



وقتی دریا خستگی اش را بر سر امواج خالی می کند
می شکنند خود را بی ریا در آغوش صخره ها
تا دریا آرام شود
امواج اساتید دریابند؛ درس زندگی می آموزند
دوست می دارم؛ طوفان دریا را ...

مرضیه اردستانی

موج مکانیکی



نویسنده: نوید ظریفیان
www.physics4physics.com
info@physics4physics.com
۰ ۹ ۱ ۲ ۸ ۲ ۰ ۵ ۶ ۷ ۷

بخش	موضوع	R اهمیت	T	صفحه
اول	سرعت انتشار	☆	☆	۲
دوم	نقش موج	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	۶
سوم	امواج ایستاده	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	۱۷

هر ستاره به معنی ۲۰٪ احتمال طرح در کنکور ۹۴ می باشد.

دفعات مرور این بخش: ۱- (/ /) □ - ۲ (/ /) □ - ۳ (/ /) □ - ۴ (/ /) □
خلاصه درس و مثال های آموزش: **موج مکانیکی**

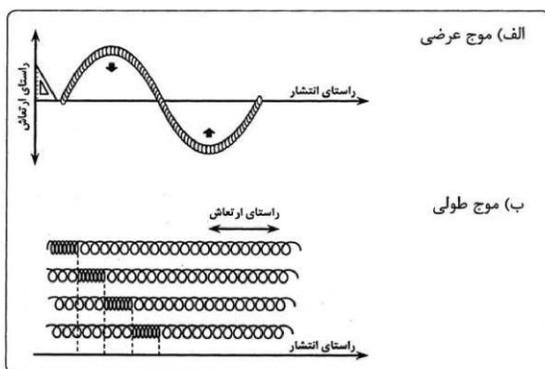
www.physics4physics.com

ماهیت موجهای مکانیکی

امواجی هستند که برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند. البته محیط مادی فقط عامل انتقال موج است. در واقع «این ذرات محیط نیستند که منتقل می شوند بلکه فقط ارتعاش منتقل می شود» هر ذره، حرکت ارتعاشی را به ذره بعدی می دهد. اگر نوسان دیگری به آن نرسد ساکن می شود. موج های مکانیکی انرژی مکانیکی را منتقل می کنند به عنوان مثال وقتی طنابی را به ارتعاش درمی آورید انرژی خود را به طناب منتقل می کنید از ابتدای طناب که در دست ماست انرژی تا انتهای طناب منتقل می شود. اگر انتهای طناب به جایی برخورد کند انرژی مکانیکی طناب بخشی به انرژی صوتی و بخشی به انرژی گرمایی تبدیل می شود و ممکن است بر روی جسمی که به آن برخورد کرده است، اثری بگذارد. در واقع امواج مکانیکی در محیطهایی کثیفان انرژی را انتقال می دهند.
به طور کلی می توان گفت:

انرژی امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی انتقال انرژی از نقطه ای به نقطه دیگر است.

امواج عرض و طولی از امواج مکانیکی هستند که به شرح آن ها می پردازیم.



- ۱- امواج عرضی: امواجی هستند که راستای انتشار آنها بر راستای ارتعاش عمود است. مثل امواج سطح آب یا یک تار مرتعش. (شکل الف)
- ۲- امواج طولی: امواجی هستند که راستای انتشار و ارتعاش یکسانی دارند. مانند امواج ایجاد شده در یک فنر. (شکل ب)

تپ موجها

یک سر فنری را به نقطه ای محکم کرده سر دیگر آن را برای یکبار تکان می دهیم، ممکن است به صورت عرضی یا طولی نوسانی ایجاد کرده باشیم این نوسان در طول فنر منتشر خواهد شد. در این حالت یک تپ (Pulse) خواهیم داشت.

موج های مکانیکی در محیط کثیفان یا الاستیک ایجاد و منتشر می شوند.

«به محیطی کثیفان گفته می شود که وقتی در آن تغییر شکلی ایجاد کرده و محیط را به حال خود رها کنیم، نیروهای کشسانی ایجاد شده بین اجزای محیط، محیط را به حالت اول خود برگرداند. بیش تر جامدات، مایعات و گازها محیط های کثیفان هستند.»
برای هر یک از حالت های ماده محیط کشسانی مثال می آوریم:

محیط کشسان جامد: اگر یک میله ی لاستیکی را خم کرده و رها کنید، دوباره به حالت اول بازمی گردد. بنابراین میله ی لاستیکی یک محیط کشسان است.

محیط کشسان مایع: توپ یا چوب پنبه ای را کمی داخل آب فرو برده تا سطح آب تغییر شکل دهد و سپس آن را رها کنید، سطح آب به حالت اول بازمی گردد. پس آب یک محیط کشسان است.

محیط کشسان گاز: بادکنک باد شده ای را تحت فشار قرار دهید و سپس آن را رها کنید، دوباره به حالت اول بازمی گردد. پس هوا نیز یک محیط کشسان است.

۱) موج عرضی: در محیط هایی منتشر می شوند که نیروی بین ذرات آن نسبتاً زیاد باشد. با این حساب، امواج عرضی فقط در جسم های جامد و سطح مایع دلیل کشش سطحی در سطح مایع) ایجاد و منتشر می شوند.

۲) موج طولی: امواج طولی در همه ی حالات ماده) ایجاد و منتشر می شوند.

اگر موج از یک محیط کشسان وارد محیط کشسان دیگر می شود، بسامد موج تغییر نخواهد کرد و ثابت می ماند.

سرعت انتشار موج در یک محیط کشسان، به بسامد نوسان چشمه ی موج بستگی ندارد.

سرعت انتشار موج به عوامل فیزیکی محیط مثل جنس، دما و فشار محیط بستگی دارد. سرعت انتشار به شرایط فیزیکی چشمه ی موج مثل دامنه، بسامد و انرژی مکانیکی نوسان بستگی ندارد.



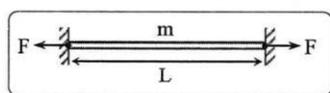
خلاصه درس و مثال های آموزش:
موج مکانیکی



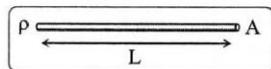
موج های سینوسی می توانند به صورت های طولی و یا عرضی ظاهر شوند منظور از سینوسی، یعنی اینکه ارتعاش آنها از فرمول $x = A \sin(\omega t + \phi_0)$ تبعیت می کند. و منظور از طولی یا عرضی این است که انتشار آنها می تواند هم راستا با ارتعاش باشد (طولی) و یا عمود بر ارتعاش باشد (عرضی). وقتی صحبت از سرعت انتشار می آید نباید با سرعت ارتعاش اشتباه گرفته شود.

سرعت انتشار موج

در یک تار یا طناب که با نیروی F از دو طرف کشیده شده است اگر L طول سیم، m جرم سیم و F نیروی کشش سیم باشد $\mu = \frac{m}{L}$ جرم یکای طول سیم بوده و اگر در طول سیم ارتعاشی ایجاد شود سرعت انتشار امواج مکانیکی در آن از رابطه زیر محاسبه می شود.



$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \left(\frac{m}{s}\right) \rightarrow \mu = \frac{m}{L} \rightarrow v = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$



الف) تار مرتعش به طول L سطح مقطع A و چگالی ρ مفروض است. در این صورت خواهیم داشت:

$$m = \rho V = \rho AL \Rightarrow \mu = \frac{m}{L} = \rho A \Rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

اگر بخواهیم نسبت سرعت موج در دو تار ۱ و ۲ را به دست آوریم در حالی که D قطر سیم به کار رفته است خواهیم داشت:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \quad A = \pi \frac{D^2}{4} \rightarrow v = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{D_1}{D_2} \sqrt{\left(\frac{F_2}{F_1}\right) \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)}$$

ب) با توجه به رابطه $v = \sqrt{\frac{F\ell}{m}}$ اگر طول سیم بلند یا کوتاه شود به همان نسبت جرم هم زیاد و یا کم می شود بدین ترتیب تغییر طول سیم تأثیری در تغییر سرعت موج ندارد.

سرعت انتشار تابع ویژگی های محیط است (جنس، دما و ...) و ویژگی های چشمه مانند (بامد، دوره، دامنه و ...) بستگی ندارد



مثال ۱
به یک فنر ضربه ای وارد می کنیم تا مرتعش شود. تب حاصل با سرعت معینی در طول آن انتشار می یابد. اگر با ضربه ی شدیدتری دامنه ارتعاش را دو برابر کنیم. سرعت انتشار تب در فنر:
(۱) دو برابر می شود. (۲) $\sqrt{2}$ برابر می شود.
(۳) نصف می شود. (۴) تغییر نمی کند.

