورد با دیوار به دیوار نیرو وارد می‌کند و دیوار نیز طبق قانون سوم نیوتن به فنر نیرو وارد می‌کند و باعث برگشت این تپ می‌شود و بازتاب یک‌بعدی اتفاق می‌افتد. در این بازتاب از انتهای بسته موج بازتاب، عکس و قرینه می‌شود. (قله میره، دره میاد)  	در یک تشت موج اگر امواج تخت ایجاد کرده و سر راه امواج مانع قرار دهیم این امواج پس از برخورد به مانع بازتاب می‌کنند که یک بازتاب دوبعدی را تشکیل می‌دهند. در شکل زیر مشاهده می‌کنید جبهه‌های موج تخت در برخورد با مانع تخت بازتاب می‌کنند. موج تابیده : تخت مانع : تخت بازتاب : تخت 	باز تاب نور و صدا  و داستان های پژواک که توی بخش صوت گفتیم. و همچنین امواج الکترو تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش که در نقطه کانونی جمع میشوند.  از این ساز و کار برای دریافت امواج رادیویی توسط آنتن های بشقابی و یا امواج فروسرخ برای گرم کردن آب یا مواد غذایی در اجاق های خورشیدی استفاده می شود .

۳-۱۷ بازتاب در ۲ بعد : هر موجی

بیشتر در مورد بازتاب در دو بعد

جبهه های موج	نمودار پرتویی
	

پرتو (تابیده/بازتابیده) بر جبهه موج (تابیده/بازتابیده) عمود است .

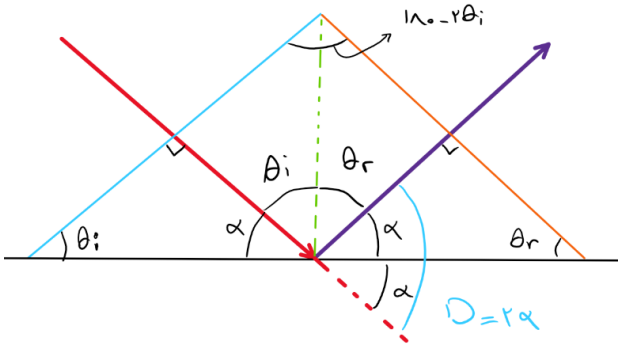
پرتو تابش: پرتو فرودی (تابیده شده) به سطح (مانع)

پرتو بازتابش: پرتو بازتاب شده از سطح (مانع)

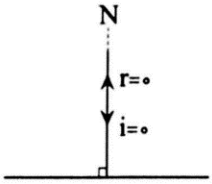
زاویه تابش (θ_i) : زاویه بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی تابیده (فرودی))

زاویه بازتاب (θ_r) : زاویه بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی بازتابیده)

در هر وضعیت مانع | انواع موج | دایروی یا کروی | در تمامی سطوح | چه هموار و چه ناهموار : همواره $\boxed{\theta_i = \theta_r}$ (قانون بازتاب عمومی



زاویه بین جبهه تابش و بازتابش	$2\theta_i$ و مکملش $180-2\theta_i$
زاویه انحراف	2α یا $180-2\theta_i$
زاویه بین جبهه تابش و سطح	θ_i
زاویه بین جبهه بازتابش و سطح	θ_r
زاویه بین پرتو تابش و بازتابش	$2\theta_i$



نکته۲۴: اگر پرتویی عمود بر یک سطح بتابد، زاویه تابش و بازتابش هر دو صفر می شوند و پرتو تابش و بازتابش بر هم منطبق می شوند.

نکته ۲۵:

آینه های متقاطع

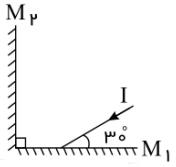
۱) زاویه تابش = زاویه بازتابش

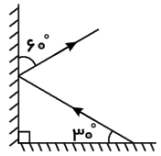
۲) هر سطحی رسیدی ، عمود بر سطحش رسم کن

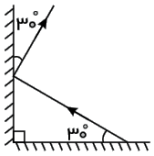
مجموع زوایای داخلی مثلث ۱۸۰ درجه (مجموع زوایای داخلی هر n ضلعی : $(n-2)\times 180$)

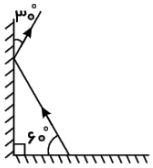
تست ۵۶:

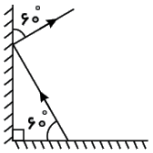
در شکل زیر، پرتوی I به سطح آینهٔ تخت M_1 تابیده است. کدام گزینه پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت M_1 و M_2 را به‌درستی نمایش می‌دهد؟



۱) 

۲) 

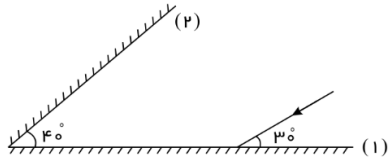
۳) 

۴) 

تست ۵۷:

مطابق شکل زیر، پرتو نوری به آینهٔ (۱) می‌تابد و پس از بازتاب به آینهٔ (۲) می‌تابد و در ادامهٔ مسیرش دوباره از آینهٔ (۲) بازتاب می‌شود. زاویهٔ بازتاب آینهٔ (۲) در دومین بازتاب چند درجه است؟

خارج از کشور- ۱۳۹۸

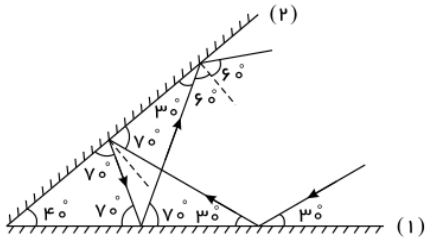


۱) ۶۰

۲) ۵۰

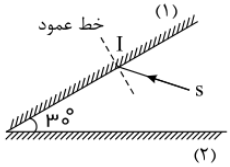
۳) ۴۰

۴) ۳۰



تست ۵۸:

مطابق شکل زیر، پرتو SI با زاویهٔ تابش 40° بر آینهٔ (۱) می‌تابد. این پرتو، پس از بازتابش‌های متوالی، آینه‌ها را ترک می‌کند. آخرین زاویهٔ بازتابش چند درجه است؟ (سطح آینه‌های تخت، به اندازهٔ کافی بزرگ فرض شود.)

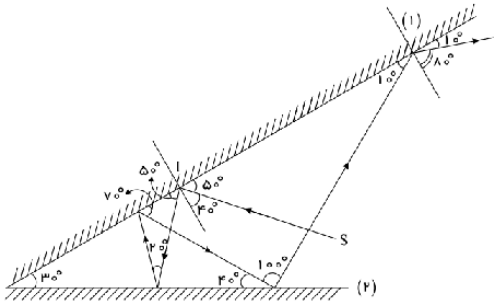


۱) ۵۰

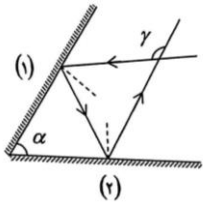
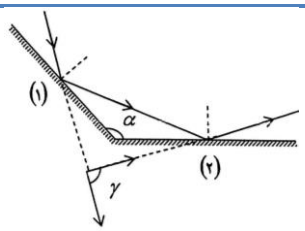
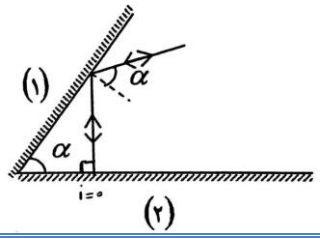
۲) ۶۰

۳) ۷۰

۴) ۸۰



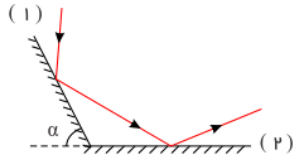
۳-۱۷-۱ زاویه انحراف در آینه های متقاطع دوتایی

زاویه بین دو آینه کمتر از ۹۰ درجه ($\alpha \le ۹۰$)	 $\alpha \le ۹۰ \rightarrow \gamma = ۲\alpha$
زاویه بین دو آینه بیشتر از ۹۰ درجه($\alpha \ge ۹۰$)	 $\alpha \ge ۹۰ \rightarrow \gamma = ۲(۱۸۰ - \alpha)$
پرتو تابش بر روی خودش باز تاب شود	باید زاویه تابش به آینه اول با زاویه بین دو آینه یکسان شود. که در نتیجه پرتو تابش به آینه دوم، بر آن عمود می شود. 

