

مجموعه نکات و فرمولهای فیزیک پیش دانشگاهی

فصل چهارم

موج

مدارس:

دکتر مصاحب، سلام، الزهرا

تهیه و تنظیم:

مهندس واحدی

سال تحصیلی ۹۶ - ۹۷

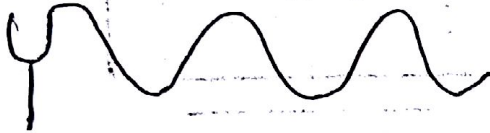
امواج مکانیکی:

۱) این امواج برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند و در خلا
که هیچ موکولی در آن وجود ندارد منتشر نمی شوند
مانند امواج صوتی، امواج ایجاد شده در سطح آب
یا در طول طناب را نام ببرید

نوع ذرات محیط انتشار فقط حول نقطه
تبادل حرکت نوسانی دارند و بی ارتعاشی
به نقطه دیگری روند

تقسیم بندی امواج مکانیکی:

۱) امواج عرضی: در این امواج راستای ارتعاش ذرات
محیط بر راستای انتشار موج عمود
ارتقا و در جهات سطح مایعات
متمم می شوند و با هم در درجه قابل
تمییز اند. مانند امواج طناب و
آب و مایعات



۲) امواج الکترومغناطیسی:

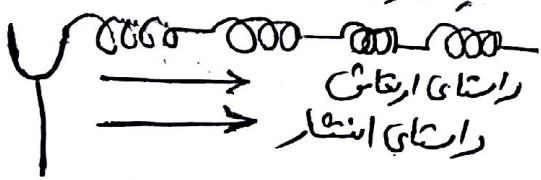
این امواج برای انتشار به محیط مادی احتیاج ندارند و
می توانند در خلا منتشر شوند مانند امواج رادیویی، نور و ...

صحنه کشسان: محیطی است که وقتی تغییر شکل در آن
ایجاد شود نیروهای کشسان ایجاد شده
بین اجزای محیط تامل دارند و محیط را به
حالت اول بر گردانند و در آن محیط
جاده پهن و گاز است

تپ موج: هرگاه تغییر شکل در یک قسمت از محیط کشسان
ایجاد شود به تغییر شکل ایمن شده تپ گویند

۲) امواج طولی: در این امواج راستای ارتعاش
ذرات محیط با راستای انتشار
موج یکسان است و در هر سه
محیط کشسان منتشر می شوند
و با هم در درجه قابل تمییز
مانند امواج صوتی

نوع! در فضا هم موج عرضی و هم موج طولی می توان
ایجاد نمود



۳) امواج مکانیکی:

۱) برای تولید و انتشار به محیط مادی نیاز دارند و در خلا
منتشر نمی شوند

۲) با ایجاد موج مکانیکی، ذرات محیط انتشار در جهات
حرکت نوسانی می شوند (ارتعاشی)

۳) با انتشار موج، ذرات محیط در اطراف نقطه تبادل
حرکت نوسانی می کنند اما همراه با موج منتقل نمی شوند

مانند موج سونامی ایجاد شده در یک دریا و زلزله ها

۴) نوع حرکت و انتشار موج در یک محیط همگن، همبند
یکنواخت است

سرعت زمان $\Delta x = v \Delta t$ \rightarrow سرعت

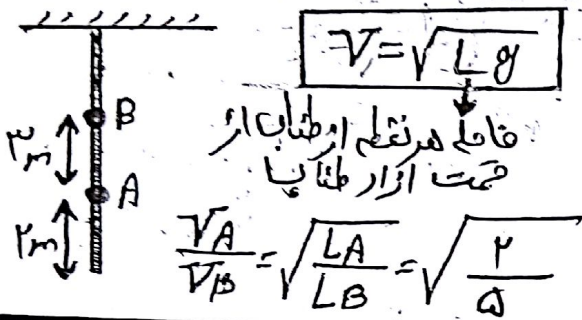
نکته ۱) در مورد سرعت انتشار موج:

۱) سرعت انتشار موج در یک محیط به ویژگی های
فیزیکی آن محیط مانند (مادری که گاز و یا
چگالی و حجم واحد طول در طناب) بستگی دارد

عوامل مؤثر در سرعت انتشار موج در طناب پارسیمان

- (۱) با افزایش نیرو رابطه مستقیم دارد - $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$
- (۲) با افزایش جرم واحد طول رابطه عکس دارد

نکته ۱۴: در مورد طناب در ارتعاش قائم می توان نوشت

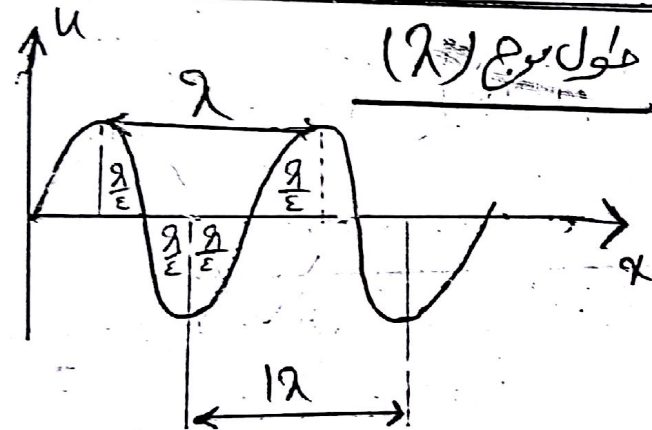


(۲) سرعت انتشار موج ۲ و موج های منبع موج مانند فرکانس (دوره) داشته باشند و تندی ندارند