Jarifian

مثال ۲
در یک تار مرتعش به چگالی $8 \frac{g}{cm^3}$ و سطح مقطع $1mm^2$ امواج عرضی با بسامد $200 Hz$ منتشر می شود. اگر فاصله ی دو قله ی متوالی موج برابر با $5m$ باشد، نیروی کشش این تار چند نیوتون است؟
(۱) ۸۰ (۲) ۱۲۸۰
(۳) 8×10^4 (۴) 5×10^{-5}

Jarifian

مثال ۳
سرعت انتشار موج در یک ریسمان برابر $100 \frac{m}{s}$ است. اگر ریسمان با نیروی کشش $100 N$ بین دو نقطه کشیده شده باشد، جرم هر سانتی متر از طول ریسمان چند گرم است؟
(۱) ۱۰ (۲) ۰/۱
(۳) ۰/۰۱ (۴) ۱۰۰

Jarifian



خلاصه درس و مثال های آموزش:
موج مکانیکی



مثال ۳
ریسمانی را با نیروی کشش F بین دو نقطه بسته ایم. اگر یک آشفتگی در آن ایجاد شود با سرعت v در ریسمان منتشر می شود. اگر ریسمان را به دو قسمت مساوی تقسیم کنیم و یک نیمه آن را با همان نیروی کشش بکشیم، سرعت انتشار موج در آن چند برابر v می شود؟

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

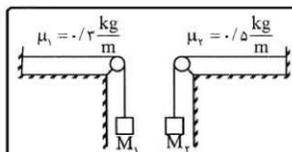
Garifian

مثال ۵
در شکل مقابل دو طناب هم جنس بین دو نقطه با نیروی F بسته شده اند. یک آشفتگی از طناب (۱) به سوی طناب (۲) در حرکت است. سرعت انتشار آشفتگی در طناب (۲) نسبت به طناب (۱) چگونه است؟



- (۱) بیشتر است.
(۲) کمتر است.
(۳) مساوی است.
(۴) هر سه حالت ممکن است.

Garifian



مثال ۶
در شکل مقابل نسبت $\frac{M_1}{M_2}$ کدام باشد تا سرعت انتشار موج در سیم M_1 دو برابر سرعت موج در سیم M_2 شود؟

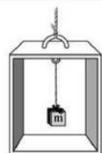
- (۱) $1/2$
(۲) $5/12$
(۳) $5/6$
(۴) $2/4$

Garifian

مثال ۷
نیروی کشش تار A برابر 40 N و تار B ، 30 N است. اگر قطر مقطع و سرعت انتشار در دو تار برابر باشد، نسبت چگالی تار A به چگالی تار B کدام است؟

- (۱) $16/9$
(۲) $9/16$
(۳) $3/4$
(۴) $4/3$

Garifian



مثال ۸
در شکل مقابل، جسمی به جرم $m = 2\text{ kg}$ توسط طنابی به سقف یک آسانسور آویخته شده است و آسانسور با سرعت ثابت در راستای قائم به سمت بالا حرکت می کند. اگر ناگهان حرکت آسانسور با شتاب 2 m/s^2 کند شود، سرعت انتشار امواج عرضی در طناب چند برابر می شود؟ (از جرم طناب در مقایسه با جرم m صرف نظر می شود.)

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

Garifian

مثال ۹
دوره ی نوسان های کم دامنه ی آونگ ساده ای 0.2 s جرم طناب آن 5 g و جرم گلوله ی متصل به آن 2 kg است. سرعت انتشار امواج عرضی در طناب آونگ تقریباً چند متر بر ثانیه است؟ ($\pi^2 = g = 10\text{ m/s}^2$)

- (۱) $10\sqrt{10}$
(۲) 100
(۳) $20\sqrt{10}$
(۴) 200

Garifian



تست های سراسری ده سال اخیر:
موج مکانیکی



۱۰ - سیمی با چگالی $8 \frac{g}{cm^3}$ و سطح مقطع یک میلی متر مربع، بین دو نقطه با نیروی 80 نیوتون کشیده شده است. سرعت انتشار موج عرضی در این سیم، چند متر بر ثانیه است؟

- ۸۶
رشته ریاضی
- ۱۰۰ (۱)
 - ۲۰۰ (۲)
 - ۳۰۰ (۳)
 - ۴۰۰ (۴)

۱۱ - مساحت مقطع یک سیم 10^{-6} متر مربع و چگالی آن $6/4 gr/cm^3$ است. اگر این سیم با نیروی 4 نیوتون کشیده شود، سرعت انتشار امواج عرضی در آن چند متر بر ثانیه است؟

- ۸۸
- ۲۵ (۱)
 - ۵۰ (۲)
 - ۲۵۰ (۳)
 - 5×10^2 (۴)

۱۲ - قطر مقطع یک سیم مرتعش یک میلی متر، چگالی آن $8 \frac{gr}{cm^3}$ و طول آن $80 cm$ است. اگر یک موج عرضی در مدت 0.2 ثانیه طول سیم را طی کند، نیروی کشش سیم چند نیوتون است؟ ($\pi = 3$)

- ۸۹
- ۴/۸ (۱)
 - ۹/۶ (۲)
 - ۱۲/۴ (۳)
 - ۱۶/۲ (۴)

۱۳ - تار به جرم 160 گرم و به طول $80 cm$ بین دو نقطه با نیروی کشش 20 نیوتون محکم بسته شده است. سرعت انتشار امواج عرضی در این تار چند متر بر ثانیه است؟

- ۸۸
رشته تجربی
- ۱۰ (۱)
 - ۲۰ (۲)
 - ۴۰ (۳)
 - ۱۰۰ (۴)

۱۴ - سرعت انتشار موج عرضی در یک تار، $100 \frac{m}{s}$ است. نیروی کشش این تار را چند درصد افزایش دهیم، تا سرعت انتشار موج در آن به $110 \frac{m}{s}$ برسد؟

- ۹۱
- $\sqrt{10}$ (۱)
 - ۱۰ (۲)
 - $\sqrt{21}$ (۳)
 - ۲۱ (۴)



مبحث: درسیافته تفصیلی فیزیک چهارم موج های مکانیکی

استاد: استاد نوید ظریفیان

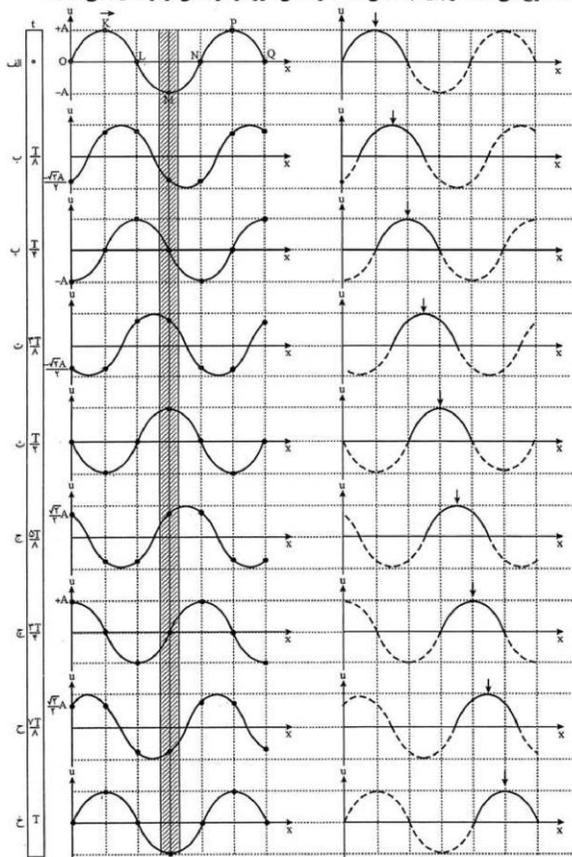
خلاصه درس ومثال های آموزش:
موج مکانیکی

دفعات مرور این بخش: ۱- (/ /) □ -۲ (/ /) □ -۱
۳- (/ /) □ -۴ (/ /) □



نقش یا شکل موج

ما وضعیت نوسان هر ذره را در فصل قبل بررسی کردیم؛ حال در این فصل بینهایت از این ذرات را کنار هم گذاشته ایم و از آنها خواسته ایم تا با یک نظم خاص نوسان کنند! چیزی که از دور مشاهده میشود یک حرکت سینوسی است! این در حالی است که هیچ یک از ذرات به چپ و راست نرفته اند و فقط بالا و پایین شده اند. این یک موج عرضی است، زیرا جهت ارتعاش عمودی و جهت انتشار افقی است. موج به سمت راست میرود و هر نقطه با یک تاخیر زمانی مشخص از نفر سمت چپی خود تقلید میکند! نفر اول را چشمه موج می نامند و بقیه با همان دامنه و همان دوره و فرکانس از او تقلید می کنند.



هر ذره از نفر صلیب خود تقلید می کند!

$$K = \frac{\Delta\phi}{\Delta x} = \frac{\omega}{V} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

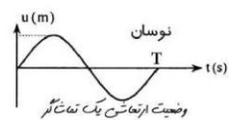
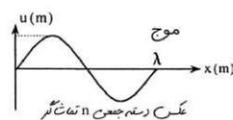
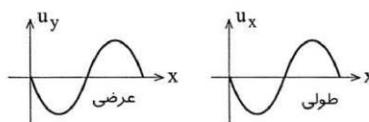
$$V = f\lambda \quad \lambda = VT$$

تابع موج

$$u_y = A \sin(\omega t + \phi \pm Kx)$$

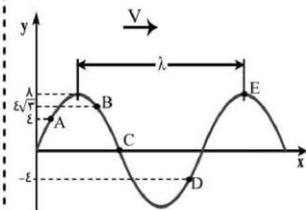
خلاف جهت موج
در جهت موج

تشخیص طول یا عرض بودن:



تفاوت !!

بدست آوردن فاز ذرات از نقش موج:



نقطه	A	B	C	D	E
فاز	$\frac{\Delta\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$	صفر	$\frac{7\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$

- * اگر نظرات بعد موج را خواستند مبدأ را در خلاف جهت انتشار حرکت بده! و بالعکس.
- * اختلاف فاز میان دو نقطه از یک موج همواره مقداری ثابت است.
- * فاز موج در گذر زمان تغییر نمی کند.