- ✓ اگر زاویه انحراف پرسیدن : همین گاما
- ✓ اگر گفتن زاویه بین پرتو تابش و بازتابش نهایی یا زاویه بین امتداد تابش و بازتابش نهایی، علاوه بر گاما، مکمل گاما هم میشه!
- ✓ زاویه انحراف به زاویه تابش اولیه بستگی ندارد و فقط به زاویه بین دو آینه وابسته است.

تست ۵۹:

مطابق شکل زیر، پرتو نوری به آینه‌ی تخت (۱) می‌تابد و در نهایت از آینه‌ی تخت (۲) بازتاب می‌شود. پرتو تابش به آینه‌ی (۱) با پرتو بازتابش از آینه‌ی (۲)، چه زاویه‌ای می‌سازد؟



۱) α

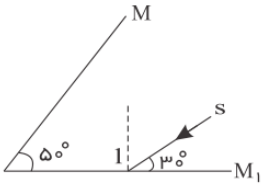
۲) ۲α

۳) $۱۸۰ - \alpha$

۴) $۹۰ + \alpha$

تست ۶۰:

در شکل زیر، امتداد پرتو نور بازتابیده از آینهٔ $M_۲$ با امتداد پرتو SI، زاویهٔ چند درجه می‌سازد؟



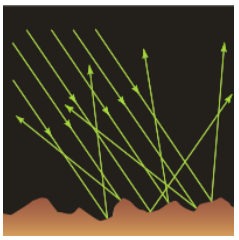
۱) ۴۰

۲) ۷۰

۳) ۱۰۰

۴) ۱۱۰

۳-۱۷-۲ انواع بازتاب

نوع سطح	نوع بازتاب	توضیحات تکمیلی
هموار مثل آینه	آینه ای یا منظم	بازتابش یک دسته پرتو موازی را فقط در یک جهت می توان دید.
ناهموار (صیقلی یا هموار نباشد) 	پخشنده یا نامنظم	بازتابش یک دسته پرتو موازی را در جهت های مختلف می توان دید. منظور از سطح ناهموار: سطح در مقایسه با طول موج نور فرودی نا هموار است. سطح کاغذ به ظاهر هموار است اما از دید میکروسکوپیک از اجزای متمایز و کوچکی تشکیل شده که بسیار بزرگ تر از یک میکرومتر هستند. در صورتی که طول موج نور مرئی در حدود نیم میکرومتر است. پس چنین سطحی برای نور مرئی ناهموار است. در صورتی که ناهمواری های یک اینه بسیار کوچک تر از یک میکرومتر است و برای نور مرئی سطح هموار محسوب میشه. دیدن صفحه کاغذ، دیوار، دستان خود و ...
نتیجه گیری		اگر ناهمواری های سطح خیلی کوچکتر از طول موج نور باشد : سطح هموار و بازتاب منظم و آینه ای است. اگر ناهمواری های سطح در حدود طول موج نور یا بیشتر باشد : سطح ناهموار و بازتاب نامنظم و پخشنده است.

تست ۶۱:

کدام‌یک از موج‌های زیر هنگام بازتاب از جسمی که ابعاد ناهمواری‌های آن در حدود $50\,\mu m$ است، بازتاب نامنظم پخشنده دارد؟ ($c = 3\times10^{8}\,\frac{m}{s}$ و همهٔ امواج در هوا منتشر می‌شوند.)

الف) موج رادیویی AM با بسامد ۱۰۰ کیلوهرتز

ب) موج مرئی قرمز با طول‌موج ۷۰۰ نانومتر

ج) موج اجاق مایکروویو با طول‌موج ۱۲ سانتی‌متر

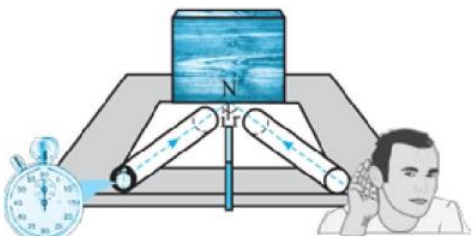
د) موج وای‌فای (wifi) خانه با بسامد ۲/۴ گیگاهرتز

۱) فقط (ب) ۲) (الف) و (ب) ۳) (ج) و (د) ۴) (الف) و (د)

۳-۱۷-۳ بازتاب امواج مکانیکی در سه بعد

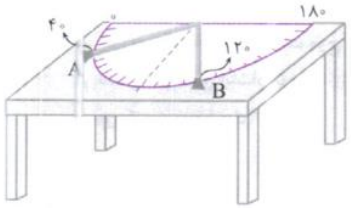
امواج صوتی در همه فضا پخش می شوند و پس از بازتاب از سطح یک مانع در تمام جهات منتشر می شوند. بازتاب صوت از قانون بازتاب عمومی پیروی می کند.

شکل روبرو اسبابی را نشان می دهد که توسط آن قانون بازتاب عمومی در مورد امواج صوتی بررسی می شود. این اسباب شامل دو لوله (معمولا مقوایی) است که در یک صفحه قرار دارند و یک انتهای آن ها به فاصله کمی از یک تخته چندلایه قرار دارند. یک ساعت عقربه ای را به انتهای یکی از لوله ها چسبنده و گوش خود را در انتهای دیگر لوله قرار می دهیم. امواج صوتی ضعیف ساعت از راه لوله اول به طرف تخته هدایت می شود و توسط تخته بازتابیده می شود. بلندی صوتی که از لوله دوم شنیده می شود، زمانی بیشنیه می شود که لوله ها با خط عمود بر سطح تخته زاویه های برابری بسازند.



تست ۶۲:

در شکل روبرو اگر لوله A را ۲۰ درجه ساعتگرد بچرخانیم و در آن صوتی ایجاد کنیم، لوله B را باید ..... و ..... بچرخانیم تا صوت را با بیشترین بلندی بشنویم.