نکته ۱۵: بسیاری نوسان ذرات و ط انتشار موج برابر با یکدیگر تولید کننده موج می باشد یعنی فرکانس هر نقطه از طناب انتشار برابر با فرکانس همه آنها

روابط مربوط به سرعت انتشار موج در طناب جرم و طول

$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$	$\mu = \frac{m}{L}$ طول
$V = \sqrt{\frac{FXL}{m}}$	طول طناب (m) جرم طناب kg
$V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$	بند سخت مقطع m^2 چگالی $\frac{kg}{m^3}$
$V = \frac{2}{d} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}}$	قطر (m)



اسماتی که موج در جهت یک درو طی می کند (۲) فاصله میان دو قله موج و یا دو گودی را گویند

$\lambda = \frac{v}{f}$ سرعت فرکانس	$\lambda = T \cdot v$ طول موج دوره
---	--

سرعت $\frac{m}{s}$
دوره (s)
طول موج m

نکته ۱۶: هرگاه دو موج با فرکانس های f_1 و f_2 در یک خط منتشر شوند سرعت آنها یکسان بوده و طول موج آنها یکسان نبوده و به نسبت عکس طول موج آنها است

$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{f_1}{f_2} \Leftrightarrow v_1 = v_2$

نکته (۱): اگر طول طناب را دو برابر کنیم جرم آن نیز ۲ برابر می شود و سرعت ثابت می ماند در نتیجه طول طناب در سرعت اثری ندارد

نکته (۲): اگر جرم طناب ثابت بماند سرعت با تغییر طول رابطه مستقیم دارد

نکته (۳): در حل مسائل سرعت تبدیل واحد ما

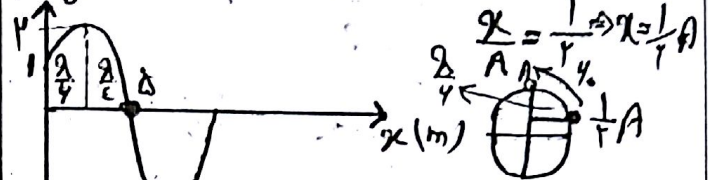
$\frac{g}{cm^3} \times 1000 \rightarrow \frac{kg}{m^3}$ $\frac{cm^2}{m^2} \times 10^{-4} \rightarrow \frac{m^2}{m^2}$

هم ترازوی λ با T و ν

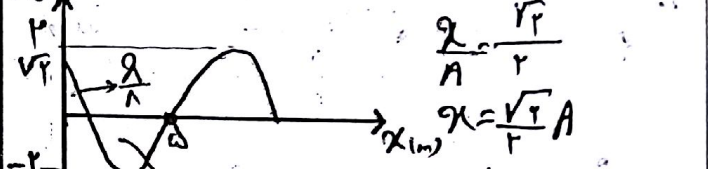
$$\lambda \equiv T \equiv \frac{1}{\nu}$$

$$\frac{T}{\nu} \equiv \frac{\lambda}{\nu} \quad \frac{T}{\nu} \equiv \frac{\lambda}{\nu}$$

در شکل نشان داده شود موج عبور از m امت



$$\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{4} = \delta \rightarrow \frac{\delta \lambda}{2} = \delta \rightarrow \lambda = 2m$$

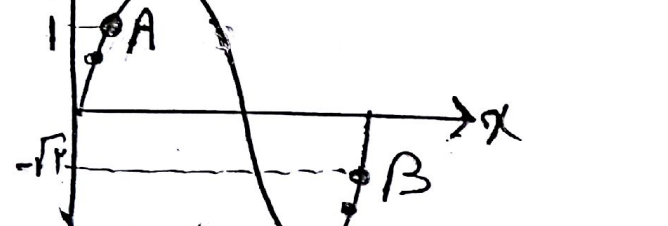


$$\frac{\lambda}{8} + \frac{\lambda}{8} = \delta \rightarrow \frac{\delta \lambda}{4} = \delta \rightarrow \lambda = 4m$$

مشخص نمودن فاز در هر نقطه از محیط انتشار

۱) ابتدا از رابطه $x = A \sin \varphi$ فاز نقطه

را بدست می آوریم
۲) جای خاصی را در دایره مربع مشخص می کنیم



$$x = A \sin \varphi$$

$$1 = 2 \sin \varphi \rightarrow \sin \varphi = \frac{1}{2}$$

$$\varphi = \frac{\pi}{6}$$

قبل نقطه A، بعد به سمت مرکز بین نامی دو تا:
 $\varphi_A = \pi - \frac{\pi}{6} = \frac{5\pi}{6}$

نقطه B:

$$x = A \sin \varphi_B$$

$$\sqrt{2} = 2 \sin \varphi_B \rightarrow \sin \varphi_B = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\varphi_B = \frac{\pi}{4}$$

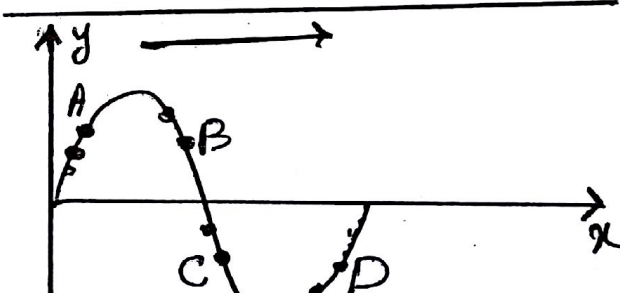
نقطه B: به قبل از نقطه B دو به دو می کنیم تا بعد از به سمت انتهای سید در دایره مربع در نیمه دوم

$$\varphi_B = \pi + \frac{\pi}{4} = \frac{5\pi}{4}$$

محاسبه اختلاف فاز بین دو نقطه از محیط:

۱) ابتدا جای خاصی را مشخص می کنیم
۲) از نقطه دورتر در دایره مربع (B)

مشخص نمودن جهت حرکت نقاط موج



در این انتشار موج، هر ذره از محیط حرکت خود را تکرار می کند

- نقطه A: بعد به سمت مرکز تا به انتهای اول
- نقطه B: بعد به سمت انتهای سید تا اول
- نقطه C: بعد به سمت مرکز تا به انتهای سید
- نقطه D: بعد به سمت انتهای سید تا به انتهای سید

$$\lambda = 2.0m \rightarrow \lambda = 1.8m$$

$$\lambda = T \cdot v \Rightarrow 1.8 = T \cdot 10 \rightarrow T = \frac{1}{10}$$

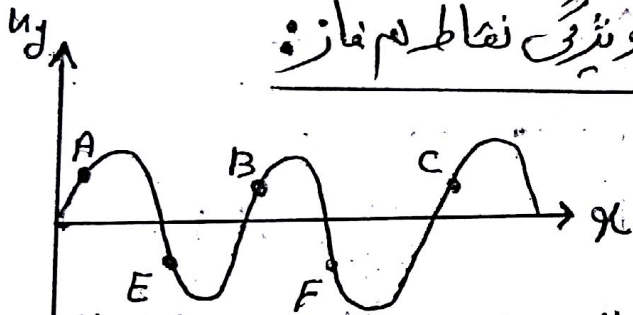
$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{1}{10} = \frac{10}{100} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{10}$$

نقطه M در زمان جامد است پس به نام موج سوم می رود

$$\frac{\lambda}{\lambda} = \frac{1}{10} \rightarrow$$

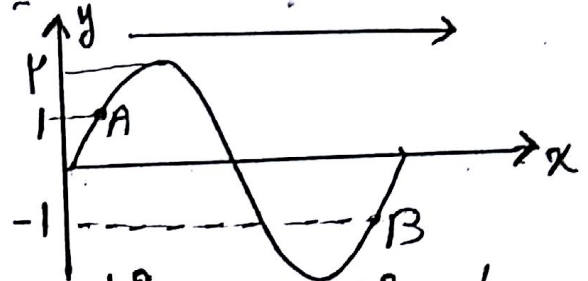
نقطه M در یک I است به انتهای سیم می رسد پس حرکت همواره کند می شود

و تشریح نقاط هم فاز:



نقاط هم فاز آنند که علامت و اندازه دامنه یکسان و علامت سرعت یکی باشد مانند نقطه A و B و نقاط E و F

بر روی دایره مرجع در خلاف جهت عقربه ساعت به نقطه نزدیکتر نقطه B می رویم. حال اختلاف فاز دو نقطه A و B را بدست آوریم



$$\text{نقطه A} \left| \frac{\varphi}{A} = \frac{1}{4} \right. \quad \text{نقطه B} \left| \frac{\varphi}{A} = \frac{3}{4} \right.$$

نقطه A به + علامت مثبت نام دارد
نقطه B به - علامت منفی نام می رسد

$$\Delta \varphi = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4}$$

$$\frac{\Delta \varphi}{AB} = \frac{\pi}{2}$$

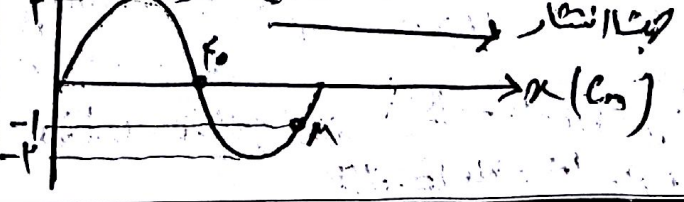
$$\Delta \varphi = \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$$

نکته: اگر فاصله بین دو نقطه مورد نظر از یک λ (یا 2π) بیشتر باشد اختلاف فاز 2π اختلاف می شود

محقق کردن موقعیت یک نقطه در یک خط

- ۱) ابتدا λ را از روی شکل بدست می آوریم.
- ۲) از روی $\lambda = T \cdot v$ مقدار T را بدست می آوریم.
- ۳) $\frac{\Delta t}{T}$ را تعیین کرده و Δt را بر حسب T می نویسیم.
- ۴) جایی و امپلیتود را مشخص می کنیم و به اندازه Δt جا می آید.

سوال: در بازه زمانی $0 \leq t \leq \frac{1}{10}$ ثانیه حرکت ذره M را مشخص کنید



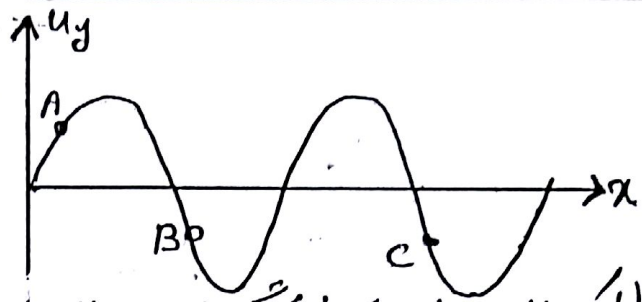
اختلاف فاصله بین دو نقطه $\Delta x = n \lambda$
اختلاف زمان رسیدن موج $\Delta t = n T$
اختلاف فاز بین دو نقطه $\Delta \varphi = 2n \pi$

نکته ۱: کمترین فاصله میان دو نقطه هم فاز $n=1$ برابر با $\Delta x = \lambda$ باشد.