همفاز	$\Delta x = 2n \frac{\lambda}{2}$	$\Delta\phi = 2n\pi$	$\Delta t = 2n \frac{T}{2}$
فازمخالف	$\Delta x = (2n - 1) \frac{\lambda}{2}$	$\Delta\phi = (2n - 1)\pi$	$\Delta t = (2n - 1) \frac{T}{2}$

نقطه هم فاز و فاز مخالف:



خلاصه درس و مثال های آموزشی:
موج مکانیکی



مثال ۱۴

- چشمه موجی در یک محیط کشسان موج گسیل می کند. اگر دامنه نوسان چشمه را دو برابر کنیم سرعت پیشروی موج در محیط چه تغییری می کند؟
 (۱) دو برابر می شود. (۲) نصف می شود. (۳) تغییر نمی کند. (۴) چهار برابر می شود.
- اگر بسامد چشمه موجی دو برابر شود، سرعت انتشار موج در همان محیط
 (۱) ثابت می ماند (۲) نصف می شود (۳) دو برابر می شود (۴) $\sqrt{2}$ برابر می شود
- طول موجی در هوا نصف طول موج آن در محیط دیگر است. بسامد موج در هوا چند برابر بسامد آن در محیط دوم است؟
 (۱) ۲ (۲) ۱ (۳) $\frac{1}{2}$ (۴) $\frac{1}{4}$
- یک موج ساده سینوسی، در طول طناب یکنواختی در حال انتشار است. اگر فقط بسامد نوسانات چشمه را افزایش دهیم
 (۱) طول موج افزایش می یابد. (۲) سرعت انتشار امواج افزایش می یابد. (۳) سرعت پیشینه نوسانات ذرات در محیط انتشار افزایش می یابد. (۴) دامنه نوسانات کاهش می یابد.

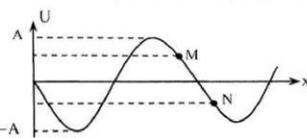
Zarfifian



$$V = f \lambda$$

مثال ۱۵

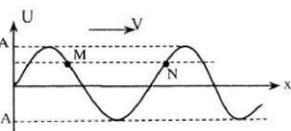
- در شکل روبه رو انتشار موجی عرضی در یک طناب در یک لحظه نشان داده شده است. کدام گزینه در مورد نقاط M و N درست است؟
 (۱) سرعت آن ها قرینه ی یکدیگر است.
 (۲) هم فاز هستند.
 (۳) شتاب آن ها قرینه ی یکدیگر است.
 (۴) در فاز متقابل هستند.



Zarfifian

مثال ۱۶

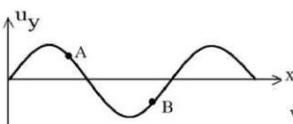
- شکل روبه رو موجی عرضی را که در جهت محور x ها در طول طناب منتشر می شود در یک لحظه نشان می دهد. کدام گزینه درباره ی دو نقطه درست است؟
 (۱) هم فاز هستند.
 (۲) حرکت M تندشونده و حرکت N کندشونده است.
 (۳) شتاب آن ها قرینه است.
 (۴) سرعت آن ها قرینه است.



Zarfifian

مثال ۱۷

با توجه به نقش موج روبه رو، کدام گزینه سرعت ذرات A و B و همچنین سرعت انتشار را درست نشان می دهد؟

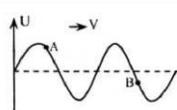


- (۱) (۲) (۳) (۴)

Zarfifian

مثال ۱۸

در شکل روبه رو انتشار موج در یک طناب نشان داده شده است. با توجه به جهت پیشروی موج در لحظه ی نشان داده شده سرعت A و سرعت B و بزرگی سرعت A از بزرگی سرعت B است.



- (۱) منفی، منفی، کمتر
 (۲) مثبت، مثبت، کمتر
 (۳) مثبت، مثبت، بیشتر
 (۴) مثبت، منفی، بیشتر

Zarfifian



مبحث: درسیافته تفصیلی فیزیک چهارم موج های مکانیکی

استاد: استادنوید ظریفیان

خالصه درس ومثال های آموزش:
موج مکانیکی



مثال ۱۹

شکل روبه رو، نمودار جابه جایی - زمان چشمه ی موج را واقع در مکان $x = 0$ نشان می دهد. اگر موج حاصل از چشمه در یک طناب در جهت محور x منتشر شود، نقش این موج در لحظه $t = 0$ کدام است؟

Garifian

مثال ۲۰

موجی مطابق شکل در حال انتشار است و دوره ی آن T است. پس از $\frac{3T}{8}$ از لحظه ی نشان داده شده در شکل کدام گزینه نقش موج را درست نشان می دهد؟

Garifian



مثال ۲۱

شکل روبه رو یک لحظه از یک موج رونده را نشان می دهد. کمترین زمان لازم برای آن که بُعد نقطه ی M صفر شود چند برابر زمانی است که بُعد نقطه ی N صفر می شود؟

(۱) $\frac{1}{5}$	(۲) ۱
(۳) ۲	(۴) ۵

Garifian

مثال ۲۲

موجی با دوره ۱س و سرعت انتشار $۱۲cm/s$ در محیط کنسسانی در حال انتشار است. فاصله ی سومین نقطه در فاز مخالف با منبع، از منبع چند سانتی متر است؟

(۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۳۰ (۴) ۴۰

Garifian

مثال ۲۳

موجی در یک طناب با سرعت $۱/۲m/s$ منتشر می شود. اختلاف فاز دو نقطه از طناب که به فاصله ی $۱/۵$ متر از یکدیگر قرار دارند در لحظه ی $t_1 = ۱s$ برابر $\frac{\pi}{6}$ است. اختلاف فاز این دو نقطه در لحظه ی $t_2 = ۴s$ چند رادیان و طول موج این موج چند متر است؟

(۱) $۱۲, \frac{\pi}{6}$ (۲) $۱۲, \frac{\pi}{4}$ (۳) $۱۸, \frac{\pi}{6}$ (۴) $۱۸, \frac{\pi}{4}$

Garifian



خلاصه درس و مثال های آموزشی:
موج مکانیکی



مثال ۱۱۴
نمودار مکان-زمان یک نقطه از محیط انتشار موجی و نمودار بُعد-مکان موج (نقش موج) در شکل های روبه رو رسم شده است. تابع موج کدام گزینه زیر می تواند باشد؟

(۱) $u = 0.2 \sin(1 \cdot \pi t - \frac{\pi}{2} x)$
(۲) $u = 0.2 \sin(2 \cdot \pi t - \frac{\pi}{2} x)$
(۳) $u = 0.2 \sin(1 \cdot \pi t - \pi x)$
(۴) $u = 0.2 \sin(2 \cdot \pi t - \pi x)$

Garifian

مثال ۱۱۵
شکل های روبه رو، نقش یک موج را در دو لحظه t_1 و t_2 نشان می دهد که در یک محیط و در جهت محور x در حال انتشار است. علامت پیکان، یک قله ی موج را در دو لحظه نشان می دهد. اگر $t_2 - t_1 = 0.25$ s باشد، تابع این موج کدام گزینه می تواند باشد؟

(۱) $u = 0.5 \sin(\frac{200\pi}{3} t - \frac{25\pi}{9} x)$
(۲) $u = 0.5 \sin(\frac{100\pi}{3} t - \frac{25\pi}{9} x)$
(۳) $u = 0.5 \sin(\frac{200\pi}{3} t - \frac{25\pi}{3} x)$
(۴) $u = 0.5 \sin(\frac{100\pi}{3} t - \frac{25\pi}{3} x)$

Garifian

مثال ۱۱۶
نمودار روبه رو نقش یک موج را در یک لحظه ی معین نشان می دهد. اختلاف راه بین نقطه های M ، N بر حسب λ کدام است؟

(۱) $\frac{2}{3} \lambda$
(۲) $\frac{2}{3} \lambda$
(۳) $\frac{5}{6} \lambda$
(۴) $\frac{2}{3} \lambda$

Garifian

مثال ۱۱۷
تابع موجی در SI به صورت $U = 0.5 \sin(\frac{50\pi}{3} t - 4\pi x)$ و نقش موج آن مطابق شکل زیر است. کم ترین زمان لازم برای آن که موج از نقطه ی M به نقطه ی N برسد چند ثانیه است؟

(۱) ۰/۱۲
(۲) ۰/۱۱
(۳) ۰/۰۵
(۴) ۰/۱۴

Garifian

مثال ۱۱۸
تابع موجی در SI به صورت $U = 4 \times 10^{-2} \sin(2 \cdot \pi t - 5\pi x)$ است، فاز این موج در لحظه ی t_1 و مکان x_1 ، چند برابر فاز موج آن پس از گذشتن زمان $t = 8$ s است؟

(۱) ۲
(۲) ۴
(۳) ۱
(۴) ۲/۵

Garifian

مثال ۱۱۹
نقش دو موج مکانیکی عرضی A و B را در یک لحظه و در یک محیط مشاهده می کنید، کدام گزینه صحیح است؟

(۱) سرعت انتشار A کمتر است.
(۲) سرعت انتشار B کمتر است.
(۳) طول موج A کمتر است.
(۴) دوره ی موج B بیشتر است.

Garifian



خلاصه درس و مثال های آموزشی:
موج مکانیکی



مثال ۱۱۱

معادله ارتعاش دو نقطه از یک محیط در راستای انتشار موج به صورت $y_A = 5 \sin 40\pi t$ و $y_B = 5 \sin (40\pi t - \frac{2\pi}{3})$ است. سرعت انتشار موج 3 m/s است. اگر بین دو نقطه، یک نقطه هم فاز با نقطه دوم باشد، فاصله دو نقطه چند سانتی متر است؟

(۱) ۵۰ (۲) ۳۰ (۳) ۲۰ (۴) ۵



Zarfian

مثال ۱۱۲

روی یک طناب، دو نقطه به فاصله ۱۲ سانتی متر مشخص شده است. در حالی که یک سر طناب در حال ارتعاش است، دو نقطه یاد شده در فاز مخالفند. بسامد ارتعاش را زیاد می کنیم تا دو نقطه هم فاز شوند، بسامد نسبت به حالت قبل چند برابر شده است؟

(۱) $\frac{1}{2}$ (۲) $\frac{4}{3}$ (۳) ۲ (۴) بسته به شرایط، هر سه حالت ممکن است رخ دهد.