۱) ۴۰ درجه پادساعتگرد

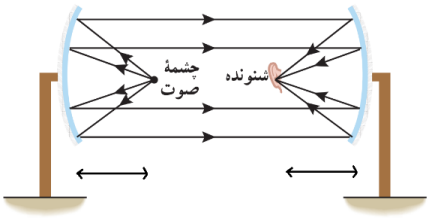
۲) ۴۰ درجه ساعتگرد

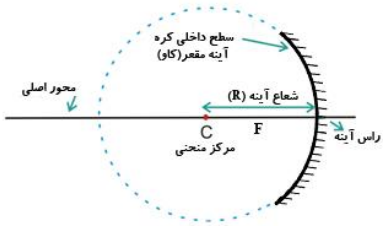
۳) ۲۰ درجه پادساعتگرد

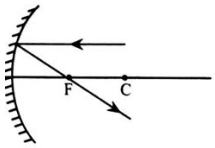
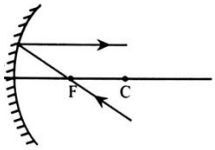
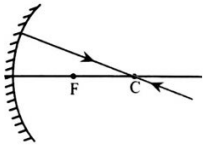
۴) ۲۰ درجه ساعتگرد

۴-۱۷-۳ داستان های کاو

وقتی شخصی در کانون یک سطح کاو صحبت کند، شخص دیگری در کانون سطح کاو دیگر با بیشترین شدت ممکن صدا را می شنود. که این نشان‌دهندهٔ تمرکز امواج صوتی رسیده به سطح کاو در کانون است.

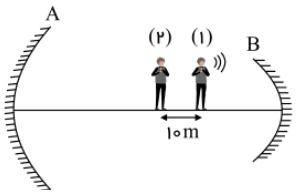




تابش	شکل	بازتابش
پرتو تابش موازی (جبهه تابش : تخت)		بازتابش از کانون (جبهه بازتابش : کروی)
پرتو تابش از کانون (جبهه تابش : کروی)		بازتابش موازی (جبهه بازتابش : تخت)
از مرکز (جبهه تابش : کروی)		روی مرکز بر میگردد (جبهه بازتابش: کروی)

تست ۶۳:

شکل زیر دو سطح کاو A و B را نشان می‌دهد که در فاصلهٔ ۵۰ متری هم قرار دارند. شخص اول در کانون سطح کاو B قرار داشته و شروع به صحبت کردن می‌کند. فاصلهٔ کانونی سطح کاو A دو برابر فاصلهٔ کانونی سطح کاو B و برابر $20m$ می‌باشد. شخص دوم که ۱۰ متر عقب‌تر از شخص اول قرار دارد، چند متر و در چه جهتی جابه‌جا شود تا بازتاب صدای شخص اول را به بهترین شکل بشنود؟



۱) ۲۰، چپ

۲) ۲۰، راست

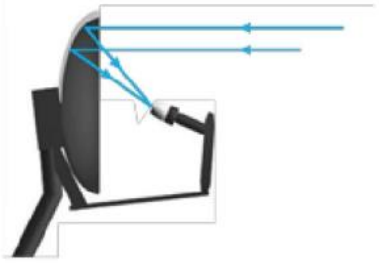
۳) ۱۰، راست

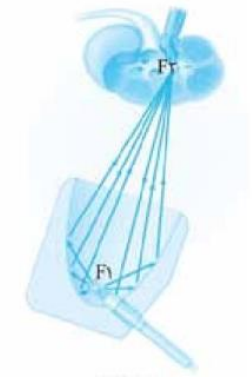
۴) ۱۰، چپ

۳-۱۷-۵ از سطوح کاو می‌توان برای تمرکز امواج صوتی روی یک نقطه و افزایش شدت صوت استفاده کرد.

- برای افزایش شدت صوت (سوال قبل)
- میکروفون سهموی وسیله‌ای است که از آن برای ثبت صداهای ضعیف می‌توان استفاده کرد. این وسیله دارای یک سطح کاو است که امواج صوتی را روی کانون خود متمرکز می‌کند. میکروفونی روی کانون قرار می‌گیرد و شنونده، صوت تقویت‌شده را از طریق هدفون می‌شنوند.

شکل چپ نمونه‌ای از این وسیله و شکل راست نحوهٔ تمرکز امواج صوتی روی میکروفون را نشان می‌دهد.





- بعضی اوقات سنگ‌های ایجادشده در اندام‌های حفره‌دار (مثل سنگ کلیه) به حدی بزرگ است که بدن قادر به دفع آن‌ها نیست. در این حالت با استفاده از دستگاهی به نام «لیتوتریپسی» سنگ‌ها را خرد می‌کنند طوری که این سنگ‌های کوچک بتوانند از مجاری بدن خارج شوند. شکل زیر نوعی از این دستگاه را نشان می‌دهد که در آن امواج صوتی ایجادشده، به کمک یک سطح کاو روی سنگ متمرکز می‌شود و انرژی تجمع‌یافتهٔ صوتی در محل سنگ آن را خُرد می‌کند.

۳-۱۷-۶ پژواک

بازگشت صدا در برخورد با موانع را پژواک می‌گویند. این صوت بازتابیده (پژواک) را با یک تاخیر زمانی نسبت به صوت اصلی می شنویم.

نکته مهم: اگر فاصله زمانی بین صوت اصلی و پژواک کمتر از ۰/۱ ثانیه باشد، گوش ما نمی تواند پژواک را از صوت اصلی تفکیک کند.

پس مثلاً اگر شما در مقابل یک دیوار باشید و بخواهد پژواک صدای خود را تشخیص دهید، صوت شما حداقل فاصله بین شما و دیوار را در یک رفت و برگشت باید حداقل در ۰/۱ ثانیه طی کند.

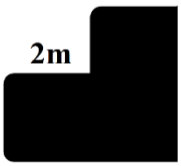
تست ۶۴:

اگر اختلاف زمانی بین یک صوت و پژواک آن صوت کم‌تر از $0/1\,s$ باشد، گوش انسان نمی‌تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد. با توجه به این‌که تندی صوت در هوا $340\,m/s$ است، کم‌ترین فاصلهٔ بین یک شخص و یک دیوار بلند چند متر باشد تا بتواند پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهد؟

۱) ۱۷ ۲) ۳۴ ۳) ۶۸ ۴) ۸۵

تست ۶۵:

در شکل مقابل وقتی شخصی یک بار کف بزند، دو بار صدای پژواک خود را می شنود. فاصله زمانی بین این دو پژواک تقریبا چند ثانیه است ؟ و این پژواک ها را از هم تشخیص می دهد؟ (سرعت صوت ۳۴۰ متر بر ثانیه)



۱) ۰/۲ – بله

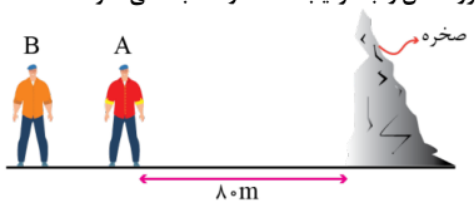
۲) ۰/۲ – خیر

۳) ۰/۰۱ – خیر

۴) ۰/۰۱ – بله

تست ۶۶:

مطابق شکل زیر، شخص A گلوله‌ای را شلیک می‌کند و شخص B، صدای شلیک گلوله و پژواک آن را به ترتیب ۰/۵s و ۱s بعد می‌شنود. فاصلهٔ شخص A از شخص B چند متر است؟



۱) ۷۵

۲) ۸۰

۳) ۱۵۰

۴) ۱۶۰

۷-۱۷-۳ مکان یابی پژواکی با امواج مکانیکی

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

مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر که در فصل پیش آموختیم، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آنها به کار می‌رود.