نکته ۲: فاصله با یکدیگر و همچنین درجه با یکدیگر هم فازند

نکته ۳: فاصله بین دو نقطه متوالی و با درجه متوالی برابر با λ بوده که هم فازند.

وترنگ نقاط نامفاز (فاز مخالف یا فاز متقابل)



نقاطی که علامت دامنه همواره یکدیگر بوده و علامت سرعت حرکتی باشد مانند نقاط A با B و C

اختلاف فاصله بین دو نقطه $\Delta x = (2n-1) \frac{\lambda}{2}$

اختلاف زمان رسیدن $\Delta t = (2n-1) \frac{T}{2}$

اختلاف فاز بین دو نقطه $\Delta \varphi = (2n-1) \pi$

نکته (۱): کمتر فاصله بیان در نقطه ر فاز مخالف

$n=1$ برابر با $\frac{\lambda}{2}$ است.

نکته (۲): قله ها با دره ها ر فاز مخالف اند چون

فاصله بیان یک قله و دره مساوی برابر با $\frac{\lambda}{2}$ است.

نکته (۳): هرگاه فاصله بیان در نقطه را بداند و

نقاط هم فاز و یا نامفاز را میخواهد به صورت ضرب عمل کنیم.

همان π درج $\Delta \varphi = \frac{\Delta x}{\frac{\lambda}{2}} = \frac{\Delta t}{\frac{T}{2}} = \frac{\Delta \varphi}{2\pi} \Rightarrow \Delta \varphi = \frac{\Delta x}{\frac{\lambda}{2}} = \frac{\Delta t}{\frac{T}{2}}$

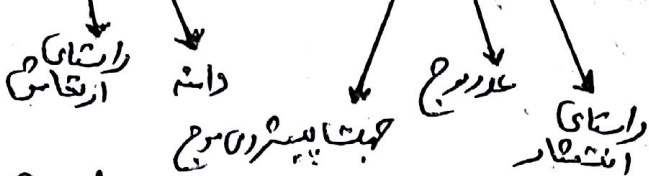
نکته: نقاط نامفاز در تمام زمان در هر نقطه با بعد سرعت و ثابت تابش λ قدرینه یکدیگر می باشد.

تابع موج: یک رابطه ریاضی است که موقعیت نوسانی ذرات را مشخص می کند.

مثالین تابع موج:

باید زاویه ای

$u = A \sin(\omega t + kx)$



نکته (۱): اگر اندیس u با x یا y یکی باشد موج طولی است و غیر این صورت عرضی است.

طولی $u_x = A \sin(\omega t - kx)$

عرضی $u_y = A \sin(\omega t - kx)$

نکته (۲): اگر موج در جهت محور x برود علامت (-) می گذاریم و اگر در خلاف جهت محور x برود علامت + می گذاریم.

در جهت محور $u_x = A \sin(\omega t - kx)$

در خلاف جهت محور $u_x = A \sin(\omega t + kx)$

فاز موج:

$\varphi = \omega t + kx$

برای هر نقطه از موج، فاز موج مقدار ثابتی است و با گذشتن زمان فاز موج ثابت می ماند چون همگام پیشروی موج شکل موج ثابت می ماند.

عدد موج (k) اختلاف فاز بین دو نقطه از خط انتشار که فاصله m از یکدیگر قرار دارند و برای آن واریان برقرار است.

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$, $k = \frac{\omega}{v}$

اختلاف فاز بین دو نقطه از سطح انتشار

$$\Delta\varphi = k\Delta x \quad \text{و} \quad \Delta\varphi = \frac{w}{v}\Delta x \quad \text{و} \quad \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$$

تغییر فاصله بین دو نقطه

نکته (۱): اختلاف فاز بین دو نقطه A و B مقدار ثابت است و با گذشت زمان تغییر نمی کند

یعنی اگر اختلاف فاز در نقطه t برابر با $\Delta\varphi$ باشد در لحظه t همان $\Delta\varphi$ است

نکته (۲): اگر موج به اندازه Δt زمان احتیاج داشته باشد تا از نقطه A به نقطه B برود اختلاف فاز به صورت زیر است:

$$\Delta\varphi = w\Delta t$$

نکته (۳): چون هنگام پیشروی موج شکل موج تغییر نمی کند باید فاز موج برای هر نقطه از موج ثابت بماند

نکته (۴): ثابت V_{max} به V هر نقطه از سطح انتشار صورت زیر است:

$$V_{max} = Aw \quad \text{و} \quad k = \frac{w}{v} \quad \frac{V_{max}}{v} = Ak$$

در موج

در موج

نکته (۵): هرگاه تابع موج را بداند معادله تریابی و یا سرعت یا ثابت را در نقطه t

در نقطه x و y بخواند در تابع

جای x عدد را قرار داده و معادله نویسی

نقطه مورد نظر بدست می آید

$$u = A \sin(2\pi t - 4\pi x) \Rightarrow x = \frac{1}{4} \text{ m}$$

$$y = A \sin(2\pi t - 6\pi x) = y = A \sin(2\pi t - \pi)$$

سوال: تابع موج مربعی که در یک هدایتگر سیم کشیده در z به صورت $y = 0.2 \sin(10\pi t - 4\pi x)$ است