Zarfian

مثال ۱۱۳

موجی با بسامد 200 Hz در یک طناب منتشر می شود و اختلاف فاز بین دو نقطه از طناب $\frac{\pi}{6}$ رادیان است. اگر موجی با بسامد 300 Hz در همان طناب منتشر شود، اختلاف فاز بین همان دو نقطه چند رادیان می شود؟

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

Zarfian

مثال ۱۱۴

موجی در یک تار منتشر می شود و دو نقطه A و B که در یک طرف چشمه موج قرار دارند با چشمه موج در فاز مخالف هستند. اگر $AB = 30 \text{ cm}$ باشد، طول موج کدام مقدار زیر می تواند باشد؟

(۱) 10 cm (۲) 20 cm (۳) 60 cm (۴) 120 cm

Zarfian



خلاصه درس و مثال های آموزشی:
موج مکانیکی



مثال ۳۳۴
موجی با بسامد ۵۰ Hz و سرعت $200 \frac{m}{s}$ در یک تار منتشر می شود. اگر O چشمه موج باشد، اختلاف فاز دو نقطه A و B در شکل کدام است؟

OB = ۱۵۰ Cm , OA = ۲۵۰ Cm

π (۱)	2π (۲)
$\frac{\pi}{2}$ (۳)	$\frac{3\pi}{2}$ (۴)

Zarifian

مثال ۳۳۵
روی یک طناب دو نقطه مشخص شده است. در حالی که یک سر طناب با بسامد ۱۵۰ Hz در حال ارتعاش است، دو نقطه ی یاد شده در فاز مخالف بوده و فاصله ی آن ها از هم $\frac{3\lambda}{4}$ است، بسامد ارتعاش را حداقل چند هرتز افزایش دهیم تا دو نقطه هم فاز شوند؟

۱۰۰ (۱)	۲۵۰ (۲)
۲۰۰ (۳)	۵۰ (۴)

Zarifian

مثال ۳۳۶
موجی با فرکانس f در طنابی به شکل زیر منتشر شده است. بدون تغییر طناب، نیروی کشش طناب ۴ برابر و موجی با فرکانس $\frac{3}{4}f$ در آن منتشر می شود. در این صورت اختلاف فاز دو نقطه A و B چند رادیان می شود؟

$\frac{9\pi}{8}$ (۱)	$\frac{9\pi}{16}$ (۲)
$\frac{3\pi}{2}$ (۳)	$\frac{9\pi}{2}$ (۴)

Zarifian

مثال ۳۳۷
موجی در یک محیط در حال انتشار است و معادله نوسان دو نقطه M و N داده شده است، اگر فاصله این دو نقطه ۲ سانتیمتر و سرعت انتشار در محیط ۲۲ سانتیمتر بر ثانیه باشد، θ چند رادیان است؟

$$U_M = A \sin(200\pi t + \frac{\pi}{4})$$

$$U_N = A \sin(200\pi t + \theta)$$

$\frac{\pi}{6}$ (۱)	$\frac{\pi}{8}$ (۲)
$\frac{\pi}{12}$ (۳)	$\frac{\pi}{14}$ (۴)

Zarifian

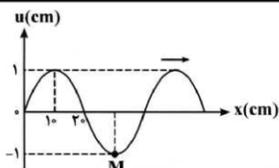
مثال ۳۳۸
شکل مقابل، نقش موجی که در جهت مثبت محور x ها در یک محیط همگن منتشر می شود را در یک لحظه نشان می دهد. کم ترین زمانی که طول می کشد تا وضع ارتعاشی نقطه ی M مانند وضع ارتعاشی نقطه ی N در لحظه ی نشان داده شده شود، چند برابر دوره ی نوسانات ذرات محیط انتشار است؟

$\frac{1}{4}$ (۱)	$\frac{5}{12}$ (۲)
$\frac{7}{12}$ (۳)	$\frac{1}{2}$ (۴)

Zarifian



تست های سراسری ده سال اخیر:
موج مکانیکی



۳۹- شکل موجی در لحظه $t = 0$ مطابق شکل است. موج با سرعت $\frac{4}{5} \frac{m}{s}$ در حال انتشار در سوی محور x است. سرعت نقطه M از این محیط در لحظه $t = 0.25s$ چند $\frac{cm}{s}$ است؟

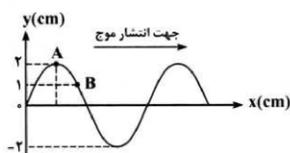
- ۱) -10π (۱)
۲) $+10\pi$ (۲)
۳) -20π (۳)
۴) $+20\pi$ (۴)

۴۰- معادله ارتعاشی یک چشمه موج در SI به صورت $u_O = 2 \times 10^{-2} \sin(40\pi t + \frac{\pi}{6})$ است. این موج در محیط یک بعدی (راستای محور x) منتشر می شود. اگر این موج در خلاف جهت محور x با سرعت $\frac{12}{5} \frac{m}{s}$ انتشار یابد، معادله حرکت نوسانی نقطه M از این محیط که به فاصله 25 cm از چشمه موج قرار دارد، کدام است؟

- ۱) $u_M = -2 \times 10^{-2} \sin(40\pi t)$ (۱)
۲) $u_M = 2 \times 10^{-2} \sin(40\pi t + \frac{2\pi}{3})$ (۲)
۳) $u_M = 2 \times 10^{-2} \sin(40\pi t + \frac{5\pi}{6})$ (۳)
۴) $u_M = 2 \times 10^{-2} \sin(40\pi t + \frac{7\pi}{6})$ (۴)

۴۱- منبع تولید موج با معادله $y = 0.4 \sin 10\pi t$ (در SI) نوسان می کند و موج حاصل با سرعت $\frac{2}{5} \frac{m}{s}$ در محیط منتشر می شود. نقطه ای از محیط که در فاصله 10 سانتی متری از منبع قرار دارد، در لحظه $t = \frac{1}{30} s$ در چند سانتی متری از وضع تعادل خود قرار دارد؟

- ۱) صفر (۱)
۲) ۱ (۲)
۳) ۴ (۳)
۴) $2\sqrt{3}$ (۴)

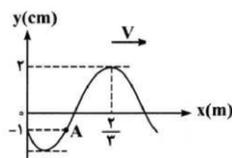


۴۲- شکل مقابل انتشار موج را در یک طناب نشان می دهد. اختلاف فاز دو نقطه A و B چند رادیان است؟

- ۱) $\frac{\pi}{2}$ (۱)
۲) $\frac{\pi}{3}$ (۲)
۳) $\frac{\pi}{4}$ (۳)
۴) $\frac{\pi}{6}$ (۴)

۴۳- موجی در یک محیط در حال انتشار است و معادله مکان نقطه A به صورت $y_A = 5 \sin(4\pi t - \frac{\pi}{6})$ است که در آن y بر حسب سانتی متر و t بر حسب ثانیه است. اگر در یک لحظه معین مکان نقطه A برابر 3 cm باشد، اندازه ای که همان نقطه 125 ثانیه بعد، چند سانتی متر می شود؟

- ۱) ۴ (۱)
۲) ۵ (۲)
۳) $3\sqrt{3}$ (۳)
۴) $4\sqrt{3}$ (۴)



۴۴- نقش موجی در لحظه $t = 0$ مطابق شکل است. اگر سرعت انتشار موج $10 \frac{m}{s}$ باشد، در لحظه $t = \frac{1}{60} s$ مکان نوسانگر A چند سانتی متر است؟

- ۱) -۱ (۱)
۲) ۲ (۲)
۳) -۲ (۳)
۴) ۱ (۴)

۴۵- معادله یک منبع ارتعاشی در SI به صورت $y = 0.1 \sin(12\pi t + \frac{\pi}{3})$ است و نقطه ای که در فاصله 25 سانتی متری میبدا قرار دارد با میبدا $\frac{\pi}{4}$ اختلاف فاز دارد. سرعت انتشار موج حداکثر چند متر بر ثانیه است؟

- ۱) ۴ (۱)
۲) ۶ (۲)
۳) ۱۰ (۳)
۴) ۱۲ (۴)



مبحث: در ستامه تفصیلی فیزیک چهارم موج های مکانیکی

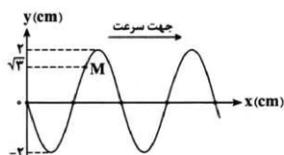
استاد: استاد نوید ظریفیان

تست های سراسری ده سال اخیر:
موج مکانیکی



۴۶- تابع موجی به صورت $u_x = A \sin(\omega t - ky)$ است. این موج است و در جهت محور در حال انتشار است.