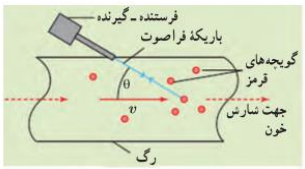
نمونه ۱) خفاش امواج فراصوتی (با فرکانس بیش از ۲۰ kHz) را ایجاد می‌کند که این امواج پس از بازتاب از موانعی که در مسیر امواج هستند به سمت خفاش برمی‌گردد . مغز خفاش با توجه به زمان بازگشت صوت فاصلهٔ مانع را تشخیص می‌دهد. در ضمن هرچه مانع کوچک‌تر باشد، شدت صوت بازگشتی کم‌تر است (به همین دلیل خفاش به انسان حمله نمی‌کند! خفاش دیدی کُپ نکن!!) در ضمن، اگر حشره‌ای به سمت خفاش حرکتک ند، ارتفاع صوت بازتابیده بیشتر از ارتفاع صوت اولیه و اگر حشره از خفاش دور شود، ارتفاع پژواک قسمتی از ارتفاع صوت اولیه خواهد بود (اثر دوپلر). دلفین‌ها هم از همین روش برای ردیابی شکار استفاده می‌کنند.

برای تشخیص یک جسم از طریق مکان یابی پژواکی ، باید طول موج صوت ارسال شده از اندازه جسم کوچکتر یا حداقل برابر آن باشد.

نمونه۲) در دستگاه‌های سونار که در بعضی قایق‌ها و کشتی‌ها نصب می‌شود، امواج صوتی به کف دریا (یا مانع‌های پیش‌رو) ارسال می‌شوند و با اندازه‌گیری زمان ارسال و دریافت پژواک صوت، عمق آب زیر شناور معلوم می‌شود.

نمونه ۳) در سونوگرافی و اندازه‌گیری تندی شارش خون نیز به‌طور هم‌زمان از تکنیک‌های مکان‌یابی پژواکی و جابه‌جایی دوپلری استفاده می‌شود.

از مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر با ارسال باریکه فراصوت برای تعیین تندی شارش خون (گویچه های قرمز) در رگ ها کمک میگیرند.



تست ۶۷:

تندی صوت در آب دریا حدود ۱۵۰۰ m/s است و بسامد امواج فراصوتی‌ای که یک وال عنبر تولید می‌کند، حدود ۱۰۰ kHz است. ماهی کوچکی به طول ۱ cm در فاصلهٔ ۷۵ متری از این وال قرار دارد. زمان رفت و برگشت صوت گسیل‌شده از وال تا ماهی چند ثانیه است؟ آیا وال می‌تواند این ماهی را تشخیص دهد؟

۱) ۰/۰۵، بله ۲) ۰/۰۵، خیر ۳) ۰/۱، بله ۴) ۰/۱، خیر

صوت با سرعت ثابت منتشر می‌شود، بنابراین زمان لازم برای حرکت رفت‌وبرگشت بین وال و ماهی برابر است با:

$$x = vt \xrightarrow[L=۷۵\,m]{x=۲L} ۲\times۷۵ = ۱۵۰۰\times t \Rightarrow t = ۰/۱\,s$$

طول موج صوت گسیل‌شده توسط وال برابر است با:

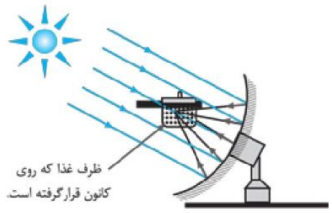
$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۱۵۰۰}{۱۰۰\times۱۰^{۳}} = ۱/۵\times۱۰^{-۲}\,m = ۱/۵\,cm$$

اگر طول مانع (ماهی) کوچک‌تر از طول موج صوت ماهی عنبر باشد، موج در برهم‌کنش با مانع پراشیده می‌شود و به خوبی بازتابیده نمی‌شود، بنابراین وال تنها می‌تواند مانع (ماهی)هایی را تشخیص دهد که در حدود طول موج به کار رفته یا بزرگ‌تر از آن باشد. چون طول ماهی کم‌تر از طول موج صوت وال است، وال **نمی‌تواند** ماهی را تشخیص دهد.

۳-۱۷-۸ استفاده امواج الکترو

بازتاب امواج الکترو از مانع کاو مثل بازتاب امواج مکانیکی می باشد.

نمونه ۱) از بازتاب امواج الکترومغناطیسی از سطوح کاو و تمرکز آن ها روی کانون در وسایلی مثل دریافت امواج رادیویی توسط آنتن های بشقابی (یعنی دریافت امواج ماهواره از طریق دیش و تمرکز آن روی LNB) یا تمرکز امواج فروسرخ نور خورشید در کانون اجاق های خورشیدی (برای گرم کردن آب یا مواد غذایی) استفاده می شود.



نمونه ۲) رادارها مثل دستگاه های سونار کار می کنند و از آن ها برای مکان یابی پژواکی و تعیین تندی اجسام متحرک می توان استفاده کرد، البته رادارها به جای امواج صوتی، امواج رادیویی (با مایکروویو) به سمت جسم ارسال می کنند و با توجه به زمان بازگشت موج، فاصله جسم از دستگاه را معلوم می کنند(مکان یابی پژواکی) . همچنین با توجه به بسامد موج بازگشتی تندی جسم مشخص می شود (اثر دوپلر)

۳-۱۸ شکست امواج

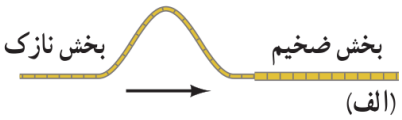
وقتی محیط انتشار عوض بشه! موج جهت حرکتش عوض میشه! سرعتش عوض میشه .

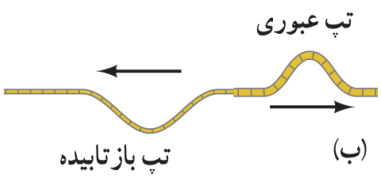
وقتی موج به مرز جدایی دو محیط می رسد، بخشی از آن بازتابیده می شود و بخشی دیگر عبور می کند که این افزون بر جذب موج است که در هر دو محیط رخ می دهد.

موج بازتاب شده در مقایسه با موج اولیه دامنه کوچک تری دارد. (کاهش انرژی)

۳-۱۸-۱ تغییر محیط موج در یک بعد

بخش / بررسی کمیت	بسامد	سرعت	طول موج
بخش نازک	یکسان	V	λ
بخش ضخیم	یکسان	$V=\sqrt{\frac{F}{\rho A\uparrow}}\rightarrow V\downarrow$	$\downarrow\lambda=\frac{V\downarrow}{f}$

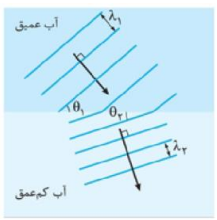




$$v=\sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{(\mu_{ضخیم}>\mu_{نازک})} v_{ضخیم}<v_{نازک} \xrightarrow{(\lambda=\frac{v}{f})} \lambda_{ضخیم}<\lambda_{نازک}$$

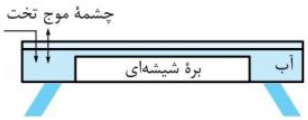
۳-۱۸-۲ تغییر محیط موج در دو یا سه بعد و شکست موج

اگر موجی در دو بعد یا سه بعد منتشر شود و به طور مایل به مرز جدایی دو محیط بتابد، پس از ورود به محیط دوم از مسیر اولیه اش منحرف می شود که به این پدیده شکست موج گویند. در این پدیده طول موج و سرعت موج تغییر می کند اما بسامد ثابته!