سرعت ارتعاشی نقطه انتشار کمترین مقدار $x = 50 \text{ cm}$

مقدار دارد در لحظه $t = \frac{1}{100} \text{ s}$ $x = 1/5 \text{ m}$

$$y = 0.2 \sin(10\pi t - 4\pi x)$$

$$v = \frac{dy}{dt} = 0.2 \times 10\pi \cos(10\pi t - 4\pi x)$$

$$v = 2\pi \cos(10\pi \times \frac{1}{100} - 4\pi)$$

$$v = 2\pi \cos(\frac{\pi}{10} - 4\pi) = 1.01 \text{ cm/s}$$

نکته (۱۵): هرگاه معادله جسم را بداند و معادله یک نقطه باشد M را بخواند که در فاصله Δx از جسم است ابتدا $\Delta\varphi$ را بدست آورده و از فاز جسم کم می کنیم

نکته (۱۶): هرگاه معادله نقطه را بداند و معادله جسم را بخواند ابتدا $\Delta\varphi$ را بدست آورده و به فاز نقطه اضافه کرده تا فاز جسم بدست آید

$$u_0 = A \sin(wt) \Rightarrow u_A = A \sin(wt - \Delta\varphi)$$

$$\Delta\varphi = \frac{w}{v}\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$$

$$u_0 = A \sin(wt + \Delta\varphi)$$

سوال: موجی با سرعت 100 m/s در حلقه مشدیدی در اثر معادله $y = 0.2 \sin(200\pi t)$ در زمان $t = 1/100 \text{ s}$ در نقطه M در فاصله $1/4 \text{ m}$ از منبع است

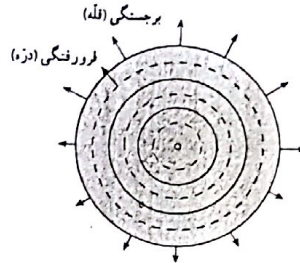
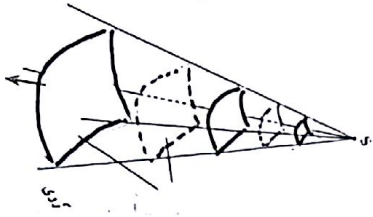
$$\Delta\varphi = \frac{w}{v}\Delta x = \frac{200\pi}{100} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}\pi$$

$$u_M = 0.2 \sin(200\pi t - \frac{1}{2}\pi)$$

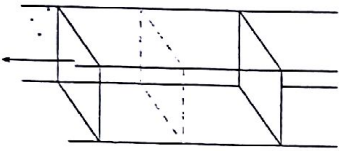
$$u = A \sin(200\pi t - 4\pi x) \Rightarrow x = \frac{1}{4} \text{ m}$$

$$y = A \sin(200\pi t - 6\pi x) = y = A \sin(200\pi t - \pi)$$

جهت موج: مکان هندسی نقطه مای از وسط هستند که تابع موج در آن ها دارای فاز یکسانی است



موج تخت: در فاصله ی بسیار دور از یک جبهه موج نقطه ای از قسمت های کوچکی از جبهه های موج کروی به صورت محلی های موازی دیده می شود در می آیند که به امواج موج تخت می گویند



بها موج های تخت

مفاد مربوط به جبهه موج:
۱) نقاطی که بر روی یک جبهه قرار دارند فاز یکسانی دارند در نتیجه اختلاف فاز میان نقاط واقع بر یک جبهه صفر است.

۲) برای مدتی که (فله ها) باغور رفتن ما (دره ها) در فاز مخالف و فاصله میان آنها $\lambda/2$ است.

۳) برای مدتی که ما با برآمدگی ها و دره ها با دره ها هم فاز بوده و فاصله میان آنها برابر با λ صحیح است.

نکته: امواج ایجاد شده در فنر و طناب در یک بعد

نکته: امواج ایجاد شده در سطح آب در دو بعد و امواج صوتی و امواج انسترو مقابله در سه بعد منتشر می شوند

نکته: در انتشار امواج در یک بعد دامنه ثابتی مانند

و کماد انتشار امواج در دو بعد و یا سه بعد دامنه کاهش یافته که کاهش دامنه در سه بعد بیشتر است

نکته: در موج های کروی دامنه نوسان ذره های محیط با فاصله ذره از جبهه موج نسبت وارون دارد

امواج دایره ای: هرگاه توسط یک سوزن که بپزد ضرب های را در راستای قائم به سطح آب وارد کنیم موج های ایجاد شده به صورت دایره های به مرکز جبهه موج ایجاد می شود

نکته: موج های سطح آب نمونه ای از انتشار موج در دو بعد (سطح) و این نوع موج عرضی است

موج کروی: اگر یک جبهه موج نقطه ای را در یک محیط هم انسترو سه بعدی قرار دهیم (لبه کروی کوچکی در هوا یا درون اتاق) جبهه های موج به صورت کره های فضا برد مانند امواج صوتی و نور

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{r_1}{r_2} = A \propto \frac{1}{r}$$

۱) در بازتابش از انتهای آزاد، قله به صورت قله برمیگردد و دره به صورت دره برمیگردد.