- ۸۸ (۱) طولی - X (۲) طولی - Y (۳) عرضی - X (۴) عرضی - Y



۴۷- شکل مقابل نقش موجی به بسامد 20 Hz را در لحظه $t = 0$ نشان می دهد. بزرگی شتاب

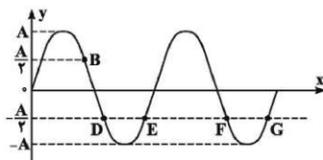
متوسط ذره M در بازه $(0 \text{ تا } \frac{1}{24})$ ثانیه چند m/s^2 است؟

- ۸۸ (۱) $24/2\sqrt{3}$ (۲) $19/2\pi$ (۳) $19/2\sqrt{3}$ (۴) $24/2\pi$

۴۸- تابع موج عرضی که در یک بُعد منتشر می شود، در SI به صورت $u_y = 0.2 \sin(10\pi t - 4\pi x)$ است. سرعت ذره ای از محیط انتشار که در

مکان $x = 50 \text{ cm}$ قرار دارد، در لحظه $t = \frac{1}{3} \text{ s}$ چند سانی متر بر ثانیه است؟

- ۸۹ (۱) $-1/\pi$ (۲) $10/\pi$ (۳) $-1/\sqrt{3}\pi$ (۴) $10/\sqrt{3}\pi$



۴۹- نقش موج عرضی طنابی، در یک لحظه مطابق شکل روبه رو است. کدام یک از نقاط نشان

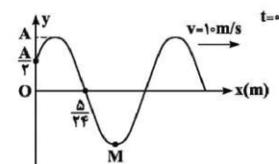
داده شده، با B در فاز مخالفاند؟

- ۹۰ (۱) F و G (۲) F و D (۳) G و E (۴) G و D

۵۰- تابع موج منتشر شده در یک تار در SI به صورت $u_y = 0.02 \sin(2\pi x + 100\pi t)$ است. اگر نیروی کشش تار 20 نیوتون باشد، جرم

هر متر از تار چند گرم است؟

- ۹۱ (۱) 4 (۲) 32 (۳) 16 (۴) 8



۵۱- شکل روبه رو، نقش موج عرضی طنابی را، در یک لحظه نشان می دهد. حرکت ذره M در

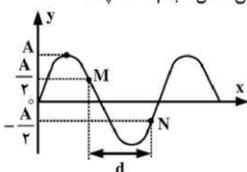
بازه زمانی $0 \leq t \leq \frac{1}{100} \text{ s}$ چگونه است؟

- ۹۲ (۱) کندشونده (۲) ابتدا کندشونده، سپس تندشونده (۳) ابتدا تندشونده، سپس کندشونده (۴) تندشونده

۵۲- در شکل روبه رو، موجی در طناب با سرعت $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ در حال انتشار است. اگر ذره M در هر ثانیه 10 نوسان کامل انجام دهد، چند

ثانیه طول می کشد تا موج روی محور X مسافت d را طی کند؟

- ۹۳ (۱) $\frac{1}{10}$ (۲) $\frac{1}{20}$ (۳) $\frac{5}{60}$ (۴) $\frac{7}{60}$



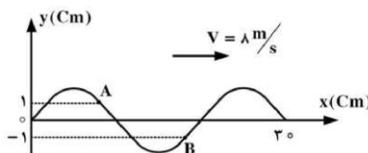
تست های سراسری ده سال اخیر:
موج مکانیکی



۵۳- موج عرضی در یک طناب در حال انتشار است. در این مورد، کدام گزینه درست نیست؟

- ۱) فاصله بین هر دو نقطه در فاز مخالف، برابر نصف طول موج است.
- ۲) اختلاف فاز دو نقطه هم فاز، مضرب زوجی از π است.
- ۳) اختلاف فاز دو نقطه در فاز مخالف، مضرب فردی از π است.
- ۴) فاصله دو نقطه متوالی هم فاز، برابر طول موج است.

۵۴- شکل روبه رو، نقش موجی را در لحظه $t = 0$ نشان می دهد. در لحظه $t = \frac{1}{300}$ S، بزرگی شتاب ذره A چند برابر بزرگی شتاب ذره B است؟



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

۵۵- منبع موجی در هر ثانیه ۲۰ نوسان کامل انجام می دهد و امواج حاصل با سرعت ثابت در یک محیط منتشر می شوند. اگر عدد موج برابر 40π رادیان بر متر باشد، سرعت انتشار موج چند متر بر ثانیه است؟

- ۱) ۱
- ۲) ۲
- ۳) ۱۰
- ۴) ۲۰

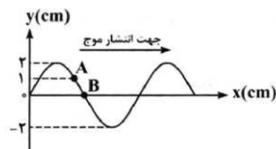
۵۶- معادله موجی در SI به صورت $y = 0.02 \sin(\Delta\omega t - \Delta\omega\pi x)$ است. این موج است و با سرعت متر بر ثانیه منتشر می شود.

- ۱) عرضی، $\frac{\pi}{10}$
- ۲) طولی، $\frac{\pi}{10}$
- ۳) عرضی، $\frac{10}{\pi}$
- ۴) طولی، $\frac{10}{\pi}$

۵۷- موج عرضی با بسامد $2/5$ هرتز در سطح آب تولید شده و با سرعت 5 m/s منتشر می شود. فاصله بین دو قله متوالی موج چند سانتی متر است؟

- ۱) ۱۰
- ۲) ۲۰
- ۳) ۴۰
- ۴) ۶۰

۵۸- نقش موجی در لحظه $t = 0$ مطابق شکل است. اختلاف فاز بین دو نقطه A و B در



لحظه $t = \frac{T}{6}$ چند رادیان است؟ (T دوره ی موج است.)

- ۱) $\frac{\pi}{2}$
- ۲) $\frac{\pi}{3}$
- ۳) $\frac{\pi}{6}$
- ۴) $\frac{2\pi}{3}$

۵۹- معادله حرکت نوسانی چشمه ی موجی در SI به صورت $y = A \sin(\omega t + \phi_0)$ است. اگر این نوسان ها در یک محیط با

سرعت $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ انتشار یابد و طول موج برابر 0.8 متر باشد، ω چند رادیان بر ثانیه است؟

- ۱) 25π
- ۲) 50π
- ۳) 100π
- ۴) 200π

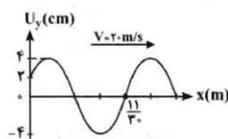


تست های سراسری ده سال اخیر:
موج مکانیکی



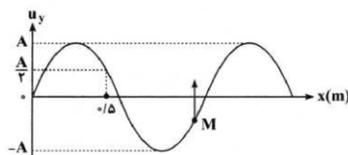
۶۰- چشمه ی موجی با معادله ی $x = A \sin \omega t$ نوسان می کند و موج حاصل در یک بعد منتشر می شود. اگر طول موج برابر ۲ متر باشد، معادله ی نوسانی نقطه ای که در فاصله ی ۴۰ سانتی متری چشمه قرار دارد، به صورت $x = A \sin(\omega t - \theta)$ است. θ چند رادیان است؟

- ۸۷
- (۱) $\frac{\pi}{4}$ (۲) $\frac{\pi}{6}$ (۳) $\frac{2\pi}{5}$ (۴) $\frac{4\pi}{9}$



۶۱- شکل مقابل نقش یک موج عرضی را در یک طناب و در لحظه ی $t = 0$ نشان می دهد که در جهت محور x در حال انتشار است. تابع موج آن در SI کدام است؟

- ۸۸
- (۱) $u_y = 0.04 \sin(50\pi t + \frac{\pi}{6} - \frac{5}{3}\pi x)$ (۲) $u_y = 0.04 \sin(100\pi t + \frac{\Delta\pi}{6} - \Delta\pi x)$ (۳) $u_y = 0.04 \sin(100\pi t + \frac{\pi}{6} - \Delta\pi x)$ (۴) $u_y = 0.04 \sin(50\pi t + \frac{\Delta\pi}{6} - \frac{5}{3}\pi x)$

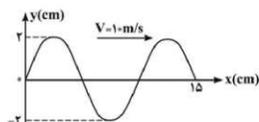


۶۲- شکل روبه رو نقش موجی را در یک لحظه نمایش می دهد. اگر در این لحظه نقطه ی M از محیط، در حال بالا رفتن باشد، موج در محور x منتشر می شود و طول موج آن متر است.

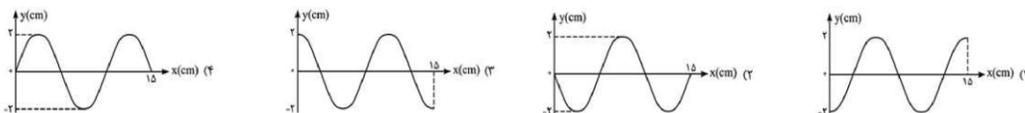
- ۸۹
- (۱) جهت، $\frac{4}{3}$ (۲) جهت، $\frac{6}{5}$ (۳) خلاف جهت، $\frac{4}{3}$ (۴) خلاف جهت، $\frac{6}{5}$

۶۳- تابع موجی در SI به صورت $u_y = 0.01 \sin(10\pi t - 40\pi x)$ است. این موج در مدت چند ثانیه در مسیر مستقیم به اندازه ی $12/5$ سانتی متر منتقل می شود؟

- ۹۰
- (۱) $0/5$ (۲) ۱ (۳) $1/5$ (۴) ۲



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



۶۵- سیمی بین دو نقطه با نیروی ۲۰ نیوتون کشیده شده است و یک موج عرضی به معادله ی $u_y = \Delta x 10^{-3} \sin(500\pi t - \Delta\pi x)$ در آن منتشر می شود. هر سانتیمتر این سیم، چند گرم جرم دارد؟

- ۹۱
- (۱) $0/2$ (۲) $0/4$ (۳) $0/2$ (۴) $0/04$

۶۶- موج عرضی در یک محیط منتشر می شود و فاصله ی بین دو قله ی متوالی آن 10 cm است. اگر سرعت انتشار موج در آن محیط $\frac{m}{s}$ باشد، بسامد موج چند هرتز است؟

- ۹۲
- (۱) ۱۰۰ (۲) ۵۰ (۳) ۲۵ (۴) ۱۰



استاد: استاد نوید ظریفیان

مبحث: در ستامه تفصیلی فیزیک چهارم موج های مکانیکی

تست های سراسری ده سال اخیر:
موج مکانیکی



- ۶۷ - دو نقطه که در راستای انتشار موج باشند و فاصله شان از یکدیگر مضرب باشد آن نقاط همواره با یکدیگر
۹۲ (۱) زوجی از ربع طول موج - هم فازند.
(۲) فردی از طول موج - در فاز مخالفند.
(۳) زوجی از ربع طول موج - در فاز مخالفند.
(۴) فردی از نصف طول موج - در فاز مخالفند.