چند مثال	با حرکت یک موج در سطح آب از قسمت عمیق به کم‌عمق ، سرعت وتندی موج کاهش می‌یابد← جبهه‌های موج در قسمت کم‌عمق به هم نزدیک‌تر شده ← طول موج کاهش می‌یابد و جهت حرکت موج تغییر می‌کند ← شکست موج رخ می‌دهد.  $v_1>v_2 \quad , \quad \lambda_1>\lambda_2 \quad , \quad \theta_1>\theta_2$
	اگر یک اسباب بازی چرخ‌دار از روی سطح اتاق وارد فرش شود ← تندی $\downarrow$← جهت حرکت عوض می‌شود.
	موج‌های واردشده به ساحل شیبدار ← در عمق کم $V\downarrow$ و جهت حرکت عوض می‌شود.
	امواج الکترو علی الخصوص نور اگر از یک محیط به محیط دیگری با ویژگی‌های دیگر وارد شوند، سرعت آن تغییر کرد، و جهت حرکت آن نیز تغییر می‌کند و داریم.

تست ۶۸:

در تشت موج شکل زیر به کمک یک نوسان‌ساز تیغه‌ای که با بسامد ۱۰ Hz کار می‌کند، امواج تختی ایجاد می‌کنیم، به طوری که فاصلهٔ بین دو برآمدگی متوالی آن برابر ۲۰ cm می‌شود. اکنون برهٔ‌ای شیشه‌ای را در کف این تشت قرار می‌دهیم. اگر تندی امواج در ناحیهٔ کم‌عمق نصف تندی امواج در ناحیهٔ عمیق باشد، به ترتیب تندی و طول موج امواج در ناحیهٔ کم‌عمق چند متر بر ثانیه و چند سانتی‌متر می‌شود؟



۱) ۲، ۱۰

۲) ۲، ۵

۳) ۱، ۱۰

۴) ۱، ۵

۳-۱۸-۳ ضریب شکست ماده شفاف (n)

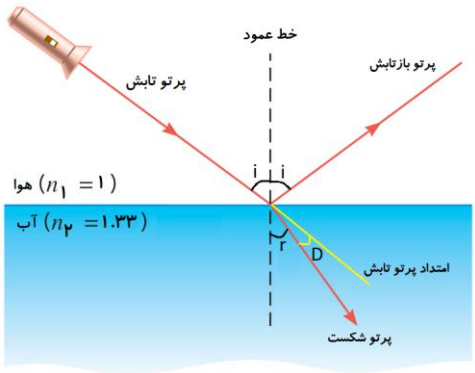
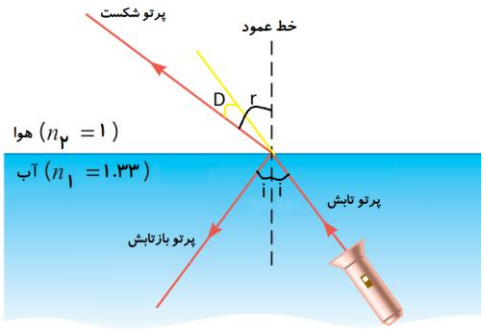
هر محیط شفافی یک ضریب شکست دارد که به صورت زیر تعریف می شود:

$$n=\frac{\text{سرعت نور در خلا}}{\text{سرعت نور در محیط شفاف}}\rightarrow \boxed{n=\frac{c}{v}}\rightarrow \boxed{\frac{n_2}{n_1}=\frac{V_1}{V_2}}$$

- ✓ هرچه ضریب شکست بیشتر باشد، آن محیط غلیظ تر می باشد و سرعت نور در آن محیط کم تر است.
- ✓ به محیطی که ضریب شکست بیشتری دارد، محیط غلیظ و به محیطی که ضریب شکست کمتری دارد، محیط رقیق می گوییم.
- ✓ ضریب شکست با غلظت و چگالی محیط متناسب است.
- ✓ n هوا و خلاء برابر ۱ و n سایر محیط ها بیشتر از ۱ می باشد. n الماس برابر ۲/۴ می باشند. به ترتیب کمترین و بیشترین ضریب شکست ها می باشند.

۳-۱۸-۴ قانون شکست عمومی برای همه ($\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$) و قانون شکست اسنل برای نور ($\boxed{\frac{n_2}{n_1}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}}$)

$$n_1\sin i=n_2\sin r\rightarrow \boxed{\frac{n_2}{n_1}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}}\ v\alpha\lambda\alpha\theta\alpha\frac{1}{n}$$

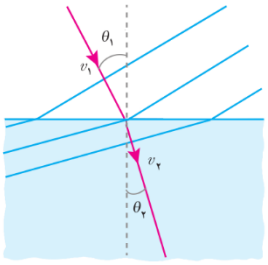
نور از محیط رقیق (تندی بیشتر) وارد محیط غلیظ (تندی کمتر) شود	نور از محیط غلیظ (تندی کمتر) وارد محیط رقیق (تندی بیشتر) شود
	
نور به خط عمود نزدیک می شود (چون تندیش کم میشه) **i** : زاویه تابش : زاویه بین پرتو تابش و خط عمود **r**: زاویه شکست : زاویه بین پرتو شکست و خط عمود **D** : زاویه اتحراف : زاویه بین پرتو شکست و امتداد پرتو تابش $D=i-r$	نور از خط عمود دور می شود(چون تندیش زیاد میشه) i : زاویه تابش : زاویه بین پرتو تابش و خط عمود r: زاویه شکست : زاویه بین پرتو شکست و خط عمود D : زاویه اتحراف : زاویه بین پرتو شکست و امتداد پرتو تابش $D=r-i$

در گیر زاویه انحراف نشید!

$$D=|i-r|$$

بازتاب جزئی : وقتی نور به سطح جدایی دو محیط می تابد، همه پرتو ها وارد محیط دوم نمی شوند، بلکه قسمتی از پرتوهای تابش از سطح جدایی دو محیط بازتاب می شوند.

۳-۱۸-۵ قانون شکست عمومی یا جبهه های موج



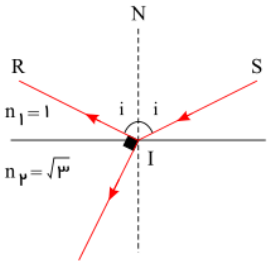
زاویه جبهه تابش با سطح	زاویه تابش
زاویه جبهه بازتابش با سطح	زاویه بازتابش
زاویه جبه شکست با سطح	زاویه شکست

۳-۱۸-۶ اسنل های تکراری کنکور

۶۰ ۱	۵۳ ۱	۴۵ ۱
۳۰ $\sqrt{۳}$	۳۷ $\frac{۴}{۳}$	۳۰ $\sqrt{۲}$

تست ۶۹:

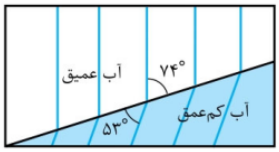
در شکل روبه‌رو پرتو SI بر سطح یک محیط شفاف تابیده است. به طوری که قسمتی از آن بازتاب پیدا کرده و به محیط اول برگشته و قسمتی نیز شکسته و وارد محیط دوم شده است. اگر پرتوهای بازتاب و شکست برهم عمود می‌باشند، زاویه‌ی تابش (i) چند درجه است؟