۲) در بازتابش از انتهای آزاد، اختلاف فاز مربع تابش و بازتابش صفر است. $\Delta\varphi = 0$

۳) اختلاف فاز دو موج تابش و بازتابش از انتهای آزاد در نقطه ای به فاصله x از انتهای عبارت است از $\Delta\varphi = 2kx$

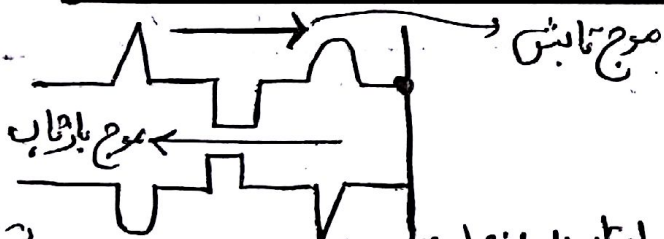
$$\varphi_1 = \omega t - kx \quad \varphi_2 = \omega t + kx \quad \Delta\varphi = 2kx$$

۴) تابع موج تابش و بازتاب به صورت زیر است.

$$u_1 = A \sin(\omega t - kx) \leftarrow \text{تابش}$$

$$u_2 = A \sin(\omega t + kx) \leftarrow \text{بازتابش}$$

بازتاب مربع از انتهای ثابت (مانع سخت)



۱) در بازتاب از انتهای ثابت، قله به صورت دره و دره به صورت قله برمیگردد.

۲) در بازتابش از انتهای ثابت، اختلاف فاز مربع تابش و بازتابش برابر π است.

۳) تابع موج تابش و بازتابش از انتهای ثابت به صورت زیر است.

$$u_1 = A \sin(\omega t - kx) \quad \text{موج تابش}$$

$$u_2 = A \sin(\omega t + kx \pm \pi) \quad \text{موج بازتاب}$$

رابطه انرژی موج (E) فرکانس f و P

$$E = 2\pi^2 m f^2 A^2 \quad \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \times \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

۱) با مجبه در فرکانس رابطه مستقیم دارد
۲) با مجبه در دامنه رابطه مستقیم دارد

رابطه انرژی در یک طناب در هوای برابر با $E = 2\pi^2 \mu v^2 f^2 A^2$

با اختلاف فاز 2π سرعت v و μ و m

$$E = 2\pi^2 \mu v^2 f^2 A^2$$

← فرکانس → دامنه

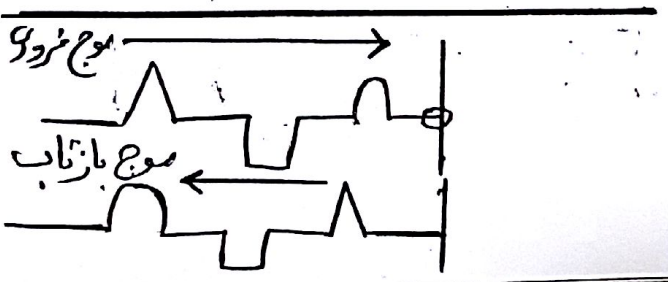
رابطه توان متوسط انتقال انرژی $P = 2\pi^2 \mu v^3 f^2 A^2$

$$P = 2\pi^2 \mu v^3 f^2 A^2$$

← فرکانس ← سرعت v → دامنه

نوع: توان انتقال انرژی عبوری از یک نقطه از طناب با گذشت زمان تغییر می کند و می توان متوسط انتقال انرژی از هر نقطه از طناب در مدت زمان یک دوره مقدار ثابت است.

بازتاب موج از مانع نرم (انتهای آزاد)

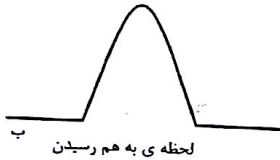


$$\vec{A}_T = \vec{A}_1 + \vec{A}_2 \quad \text{و} \quad u_T = u_1 + u_2$$

درهم نهی سازنده:

اگر دو تپ به صورت یکدیگر برآید یا به صورت فرو رفتن به هم برسند دانش ما با هم جمع می شوند و پس از بهم نهی هر تپ به راه خود ادامه خواهد داد.

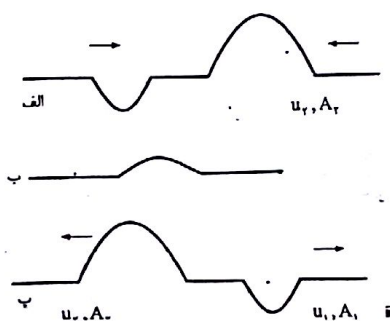
$$A_T = A_1 + A_2$$



درهم نهی ویراننده:

اگر یک تپ برآید و تپ دیگر فرو رفتن باشد درهم نهی موج‌ها ویراننده است که در فاز مخالف با یکدیگر هستند. جهت گرفتن در این بهم نهی دانش ما از بهم نهی و پس از بهم نهی هر تپ به راه خود ادامه خواهد داد و در یک حالت خاص که دانش ما سادی باشند دانش ما برآید برابر صغری است.

$$A_T = |A_1 - A_2|$$



اختلاف فاز و عرض تابش و بازتاب از انتهای ثابت در نقطه ای به فاصله x از انتها به صورت زیر است:

$$\psi_1 = \omega t - kx \quad \psi_2 = \omega t + kx + \pi \quad | \Delta \psi | = 2kx + \pi$$

با هنگام برخورد تپ تابشی به انتهای ثابت جایابی یادمانی انتهای ثابت صغری است.