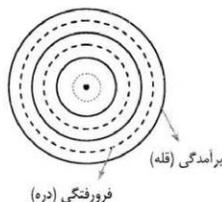


خلاصه درس و مثال های آموزشی:
موج مکانیکی

دفعات مرور این بخش: ۱- (/ /) □ - ۲ (/ /) □ - ۳ (/ /) □ - ۴ (/ /) □

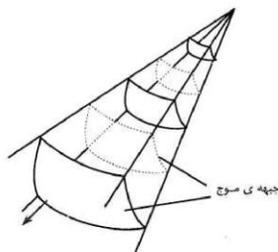


انتشار موج در صفحه و فضا



هنگامی که قطره های آب از یک شیر آب بر سطح آب یک حوض می چکد، در سطح آب موجی به صورت دایره هایی به مرکز چشمه موج تولید می شود که با انتشار در سطح آب، شعاع آن ها افزایش می یابد. به این دایره های در حال انتشار «جبهه های موج» می گویند. جبهه های موج مکان هندسی نقطه هایی از محیط هستند که تابع موج در آن ها دارای فاز یکسانی است. پس اختلاف فاز نقطه های واقع بر یک جبهه موج، همواره صفر است.

امواج صوتی و امواج نور، نمونه هایی از انتشار موج در سه بُعد هستند. جبهه های موج در این حالت کروی هستند. در فاصله های دور از یک چشمه موج کروی، جبهه های موج کروی به صورت صفحه های موازی یکدیگر می شوند. در این صورت به آن ها موج تخت می گویند.



شکل - موج های کروی

انرژی موج

موج انتقال انرژی بدون انتقال جرم است. هر ذره از محیط انتشار موج حرکت هماهنگ ساده دارد و انرژی مکانیکی آن برابر

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

بسامد تمام نقاط محیط انتشار موج یکسان است و $\omega = 2\pi f$ است. پس:

$$E = \frac{1}{2} m A^2 (2\pi f)^2 \Rightarrow E = 2\pi^2 m A^2 f^2$$

اگر شرایط فیزیکی محیط در همه ی جهت ها یکسان باشد و از جذب انرژی موج توسط محیط صرف نظر شود. انرژی موج که توسط چشمه گسیل می شود (E) در سطح جبهه های کروی موج ($4\pi r^2$) پخش می شود پس به هر ذره از محیط که بر جبهه ی موج واقع است

$$\text{انرژی برابر } \frac{E}{4\pi r^2} \text{ می رسد.}$$

$$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = 2\mu \lambda A^2 \pi^2 f^2 = \boxed{2\mu V A^2 \pi^2 f^2}$$

در یک طول مشخص پرسیده می شود. اگر در یک طول خواستند:

$$\bar{P} = 2\mu V A^2 \pi^2 f^2$$

توان متوسط انتقال انرژی از هر نقطه سطح در مدت T:

برهم نهی موج ها

هرگاه دو یا چند موج با هم در یک محیط منتشر شوند، جابه جایی هر ذره از محیط، برآیند جابه جایی هایی است که هر موج به تنهایی می تواند ایجاد کند.

یعنی اگر موج رسیده به یک نقطه بخواهد ذره را به اندازه ۴cm بالا ببرد و موج دیگری در همان راستا در همان لحظه بخواهد ذره را ۶cm بالا ببرد، ذره $4 + 6 = 10$ cm بالا می رود.

اگر u_1 و u_2 ... جابه جایی موج ۱ و ۲ ... باشد، اصل فوق را می توان به صورت زیر نوشت:

$$A_T = 2A \cos \frac{\Phi}{2}$$

Φ : اختلاف فاز دو موج

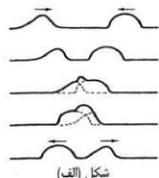
دامنه موج برآیند تابعی است از اختلاف فاز دو تابع موج



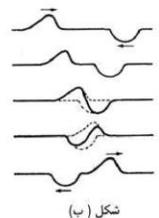
خلاصه درس و مثال های آموزش: موج مکانیکی



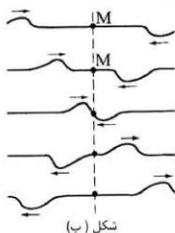
برهم نهی سازنده و ویرانگر



در شکل الف، دو تپ عرضی به طرف یکدیگر در حال انتشارند، چون جابه جایی حاصل از دو تپ هم جهت هستند، هنگامی که به هم می رسند در محل تلاقی یکدیگر را تقویت می کنند. در این حالت می گوییم بر هم نهی موجها سازنده است. در ادامه دو تپ از یکدیگر عبور کرده و به انتشار خود ادامه می دهند.



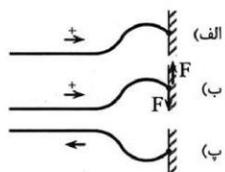
در شکل ب، دو تپ عرضی وقتی با هم تلاقی می کنند. در محل تلاقی اثر هم را تضعیف می کنند و جابه جایی هر نقطه از محیط برابر تفاضل جابه جایی ها است. در این حالت می گوییم برهم نهی موجها ویرانگر است.



در شکل پ دو تپ عرضی با دامنه ی یکسان در یک محیط (مانند طناب) به طرف یکدیگر در حال انتشار هستند. در زمان عبور این دو موج از یکدیگر نقطه M بدون حرکت در جای خود می ماند و دو تپ اثر هم را به طور کامل خنثی می کنند.

بازتابش امواج

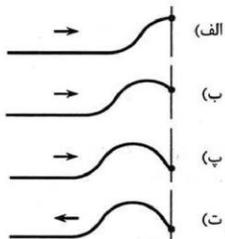
الف) مانع سخت



یک تپ را در حالی که به نقطه ای ثابت رسیده در نظر می گیریم در این حالت طناب نقطه اتصال خود را به طرف بالا می کشد. طبق قانون سوم نیوتن نقطه ثابت هم طناب را به طرف پایین می کشد در اینصورت طناب در وضعیتی دقیقاً مخالف وضعیت اولیه نوسان خواهد کرد یعنی **اختلاف فاز π** اگر طناب را به نقطه ای محکم ببندیم طوری که نقطه ای اتصال ثابت باشد مانع مورد نظر، مانع سخت است.

برای رسم موج بازتابیده ابتدا نسبت به محور y قرینه می کنیم سپس نسبت به محور x

ب) مانع نرم (آزاد)



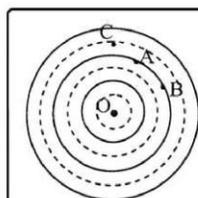
موج رونده ای در شکل به مانع نرمی رسیده (انتهای باز) مشاهده می شود موج بازتابش به طور هم فاز با موج تابیده شده برمی گردد. یعنی **اختلاف فاز دو موج تابش و بازتابش صفر** می شود. موج بازتابش با اختلاف زمانی خیلی کمی از موج تابش خلق می شود. به همین دلیل آن ها را به طور همزمان در نظر می گیریم.

برای رسم موج بازتابیده تنها نسبت به محور y قرینه می کنیم

اگر یک سر طناب به گونه ای بسته شود که اگر نوسانی به آن برسد آن نقطه آزادانه جابه جا شود مانع را مانع نرم می نامیم. به عنوان مثال به سر طنابی یک حلقه ی فلزی ببندید و حلقه ی فلزی را درون میله ی قائمی بیاندازید. و سر دیگر طناب را به ارتعاش در آورید. طناب توسط حلقه در طول میله ی قائم آزادانه بالا و پایین می رود. مانع در این حالت نرم است.



خلاصه درس و مثال های آموزش:
موج مکانیکی



مثال ۵۸
در شکل روبه رو جبهه های موج منتشره در سطح آب نشان داده شده است. دایره های خط چین، فرورفتگی و دایره های توپر، برجستگی را در سطح آب نشان می دهند. کدام گزینه در مورد نقاط A, B, C صادق است؟

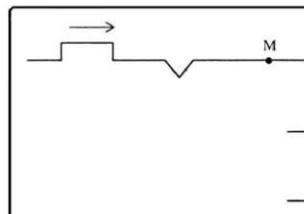
- (۱) هر سه هم فاز هستند.
- (۲) A و B هم فاز و با C، $\frac{\pi}{2}$ اختلاف فاز دارند.
- (۳) A و B هم فاز و با C در فاز مخالف هستند.
- (۴) A با B در فاز مخالف و با C هم فاز است.