۱) ۱۵
۲) ۳۰
۳) ۴۵
۴) ۶۰

تست ۷۰:

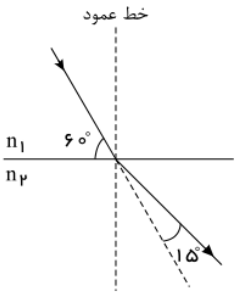
شکل زیر طرحی از شکست امواج سطحی را در مرز آب عمیق و آب کم‌عمق نشان می‌دهد. اگر تندی انتشار امواج در سطح آب با عمق آب متناسب باشد، با ورود به ناحیهٔ کم‌عمق، عمق آب چند برابر شده است؟



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

تست ۷۱:

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

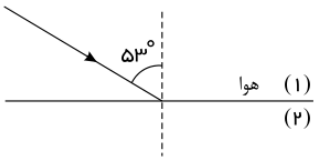


۱) $\sqrt{۲}$
۲) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$
۳) ۲
۴) $\frac{۱}{۲}$

تست ۷۲:

مطابق شکل زیر، پرتو نوری از هوا به یک محیط شفاف می‌تابد و در ورود به محیط (۲)، 16° از راستای اولیه منحرف می‌شود. اگر طول موج نور در محیط دوم، $\frac{1}{8}\mu m$ از طول موج نور در هوا کمتر باشد، بسامد نور چند هرتز است؟

($\sin 53^\circ = 0/8$، سرعت نور در هوا $= 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$)



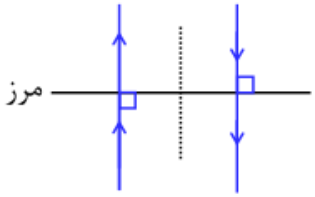
۱) 6×10^{14}

۲) 6×10^{15}

۳) $8/4 \times 10^{14}$

۴) $8/4 \times 10^{15}$

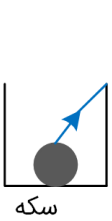
نکته ۲۶: پرتویی که عمود بر مرز باشد، شکسته نمی‌شود.

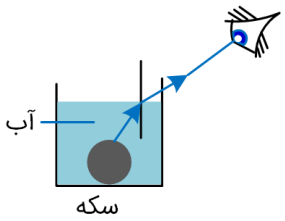


مثال ۶:

سکه‌ای را در گوشه فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی آنکه سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری که آب ریختن شما موجب جابه جایی سکه نشود. با پرشدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید.

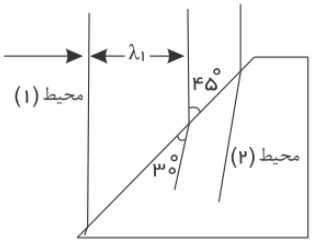
دلیل آن شکست نور است. زیرا طبق شکل‌های زیر هنگامی که داخل فنجان آب می‌ریزیم، پرتویی از سکه به سطح آب می‌تابد و هنگام خروج، از خط عمود دور می‌شود و این پرتو به چشم ما می‌رسد. ولی در حالت اول هیچ پرتویی از سکه مستقیماً به چشم ما نمی‌رسید، بنابراین با ریختن آب درون فنجان و پر شدن آن می‌توانیم سکه را ببینیم.





تست ۷۳:

شکل زیر جبهه‌های موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که از محیط (۱) وارد محیط (۲) شده است. تندی نور در محیط (۱) چند برابر تندی نور در محیط (۲) است؟



۱) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

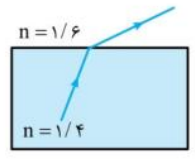
۲) $\sqrt{\frac{3}{2}}$

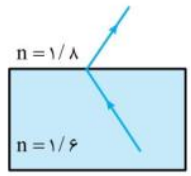
۳) $\sqrt{2}$

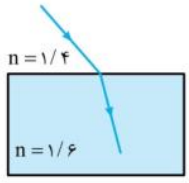
۴) ۲

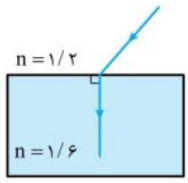
تست ۷۴:

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

۱) 

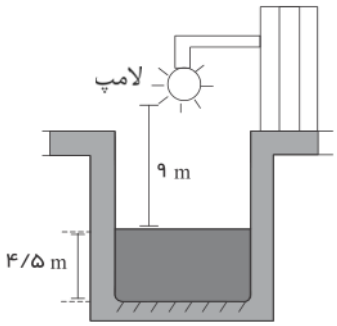
۲) 

۳) 

۴) 

تست ۷۵:

در شکل زیر حداقل زمان لازم برای آنکه نور لامپ پس از گذشتن از هوا و آب و بازتابش از روی آینه‌ی تخت افقی که در کف مخزن نصب شده، دوباره به لامپ برگردد، چند ثانیه است؟ (ضریب شکست آب نسبت به هوا $\frac{۴}{۳}$ و سرعت انتشار نور در هوا $۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$ است.)



۱) ۹×۱۰^{-۸}

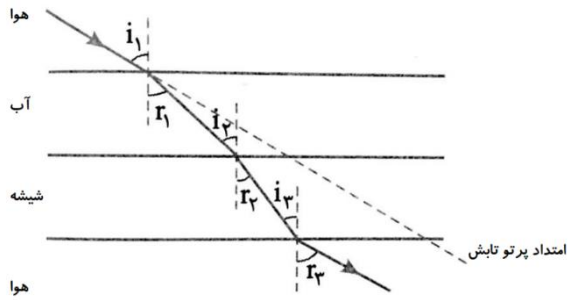
۲) ۵×۱۰^{-۸}

۳) ۲×۱۰^{-۸}

۴) $۱۰^{-۷}$

۳-۱۸-۷ تیغه متوازی السطوح (هرچه زاویه بیشتر، تندی بیشتر)

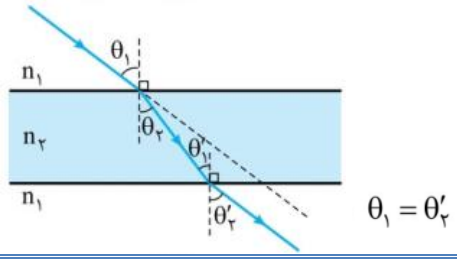
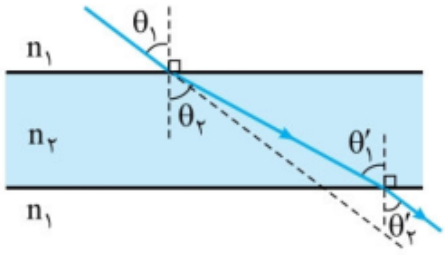
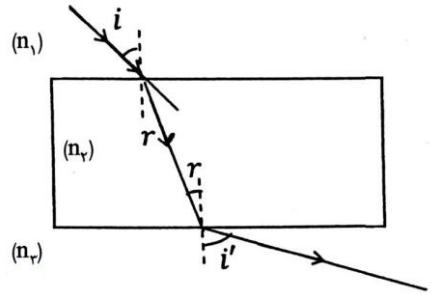
گاهی نور از چند محیط شفاف که سطح جدایی موازی دارند، عبور می کند. در این گونه مسائل، زوایای تشکیل شده در هر محیط با هم برابرند، یعنی :



$$r_۱ = i_۲$$
$$r_۲ = i_۳$$
$$i_۱ = r_۳$$

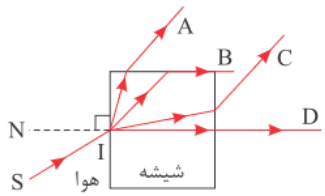
۸-۱۸-۳ موارد خاص تیغه!