نکته: هنگام برخورد تپ تابشی به حلقه یعنی انتهای آزاد از جایابی حلقه دو برابر جایابی سایر نقاط از وضع متقابل است.

درهم نهی یا تداخل امواج:

وقتی در یک محیط چند موج با دامنه های A_1 و A_2 و تابع ω و λ منتشر شده باشند در یک خطی که به هم برسند با هم تریب می شوند یعنی در یک فرقی روند و شکل جدیدی حاصل می شود با این عمل بهم نهی می گویند.

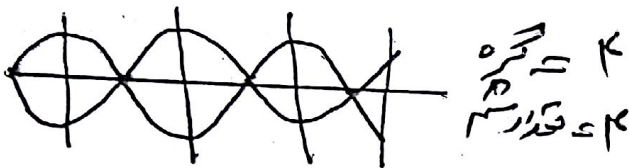
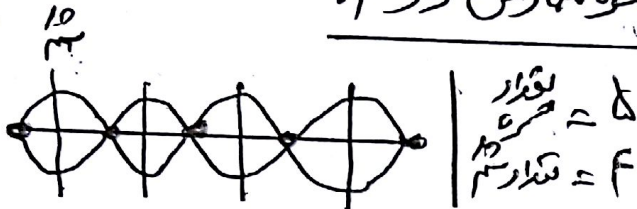
اصل بهم نهی موج ها:

هر موج در حال انتشار بدون آنکه سریا برع ما در میزند یعنی ایجاد کند به انتشار خود ادامه می دهد و در نقطه ای که دو یا چند موج با هم تلاطمی می کنند جایابی ذرات از محل در نقطه برخورد نظر برابر برآید جایابی Δ حاصل از هر یک از موج ها می باشد و یادمانی نقطه برخورد نظر برابر برآید دانش ما $A_T = A_1 + A_2$

نوع نوار: $\lambda = 10$

فاصله بین دو گره متوالی:	$\frac{\lambda}{2}$
فاصله بین دو شکم متوالی:	$\frac{\lambda}{2}$
فاصله گره از شکم مجاور:	$\frac{\lambda}{4}$

نوع نوارش گره و شکم:



ویژگی نقاط گره:

- ۱) همیشه نهی در موج در محل گره ها و پیرانشگیت
- ۲) جای گره ها در طول طناب تغییر نمی کند پس خسرو با جایها نمی شوند
- ۳) در موج در محل گره ها در فاز مخالف اند
- ۴) انرژی مکانیکی در محل گره ها صفر است چون دامنه صفر است $E=0$
- ۵) فاصله بین دو گره متوالی $\frac{\lambda}{2}$ است.

ویژگی شکم (پاز گره)

- ۱) همیشه نهی در موج در محل شکم سازنده است
- ۲) جای شکم ها در طول طناب ثابت و جایها نمی برود
- ۳) در موج در محل شکم ها هم فازند و اختلاف فاز
- ۴) انرژی مکانیکی در نقاط شکم همیشه است چون دامنه همیشه است
- ۵) فاصله بین دو شکم متوالی $\frac{\lambda}{2}$ است

فکته: اگر دو موج با دامنه های A_1 و A_2 با یکدیگر اختلاف فاز $\Delta\phi$ داشته باشند دامنه حاصل از برهم نهادن به صورت زیر است:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\phi}$$

نکته خاص: هرگاه تابع موج حاصل به صورت

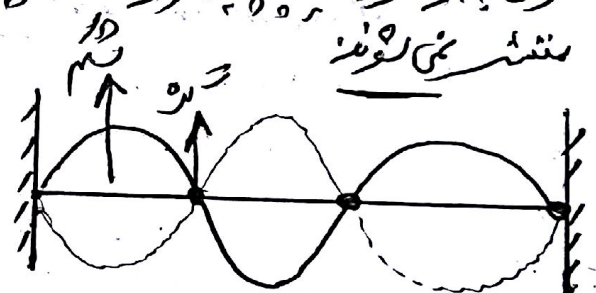
$$u = A \sin \omega t + B \cos \omega t$$

باشد دامنه حاصل به صورت زیر است:

$$A = \sqrt{A^2 + B^2}$$

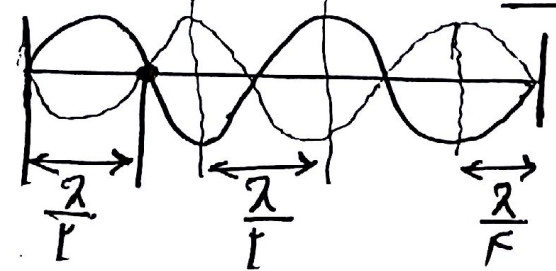
امواج ایستاده یا ساکن:

هرگاه دو موج هم دامنه هم بسازد و هم فاز در یک خط جهت منتشر شوند از برهم نهادن آنها اثرات شکل خاصی نیز بر روی امواج ایستاده گویند اصطلاح ایستاده یا ساکن به این معنی است که موج نای قوی به طرف راست یا چپ با هم رانتهای دیگر منتشر نمی شوند



گره ها: نقاط هتلا

شکم ها: نقاط هتلا که دامنه همیشه دارند



ویژگی امواج ایستاده (۱)

- ۱) در امواج ایستاده هر نقطه دانه سین در ارتعاشی مانند تره هفر و شکم بیستینه است
- ۲) در امواج ایستاده همه نقاط دارای فرکانس و دوره و پایداری یکسان اند
- ۳) جای تره و شکم ثابت بود و جایای می روند
- ۴) امواج ایستاده فقط حرکت ارتعاشی دارند چون جای تره و شکم ثابت است منتظر نمی روند

۵) حامل انرژی نمی باشد

۶) می تواند امواج عرضی یا طولی باشد

۷) در هر محیط کسان منتشر می شوند

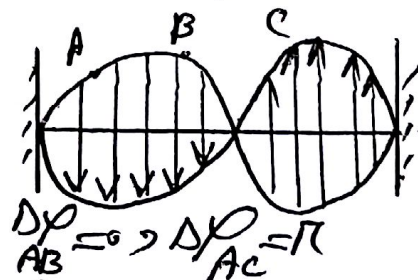
۸) سرعت در محیط برابر از وضع تعادل یکسان

نمی باشد چون دانه نقاط مختلف

مستقر است $v_{max} = A\omega$

۹) نقاط بین تره و شکم متوالی هم فاز بوده

دری با نقاط رابع رگره های دیگر در فاز مخالف می باشد



$\Delta \varphi_{AB} = 0$ و $\Delta \varphi_{AC} = \pi$

- ۱) بعد شکم در هر دوره ۲ با عرض می شود
- چون در هر دوره ۱ در هر شکم از تیره تعادل عبور می کنند

تابع موج ایستاده از تیره نفی از انتهای آزاد

$u_1 = A_1 \sin(\omega t - kx)$

$u_2 = A_2 \sin(\omega t + kx)$

$u_T = u_1 + u_2$

$u_T = 2A_1 \cos kx \sin \omega t$

$A = 2A_1 \cos kx$

تابع موج ایستاده از تیره نفی از انتهای ثابت

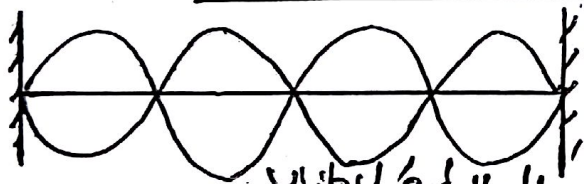
$u_1 = A_1 \sin(\omega t - kx)$

$u_2 = A_1 \sin(\omega t + kx + \pi)$

$u_T = u_1 + u_2 = 2A_1 \sin kx \cos \omega t$

$A = 2A_1 \sin kx$

ظباب دو سر بسته (۱)



۱۱) از رابطه طول ظباب

$L = n \frac{\lambda}{2}$ $n = \frac{L}{\lambda/2}$ $n = \frac{2L}{\lambda}$
 شماره تیره $n =$ شماره شکم $n =$ تیره - ۱

۲) طول ظباب ثابت با زیاد شدن n (تره یا شکم) طول موج λ می باشد

$\lambda = \frac{2L}{n}$

۳) فرکانس موج f_n

فرکانس موج f_n

$f_n = \frac{n v}{2L}$

طول (m)

$$\Delta\varphi = \frac{w}{v}(d_2 - d_1) \text{ و } \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)$$

ویژگی‌های تداخل سازنده
۱) اختلاف راه در محل تداخل:

$$\delta = n\lambda$$

۲) در نقطه m سهم برخوردی آید

$$A = A_1 + A_2 \quad ۳$$

۴) اختلاف فاز مرتب زوج $2n$ باشد

$$\Delta\varphi = 2n\pi$$

۵) نقطه m روی هدلولی متک (بیشترین) قرار می‌گیرد

ویژگی تداخل ویرایش

۱) اختلاف راه در محل تداخل:

$$\delta(d_2 - d_1) = (2n - 1)\frac{\lambda}{2}$$

۲) در نقطه m گره (نقطه ساکن) برخوردی آید

۳) اختلاف فاز مرتب فرد $2n - 1$ باشد

$$\Delta\varphi = (2n - 1)\pi$$

۴) نقطه m روی هدلولی ساکن (هدلولی کمینه) قرار دارد

$$A_T = |A_1 - A_2| \quad ۵) \text{ دامنه کل}$$

نکته: راه تشخیص تداخل سازنده و ویرایش

$$\frac{\Delta\varphi}{\pi} = \frac{\Delta x}{\frac{\lambda}{2}} = \frac{\Delta t}{T}$$

۴) هرگاه $n=1$ باشد کمترین فرکانس (بیشترین طول موج) حاصل می‌شود

۵) به ازای $n=1$ فرکانس موج اصلی تولید می‌شود

۶) تفاضل فرکانس‌های متوالی برابر با فرکانس موج اصلی است

$$F_3 - F_2 = F_1 \Rightarrow \Delta F = F_1$$

۷) فرکانس‌های n ام، $n+1$ ام، $n+2$ ام برابر فرکانس موج اصلی است

$$F_n = n F_1$$

۸) روابط مرتب، محاسبه سرعت در طناب

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

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

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho \pi r}}$$

$$v = \frac{2}{d} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi r}}$$

برهم‌کنش دو عبوری و تداخل امواج در سطح آب

دو حلقه هم‌فاز و هم‌بسیارده هم‌راستا امواج را در سطح آب تولید می‌کنند. نقاطی از سطح آب وجود دارد که با بیشترین دامنه ارتعاش می‌کنند. این نقاط شکم نامیده می‌شوند و نقاطی از سطح آب ساکن بوده و گره نامیده می‌شوند.