Zarfifian

مثال ۵۹
دو موج با توابع $y_1 = 8 \cos(\omega t + \frac{\pi}{6})$ و $y_2 = 6 \cos(\omega t - \frac{5\pi}{6})$ در یک لحظه به نقطه ی N می رسند. دامنه نوسان نقطه ی N کدام است؟ (دامنه ها بر حسب سانتی متر است)

- (۱) ۱۰ cm
- (۲) ۱۴ cm
- (۳) ۲ cm
- (۴) صفر

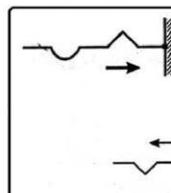
Zarfifian



مثال ۶۰
در شکل روبه رو تپی در حال پیشروی در یک محیط کشسان نمایش داده شده است. کدام یک از گزینه های زیر، تپی را نشان می دهد که اگر با تپ اول هم زمان به نقطه ی M برسد، M ساکن می ماند؟

- (۱)
- (۲)
- (۳)
- (۴)

Zarfifian



مثال ۶۱
موجی مطابق شکل به مانع سخت (انتهای بسته یا انتهای ثابت) برخورد کرده و بازتابیده می شود. موج بازتابی کدام است؟

- (۱)
- (۲)
- (۳)
- (۴)

Zarfifian

مثال ۶۲
در یک طناب دامنه ی موج ۵ میلی متر، سرعت انتشار موج ۲۰ m/s، جرم یکای طول طناب ۰.۲ kg/m و بسامد آن ۱۰ Hz است. انرژی موج در طولی از طناب برابر یک طول موج چند ژول است؟ ($\pi^2 \approx 10$)

- (۱) 10^{-3}
- (۲) 10^{-2}
- (۳) 2×10^{-2}
- (۴) 2×10^{-3}

Zarfifian



خلاصه درس و مثال های آموزش:
موج مکانیکی



مثال
تابع موج رونده ای به صورت $u = 0.3 \sin(100\pi t + \pi x)$ است. تابع موج بازتابیده شده آن را از موانع نرم و سخت بنویسید.

Zarifian



مثال ۷۳
موجی به صورت $u_1 = 0.3 \sin(40t - 8\pi x + \frac{\pi}{3})$ در طنابی در حال انتشار است. این موج با کدام یک از موج های زیر می تواند در این طناب، موج ایستاده درست کند؟

(۱) $u_2 = 0.3 \sin(40t - 8\pi x + \pi)$

(۲) $u_3 = 0.3 \sin(8\pi x - 40t - \frac{\pi}{3})$

(۳) $u_4 = 0.3 \sin(8\pi x + 40t + \frac{\pi}{3})$

(۴) $u_5 = 0.3 \sin(20t + 8\pi x + \frac{\pi}{3})$

Zarifian



خلاصه درس و مثال های آموزش:
موج مکانیکی



امواج ایستاده

از برهم نهی دو موج رزنده موجی ایجاد می شود که انرژی را منتقل نمی کند. این موج را موج ایستاده می نامیم. گرچه هر یک از امواج اولیه، موج رونده هستند ولی موج برآیند حاصل از برهم نهی یک موج ساکن است.

در امواج ایستاده نقاط بین دو گره متوالی هم فاز هستند. و انرژی از نقطه ای به نقطه ای دیگر منتقل نمی شود. این موج به سمت راست یا چپ حرکت نمی کند و جای نقاط گره و شکم ثابت است و هر ذره دارای حرکت هماهنگ ساده است.



- ♦ امواج عرضی، می توانند امواج ایستاده تولید کنند.
- ♦ امواج طولی می توانند امواج ایستاده تولید کنند.
- ♦ پس از تشکیل امواج ایستاده جای گره ها و شکم ها ثابت است.
- ♦ تمام نقاط بین دو گره متوالی با هم هم فاز هستند. (با هم بالا و پایین می روند) اما دامنه ی آن ها یکسان نیست.
- ♦ دو شکم مجاور با هم اختلاف فاز π دارند. پس به طور کلی نقاطی که در طرف یک گره هستند با هم اختلاف فاز π دارند.
- ♦ در محل انتهای آزاد شکم و در محل انتهای ثابت گره تشکیل می شود.
- ♦ فاصله ی دو گره متوالی یا دو شکم متوالی $\frac{\lambda}{2}$ و فاصله ی یک گره از شکم مجاورش $\frac{\lambda}{4}$ است.

بررسی هماهنگها در امواج ایستاده

برای آن که موج ایستاده در طناب یا سیم تشکیل شود، باید بین طول موج و طول طناب یا سیم رابطه ی معینی برقرار باشد. این رابطه به بسامد نوسان ذره ها، سرعت انتشار موج (در نتیجه به نیروی کشش طناب و جرم واحد طول آن)، طول طناب و ثابت یا آزاد بودن انتهای طناب بستگی دارد. حالا به بررسی موج ایستاده در طناب یا سیم در سه حالت می پردازیم:

الف) دو انتهای طناب بسته (ثابت):

در وسیله های موسیقی زهی (سیم) مثل تار، سه تار، ویلون، پیانو و گیتار نوسان های تولید شده توسط مضرب، آرشه یا کوبه در سیم منتشر شده و در دو انتهای ثابت سیم بازتاب می شود. از برهم نهاده شدن موج های بازتاب شده، موج ایستاده در طول سیم تشکیل می شود. در این حالت در دو انتهای طناب گره تشکیل می شود؛ ساده ترین شکل وقتی است که دو گره در طرفین و یک شکم در وسط تشکیل شود؛ در این صورت می گوئیم سیم یا طناب، بسامد اصلی خود را تولید کرده است. یک سیم (یا طناب) را می توان به گونه ای به نوسان داد که تعداد گره ها و شکم ها بیش تر از حالت اصلی باشد.

در جدول زیر شکل ها و روابط مربوط به حالت اول را مشاهده می کنید (L طول سیم، λ طول موج، f بسامد و V سرعت انتشار موج می باشد):

شکل	شماره ی هماهنگ	تعداد گره	تعداد شکم	λ	f
	۱	۲	۱	$L = \frac{\lambda_1}{2}$	$f_1 = \frac{v}{2L}$
	۲	۳	۲	$L = \frac{2\lambda_2}{2}$	$f_2 = \frac{2v}{2L}$
	۳	۴	۳	$L = \frac{3\lambda_3}{2}$	$f_3 = \frac{3v}{2L}$

$$f_n = nf_1$$

$$f_n = \frac{nV}{2L}$$

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

شماره هماهنگ = تعداد شکم ها = ۱ - تعداد گره ها



خلاصه درس و مثال های آموزشی:
موج مکانیکی



مثال ۷۴

در امواج ایستاده فاصله ی سومین شکم تا انتهای بسته برابر است با:

- (۱) $\frac{\lambda}{4}$ (۲) $\frac{\lambda}{2}$ (۳) $\frac{3\lambda}{2}$ (۴) $\frac{5\lambda}{4}$

Garifian

مثال ۷۸

دو موج با معادله های $U_1 = 0.02 \sin(100\pi t - 5\pi x)$ و $U_2 = 0.02 \sin(100\pi t + 5\pi x + \frac{\pi}{3})$ (در SI) در یک طناب منتشر می شوند، فاصله ی دو گره متوالی از هم چند سانتی متر است؟

- (۱) ۲۰ (۲) ۱۰ (۳) ۳۰ (۴) ۱۵

Garifian

مثال ۷۶

تار مرتعشی با دو انتهای بسته به طول ۹۸ سانتی متر دارای بسامد اصلی f است. اگر طول تار را دو برابر کنیم، با همان نیروی کشش بسامد اصلی آن 4 Hz تغییر می کند. f چند هرتز است؟

- (۱) ۳۸۸ (۲) ۳۸۲ (۳) ۳۹۲ (۴) ۳۸۴

Garifian

مثال ۷۷

در یک تار مرتعش با دو انتهای بسته، تار بسامد اصلی خود را تولید می کند. اگر نیروی کشش تار را دو برابر کنیم و تار بسامد اصلی خود را تولید کند، فاصله ی بین گره ها و شکم ها چند برابر می شود؟

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

Garifian



مثال

یک موج عرضی $U = 0.02 \sin(200\pi t - 10\pi x)$ پس از برخورد به انتهای باز و بازتابش از آن، تشکیل امواج ایستاده می دهد. فاصله ی نقطه ی A و B از انتهای باز به ترتیب ۷cm و ۱۲cm است. اختلاف فاز نقاط A و B قبل و بعد از بازتاب چقدر است؟

Garifian

مثال

یک موج عرضی $U = 0.02 \sin(200\pi t - 10\pi x)$ پس از برخورد به انتهای بسته و بازتابش از آن، تشکیل امواج ایستاده می دهد. فاصله ی نقطه ی A و B از انتهای بسته به ترتیب ۷cm و ۱۲cm است. اختلاف فاز نقاط A و B قبل و بعد از بازتاب چقدر است؟

Garifian



خلاصه درس و مثال های آموزش:
موج مکانیکی



مثال ۷۸

یک انتهای تار مرتعشی ثابت و انتهای دیگر آن آزاد است. اگر طول موج هماهنگ سوم این تار از طول موج صوت اصلی آن 48cm کم تر باشد، طول این تار چند سانتی متر است؟

- (۱) ۱۲ (۲) ۲۴
(۳) ۱۸ (۴) ۹

Zarfian

مثال ۷۹

در شکل زیر، سرعت انتشار موج در نخ برابر با $50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است. در حالی که دیپازون با بسامد 100Hz نوسان می کند، آن را با سرعت ثابت $10 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ به طرف پایین سطح شیب دار می بریم. پس از چند ثانیه در نخ سه گره ایجاد می شود؟ (در محل های متصل به قرقره و دیپازون، گره تشکیل می شود)



- (۱) ۲/۵ (۲) ۵
(۳) ۷/۵ (۴) ۱۰

Zarfian

مثال ۸۰

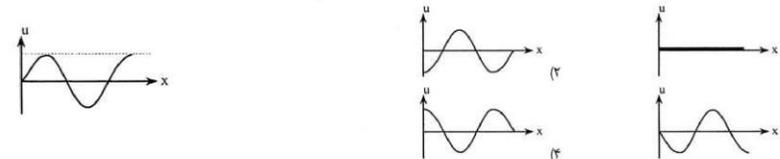
در یک تار مرتعش چند درصد، نیروی کشش تار را اضافه کنیم تا بسامد صوت اصلی تار با همان طول اول، ۲۰ درصد اضافه شود؟

- (۱) ۲۵ (۲) ۴۴ (۳) ۲۲ (۴) ۲۰

Zarfian

مثال ۸۱

شکل روبه رو نقش یک موج ایستاده را در لحظه t نمایش می دهد. نقش این موج در لحظه $t + \frac{3T}{4}$ کدام گزینه است؟



Zarfian

مثال ۸۲

در یک تار با دو انتهای بسته به طول یک متر موج ایستاده ای تشکیل شده است. اگر سرعت انتشار موج در طناب $100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، بسامد موج را چند هرتز افزایش دهیم تا بر تعداد شکم ها یکی افزوده شود؟

- (۱) ۵۰ (۲) ۱۰۰
(۳) ۲۵ (۴) باید شماری هماهنگ معلوم باشد.

Zarfian

مثال ۸۳

در یک تار با یک انتهای باز و یک انتهای بسته با طول یک متر موج ایستاده ای تشکیل شده است. اگر سرعت انتشار موج در طناب $100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، بسامد موج را چند هرتز افزایش دهیم تا بر تعداد گره ها یکی افزوده شود؟

- (۱) ۵۰ (۲) ۱۰۰
(۳) ۲۵ (۴) باید شماری هماهنگ معلوم باشد.

Zarfian



تست های سراسری ده سال اخیر:
موج مکانیکی



۸۴ - دو موج با معادله های $U_1 = 0.04 \sin[2\pi(\Delta x - 50t)]$ و $U_2 = 0.04 \sin[2\pi(\Delta x + 50t)]$ در SI، روی ریسمانی حرکت می کنند.

فاصله ی بین دو گره ی متوالی چند سانتی متر است؟

- ۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) $\frac{10}{\pi}$
۴) ۵

۸۵ - تار مرتعشی با دو انتهای ثابت با بسامد ۴۰۰ Hz ارتعاش می کند و در طول آن ۵ گره به وجود می آید. اگر طول تار ۴۰ cm باشد،

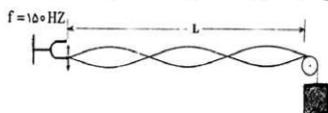
سرعت انتشار موج در تار چند $\frac{m}{s}$ است؟

- ۱) ۴۰
۲) ۸۰
۳) ۱۲۰
۴) ۱۶۰

۸۶ - در موج ایستاده ای که در یک بُعد تشکیل شده است، نقاط بین دو گره متوالی:

- ۱) همفاز و هم بسامدند.
۲) در لحظه ی عبور از نقطه ی تعادل، سرعتی برابر دارند.
۳) بسامد آنها برابر با مجموع بسامد موج های تشکیل دهنده ی موج ایستاده است.
۴) همگی موارد

۸۷ - مطابق شکل در یک تار مرتعش موج ایستاده تشکیل شده است. اگر طول تار (L) برابر ۶۰ سانتی متر و جرم تار ۲ گرم باشد، جرم



وزنه ی آویخته شده از انتهای تار چند گرم است؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

- ۱) ۳۶۰
۲) ۶۸۰
۳) ۱۲۰۰
۴) ۱۰۰۰

۸۸ - طول یک تار مرتعش دو انتها بسته ۴۰ سانتی متر و بسامد صوت اصلی آن ۱۵۰ Hz است. اگر جرم هر سانتی متر تار ۲۰ میلی گرم

باشد، کشش تار چند نیوتون است؟

- ۱) ۱۴٫۴
۲) ۲۸٫۸
۳) ۱۴۴
۴) ۲۸۸

۸۹ - چگالی یک تار مرتعش که از دو طرف بسته شده است، ۴ گرم بر سانتی متر مکعب و قطر مقطع آن یک میلی متر و طول آن

۴۰ سانتی متر است. اگر تار با نیروی ۳۰ نیوتون کشیده شود، بسامد صوت اصلی آن چند هرتز است؟ ($\pi = 3$)

- ۱) ۱۲۵
۲) ۲۵۰
۳) ۳۷۵
۴) ۵۰۰

۹۰ - موجی در یک طناب منتشر می شود و پس از بازتاب از انتهای ثابت طناب، تشکیل موج ایستاده می دهد. اگر عدد موج 10π رادیان بر

متر باشد، گره ها در چند متری از انتهای ثابت تشکیل می شوند؟ ($n = 0, 1, 2, \dots$)

- ۱) $0.1n$
۲) $0.05n$
۳) $(2n-1)(0.1)$
۴) $(2n+1)(0.05)$



برای بازدید از سایت همکلاسی (Hamkelasi.ir) روی همین کادر کلیک کنید

استاد: استاد نوید ظریفیان

مبحث: در ستاره تفصیلی فیزیک چهارم موج های مکانیکی

تست های سراسری ده سال اخیر:
موج مکانیکی



۹۱ - طول تار مرتعشی یک متر و جرم آن ۱۰ گرم است. اگر تار با نیروی کشش ۱۰۰ نیوتون بین دو نقطه بسته شود، بسامد هماهنگ دوم آن چند هرتز می شود؟

۳۵ (۱) ۵۰ (۲) ۱۰۰ (۳) ۲۰۰ (۴)

۹۲ - تار به طول ۶۰ سانتی متر بین دو نقطه محکم بسته شده است. اگر این تار چنان به ارتعاش در آید که هماهنگ سوم خود را تولید کند، در طول آن چند گره تشکیل می شود و فاصله ی بین دو گره ی متوالی چند سانتی متر است؟

۱۵ و ۴ (۱) ۲۰ و ۳ (۲) ۲۰ و ۴ (۳) ۳۰ و ۳ (۴)

۹۳ - تار بین دو نقطه بسته شده و با بسامد ۴ ارتعاش می کند و در طول آن یک شکم تشکیل شده است. اگر نیروی کشش تار را ۴ برابر کنیم و آن را با بسامد ۸ ارتعاش در آوریم، در این حالت در طول تار چند شکم تشکیل می شود؟

۲ (۱) ۴ (۲) ۶ (۳) ۸ (۴)



موج مکانیکی

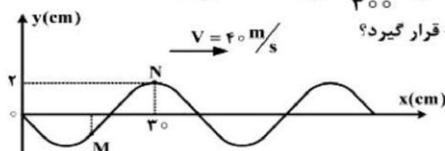
سوالات کنکور سراسری ۹۴



۹۴ - دو سر یک تار در دو نقطه، محکم بسته شده و در آن موج ایستاده تشکیل شده است و طول موج در تار، برابر با ۱۶cm می باشد. کدام یک از اندازه های داده شده بر حسب سانتی متر، نمی تواند طول این تار باشد؟

- (۱) ۲۴ (۲) ۴۰ (۳) ۶۰ (۴) ۱۲۰

۹۵ - نقش یک موج عرضی در طناب، در لحظه $t = 0$ مطابق شکل زیر است. اگر $\frac{1}{3000}$ s طول بگردد تا موج از M به N برسد، حداقل چند ثانیه طول می کشد تا ذره M در مکان $2\text{cm} +$ قرار گیرد؟



- (۱) $\frac{1}{150}$ (۲) $\frac{1}{60}$
 (۳) $\frac{1}{120}$ (۴) $\frac{7}{600}$

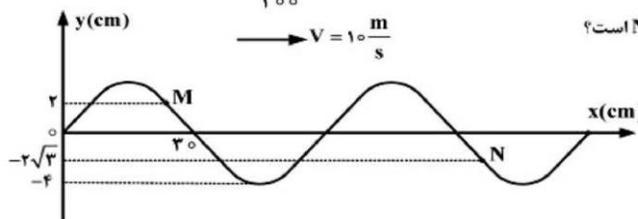
۹۶ - سرعت انتشار موج عرضی در یک تار $100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است. این موج با طول موج 0.5 متر و دامنه 2 میلی متر در یک تار منتشر می شود. اگر محور x منطبق بر تار باشد و انتشار موج در خلاف جهت محور x باشد، تابع موج در SI کدام است؟

- (۱) $u_x = 2 \times 10^{-2} (120\pi t - 6\pi y)$ (۲) $u_y = 2 \times 10^{-2} (400\pi t - 4\pi x)$
 (۳) $u_x = 2 \times 10^{-2} (120\pi t + 6\pi y)$ (۴) $u_y = 2 \times 10^{-2} (400\pi t + 4\pi x)$

۹۷ - در یک طناب که دو سر آن ثابت بسته شده است، موج ایستاده تشکیل می شود. اگر طول طناب 60 cm و در آن ۴ گره تشکیل شود، بسامد نوسان طناب چند هرتز است؟ (سرعت انتشار موج در طناب $240 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است.)

- (۱) ۳۰۰ (۲) ۴۰۰ (۳) ۶۰۰ (۴) ۸۰۰

۹۸ - شکل زیر، نقش موجی را در لحظه $t = 0$ نشان می دهد. در لحظه $t = \frac{1}{3000}$ s، بزرگی شتاب ذره M چند



- برابر بزرگی شتاب ذره N است؟
 (۱) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ (۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$
 (۳) ۱ (۴) $\sqrt{3}$



برای بازدید از سایت همکلاسی (Hamkelasi.ir) روی همین کادر کلیک کنید

استاد : استادنوید ظریفیان

مبحث : درسامه تفصیلی فیزیک چهارم موج های مکانیکی