گاهی نور از چند محیط شفاف که سطح جدایی موازی دارند، عبور می کند. در این گونه مسائل، زوایای تشکیل شده در هر محیط با هم برابرند، یعنی :

حالت ۱: محیط اول و آخر یکی باشد (در این حالت پرتو نور ورودی موازی پرتو نور خروجی می باشد)	۱-۱) اول و آخر رقیق ($n_۲ > n_۱$)  $\theta_۱ = \theta'_۲$ ۱-۲) اول و آخر غلیظ ($n_۱ > n_۲$)  $\theta_۱ = \theta'_۲$
حالت ۲: محیط اول و آخر یکی نباشد (ورودی و خروجی موازی نخواهد بود)	 $n_۱ \neq n_۳ \rightarrow i \neq i' \rightarrow n_۱ \sin i = n_۲ \sin r = n_۳ \sin i'$

تست ۷۶:

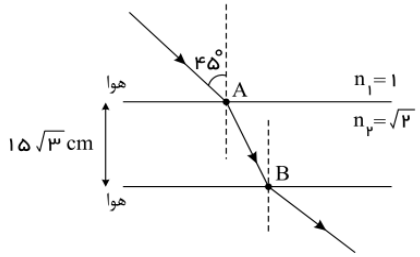
پرتو نور تک رنگ SI، از هوا بر شیشه می تابد. پرتو شکست کدام است؟



۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

تست ۷۷:

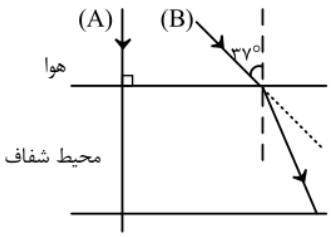
مطابق شکل زیر، پرتو نوری از هوا وارد محیط شفافی می‌شود و شکست می‌یابد. این پرتو فاصلهٔ A تا B را در چند نانوثانیه طی می‌کند؟ $(c = ۳ \times ۱۰^۸ \frac{m}{s})$



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

تست ۷۸:

مطابق شکل زیر، دو پرتو A و B از هوا وارد محیط شفافی می‌شوند. اگر مدت زمانی که طول می‌کشد تا پرتوهای A و B محیط شفاف را بپیمایند به ترتیب t و $\frac{۲\sqrt{۳}}{۳}t$ باشد، ضریب شکست محیط شفاف کدام است؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$

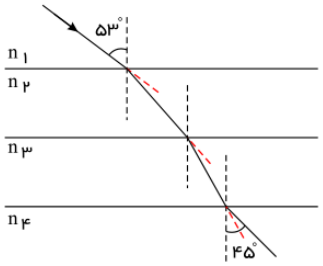


۱) $\frac{۶}{۵}$
۲) $\frac{۴}{۳}$
۳) $\frac{۳}{۲}$
۴) $\frac{۸}{۵}$

تست ۷۹:

مطابق شکل زیر پرتو نوری از محیط شفاف (۱) وارد محیط‌های شفاف دیگر می‌شود. اگر سرعت نور در محیط (۲)، ۲۵ درصد کمتر از سرعت نور در محیط (۱) باشد و سرعت نور در محیط (۴)، ۴۰ درصد بیشتر از سرعت نور در محیط ۳ باشد، ضریب شکست محیط (۲) چند برابر ضریب شکست محیط (۳) است؟

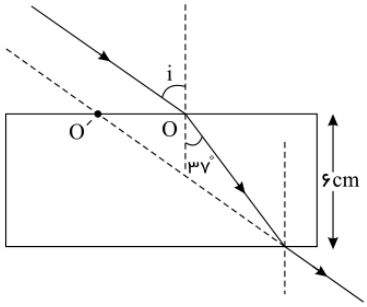
$(\sin ۵۳^\circ = ۰/۸ \ , \ \sin ۴۵^\circ = ۰/۷)$



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

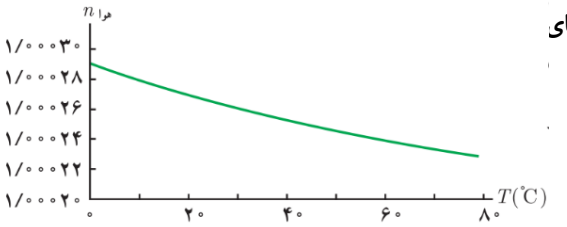
تست ۸۰:

پرتو نوری، مطابق شکل زیر از هوا به یک تیغهٔ متوازی‌السطوح می‌تابد و پس از شکست در محیط شفاف تیغه، دوباره وارد هوا می‌شود. اگر امتداد پرتو خروجی در O' به تیغه برخورد کند و $OO' = ۳/۵cm$ باشد، ضریب شکست محیط شفاف چقدر است؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$



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

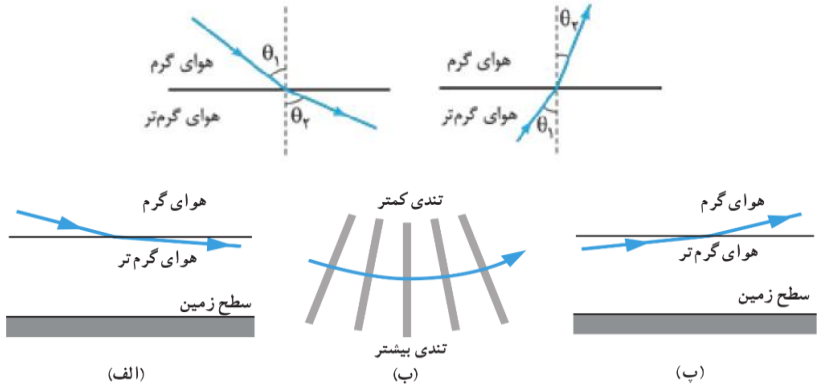
۳-۱۹ وابستگی ضریب شکست هوا به دما، هوای گرم و گرم تر و سراب



✓ با افزایش دما، چگالی هوا کاهش پیدا کرده ، ضریب شکست لایه‌های هوای نزدیک به سطح زمین کمتر شده و تندی انتشار نور در نزدیکی سطح زمین بیشتر می‌شود.

✓ مطابق شکل الف، اگر نور از لایه هوای گرم وارد لایه هوای گرم تر شود ($n_2 < n_1$)، از خط عمود دور می شود ($\theta_2 > \theta_1$)

و مطابق شکل ب، اگر نور از لایه هوای گرم تر وارد لایه هوای گرم شود ($n_2 > n_1$)، به خط عمود نزدیک شود ($\theta_1 > \theta_2$)



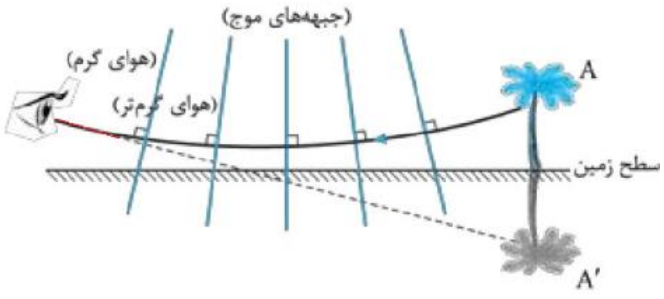
الف) خمیدگی اغراق آمیز یک پرتوی نور که در امتداد یک مرز فرضی از هوای گرم به سمت هوای گرم‌تر پایین می‌رود.

ب) تغییر جبهه‌های موج و خمیدگی مربوط به آن، به این دلیل رخ می‌دهد که انتهای پایین جبهه‌های موج در هوای گرم‌تر سریع‌تر حرکت می‌کنند.

پ) خمیدگی اغراق آمیز یک پرتوی نور که در امتداد یک مرز فرضی از هوای گرم‌تر به سمت هوای گرم بالا می‌رود.

۳-۱-۳ سراب

در روزهای بسیار گرم ممکن است تصویر اجسام مختلف مانند درختان، بوته‌ها و ... را روی سطح زمین ببینید و تصور کنید در آن منطقه آبگیری وجود دارد. به این پدیده سراب یا سراب آبگیر می‌گویند. از این پدیده می توان عکس هم گرفت.



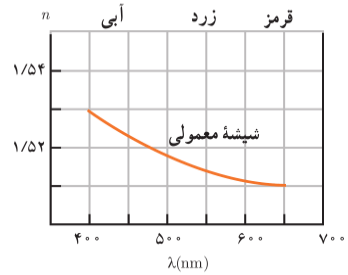
۳-۱-۴ توجیه سراب

شکل مقابل مدل ساده شده ای از حرکت یک پرتوی نور در یک روز گرم تابستانی است که نشان می دهد پدیده سراب چگونه اتفاق می افتد. در یک روز گرم، لایه های هوای مجاور سطح زمین گرم تر از لایه های هوای بالاتر هستند، بنابراین ضریب شکست هوا در نزدیکی سطح زمین کم تر و تندی نور در این ناحیه بیشتر از مناطق بالاتر است. در نتیجه، بخش های پایینی جبهه های موج سریع تر از بخش های بالایی حرکت می کند و هرچه به سطح زمین نزدیک تر می شویم، فاصله بین جبهه های موج متوالی بیشتر می شود.

پرتو نوری که از نوک درخت به سمت پایین می آید، باید عمود بر جبهه های موج حرکت کند، بنابراین مسیری مطابق شکل را می پیماید تا به چشم ناظر برسد. انسان اجسام را در راستای پرتوهایی می بیند که به چشم او می رسند، بنابراین تصویر A را در A’ می بیند و حس می کند تصویر درخت را بر سطح آب می بیند.

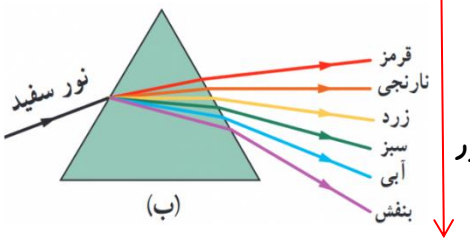
۳-۲۰ وابستگی ضریب شکست به طول موج

ضریب شکست یک محیط مادی شفاف برای طول موج های مختلف با هم فرق دارد و ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج های کوتاه تر، بیشتر است. برای مثال ضریب شکست شیشه برای نور بنفش، بیشینه و برای نور قرمز، کمینه است.



۳-۱-۱ پاشیدگی نور در منشور

اگر یک نور مرکب (شامل چند طول موج) مثل باریکه نور سفید به وجهی از منشور بتابد، در عبور از منشور به نورهای سازنده آن تجزیه می‌شود. دلیل این پدیده آن است که ضریب شکست هر محیطی به جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد؛ یعنی وقتی باریکه نوری شامل پرتوهایی با طول موج‌های مختلف باشد، این پرتوها هنگام عبور از مرز دو محیط در زاویه‌های مختلفی شکسته می‌شوند. به این پخش شدگی نور، پاشندگی نور می‌گویند.

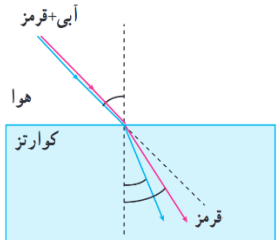


افزایش ضریب شکست

افزایش زاویه انحراف در منشور

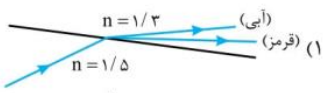
نکته۲۷: قرمز صدر جدول !

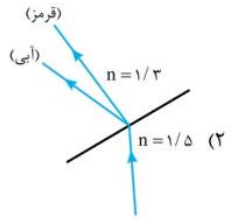
نکته۲۸: معمولاً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیشتر است. همان‌طور که در نمودار زیر می‌بینید هرچه از پرتوی آبی به سمت قرمز برویم طول موج بیشتر شده و ضریب شکست کمتر می‌شود. بنابراین ضریب شکست قرمز کمتر از ضریب شکست آبی است و هنگامی‌که پرتوهای قرمز و آبی از محیطی به محیط دیگر وارد می‌شوند، پرتوهای قرمز نسبت به پرتوهای آبی کمتر شکسته می‌شوند.

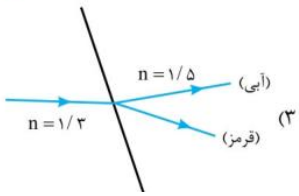


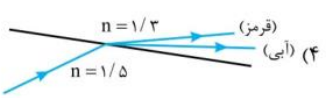
تست ۸۱:

در شکل‌های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است در سطح مشترک دو ماده شکست پیدا کرده‌اند. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟

۱) 

۲) 

۳) 

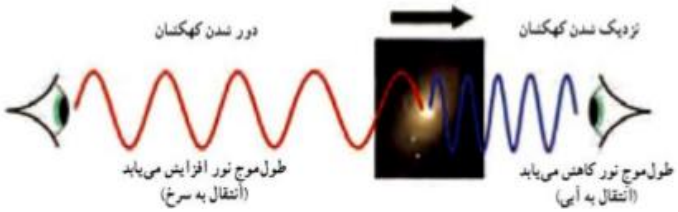
۴) 

۳-۲۰-۱ اثر دوپلر در امواج الکترومغناطیس

همان‌طور که گفتیم برای موج‌های الکترومغناطیسی همانند نور یا امواج رادیویی نیز اثر دوپلر برقرار است، ولی بررسی آن با اثر دوپلر در صوت متفاوت است. هرگاه چشمه موج الکترومغناطیسی نسبت به ناظر(آشکارساز) در حرکت باشد، بسامد و طول موج دریافتی از این چشمه تغییر می‌کند. اندازه‌گیری این تغییرات (جابه‌جای دوپلری) نقش مهمی در اخترشناسی دارد.

در رصدهای نجومی ستارگان، کهکشان‌ها وسایر چشمه‌های نوری 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 چشمه‌ی نور از ناظر (آشکاساز) دور می‌شود، طول موج افزایش می‌یابد که به آن اصطلاحاً انتقال به سرخ می‌گویند و وقتی چشمه‌ی نور به ناظر نزدیک می‌شود، طول موج کاهش پیدا می‌کن که به آن اصطلاحاً انتقال به آبی می‌گویند.



- ✓ از پژواک امواج الکترومغناطیسی (مانند نور) می‌توان برای مکان‌یابی اجسام استفاده کرد مانند دوربین‌های کنترل سرعت پلیس: