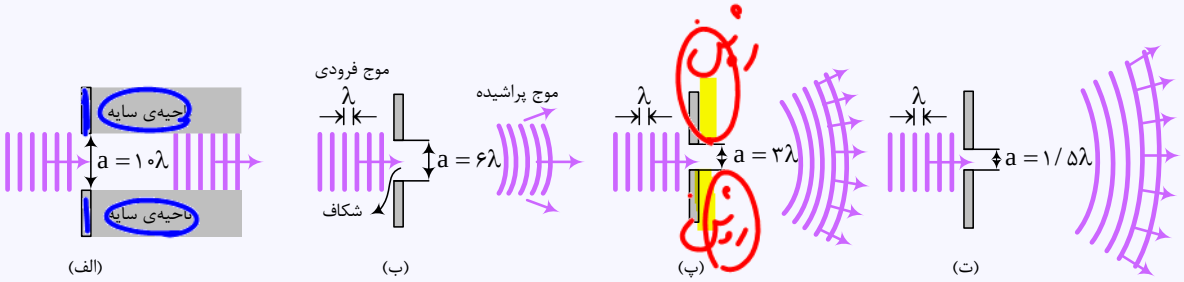
درسنامه ۱

پراش موج:

➢ **نحوه‌ی عبور نور از شکاف:** وقتی موج تختی به شکاف ایجاد شده در یک مانع کدر می‌رسد، دو اتفاق ممکن است بیفتد:

الف) اگر ابعاد شکاف (a) خیلی بزرگ‌تر از طول موج باشد $(a > 10\lambda)$ نور تقریباً بدون انحراف از شکاف عبور می‌کند و ناحیه‌ی شکاف روشن و اطراف آن تاریک می‌ماند.

ب) اگر ابعاد شکاف در حدود طول موج باشد، جبهه‌های موج از حالت تخت خارج شده و به شکل دایره‌ای یا کروی درمی‌آیند و به پشت مانع راه می‌یابند. هر چه پهنای شکاف کوچک‌تر باشد، میزان خمیدگی موج‌ها و نفوذ آن‌ها به ناحیه‌ی سیاه (پشت مانع) بیشتر می‌شود.



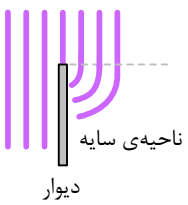
➢ **تعریف پراش:** به گستردگی یک موج به اطراف پس از عبور از یک روزنه «پراش» می‌گویند.

نکته:

۱- میزان خمیدگی موج پس از عبور از شکاف به نسبت $\frac{a}{\lambda}$ بستگی دارد. هر چه a به λ نزدیک‌تر باشد، میزان پراشیدگی نور بیشتر است و اگر a خیلی بزرگ‌تر از λ باشد، پراش اتفاق نمی‌افتد.

۲- پدیده‌ی پراش محدود به عبور موج از شکاف کوچک نمی‌شود. وقتی موج به مانعی می‌رسد که ابعاد آن در حدود طول موج است، پراشیده می‌شود. یعنی موج می‌تواند به منطقه‌ی پشت مانع راه پیدا کند و باعث شود سایه‌ی جسم، وضوح لازم را نداشته باشد. اگر ابعاد مانع بسیار نزدیک به λ باشد، سایه‌اش کاملاً محو می‌شود. (یعنی سایه تشکیل نمی‌شود!)

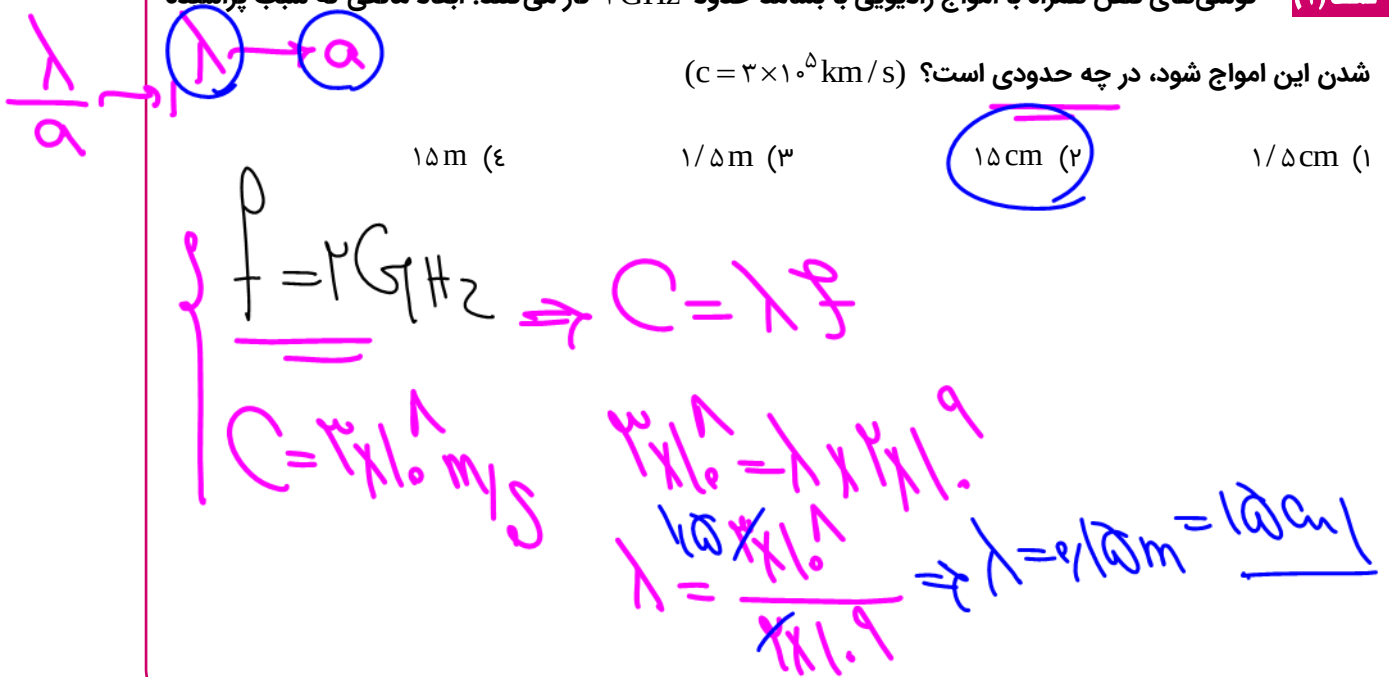
به همین دلیل گفته می شود موج، اجسام بسیار بسیار کوچک (در حد λ) را به طور کامل دور می‌زند و هیچ تصویری از آن اجسام مشاهده نمی شود.



GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

تست (۱) گوشی‌های تلفن همراه با امواج رادیویی با بسامد حدود $2\,GHz$ کار می‌کنند. ابعاد مانعی که سبب پراشیده شدن این امواج شود، در چه حدودی است؟ $(c = 3\times10^{5}\,km/s)$

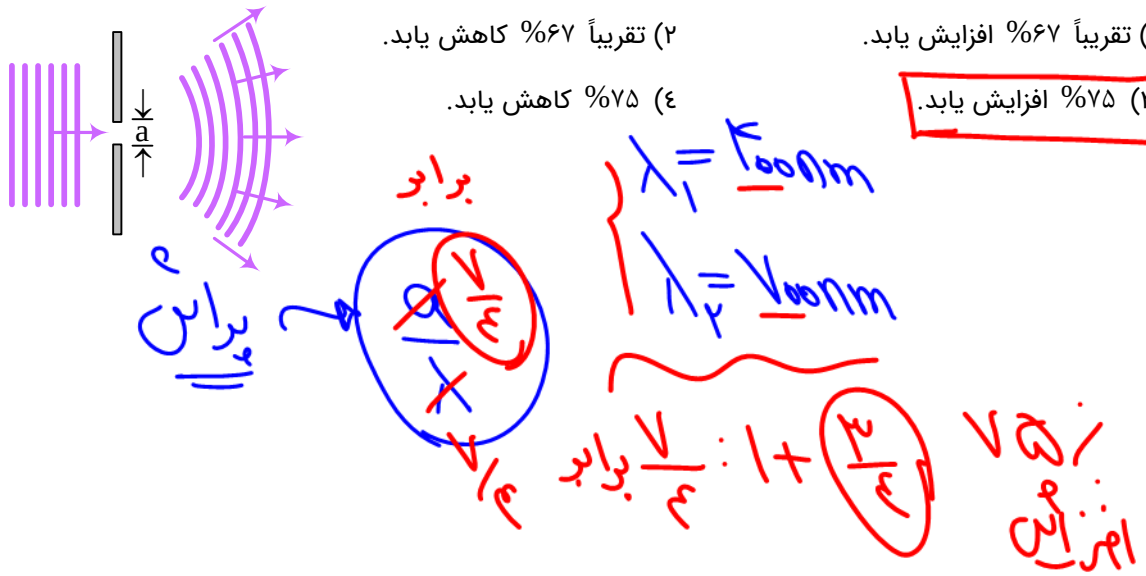
۱) $1/5\,cm$ ۲) $15\,cm$ ۳) $1/5\,m$ ۴) $15\,m$



تست (۲) مطابق شکل، موج تخت فرودی از نور تکفام آبی به طول موج $400\,nm$، به شکافی با پهنای a می‌رسد و بخشی از آن، از راه شکاف پراش پیدا می‌کند. اگر بخواهیم همین الگوی پراش با موج تخت فرودی از نور تکفام قرمز به طول موج $700\,nm$ ایجاد شود، لازم است پهنای شکاف چند درصد و چگونه تغییر کند؟

۱) تقریباً ۶۷٪ افزایش یابد. ۲) تقریباً ۶۷٪ کاهش یابد.

۳) ۷۵٪ افزایش یابد. ۴) ۷۵٪ کاهش یابد.

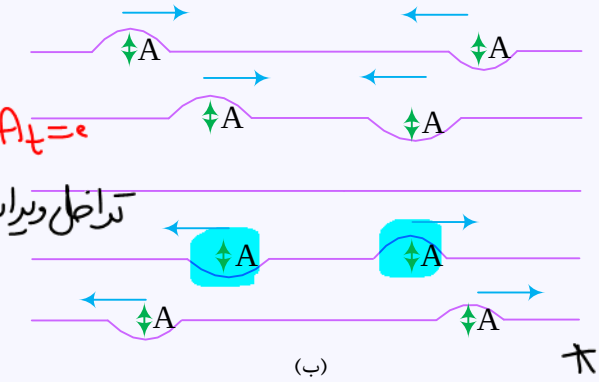


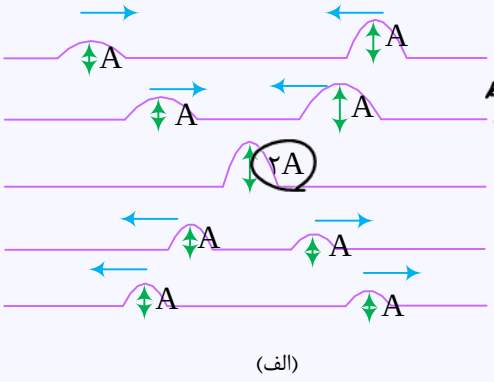
GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

درسنامه ۲

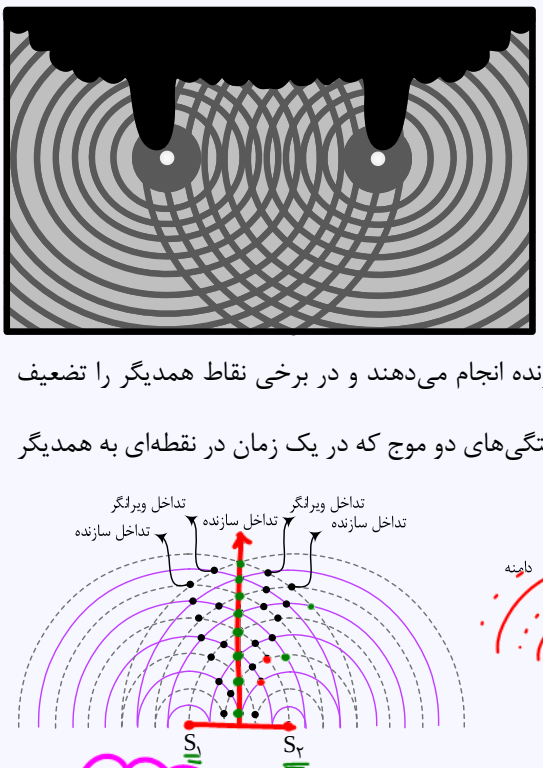
تداخل موج:

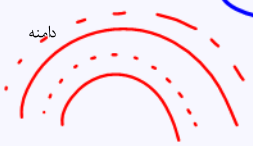
شکل زیر، عکس های دو تپ را که در جهت‌های مخالف هم در یک ریسمانِ کشیده شده حرکت می‌کنند در چند لحظه‌ی متوالی نشان می‌دهد. وقتی این تپ‌ها به هم می‌رسند و با یکدیگر همپوشانی می‌کنند، بنابر اصل برهم‌نهی، تپ برآیند با مجموع دو تپ برابر است. توجه کنید چه برای تپ‌ها و چه برای موج‌هایی که همپوشانی می‌کنند، آن‌ها به هیچ وجه شکل و حرکت یکدیگر را تغییر نمی‌دهند، و بنابراین پس از همپوشانی، بدون هر گونه تغییر شکلی به حرکت خود ادامه می‌دهند. به ترکیب موج‌ها با یکدیگر، تداخل می‌گویند. به بیان دیگر تداخل، ترکیب دو یا چند موج است که هم‌زمان از یک منطقه عبور می‌کنند. در شکل الف، تپ‌ها هنگام همپوشانی تپ بزرگ‌تری را ایجاد کرده‌اند که به آن تداخل سازنده می گویند، در حالی که در شکل ب، تپ‌ها هنگام همپوشانی اثر یکدیگر را حذف کرده‌اند که به آن تداخل ویرانگر می‌گویند.





تداخل امواج سطحی آب: برای مشاهده‌ی تداخل امواج سطحی بر سطح آب، دو گوی کوچک را با بسامد یکسان، به طور همزمان بر سطح آب به نوسان درمی‌آوریم. دو دسته موج دایره‌ای ایجاد می‌شود که بی‌آنکه بر انتشار یکدیگر تأثیر بگذارند، با یکدیگر همپوشانی می‌کنند و نقشی مانند نقش شکل زیر را بر سطح آب به وجود می‌آورند. امواج در برخی نقاط همدیگر را تقویت می‌کنند و تداخل سازنده انجام می‌دهند و در برخی نقاط همدیگر را تضعیف می‌کنند و تداخل ویرانگر انجام می‌دهند. به عبارتی، برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های دو موج که در یک زمان در نقطه‌ای به همدیگر برسند، سطح آب را در آن نقطه به شدت بالا یا پایین می‌برند.



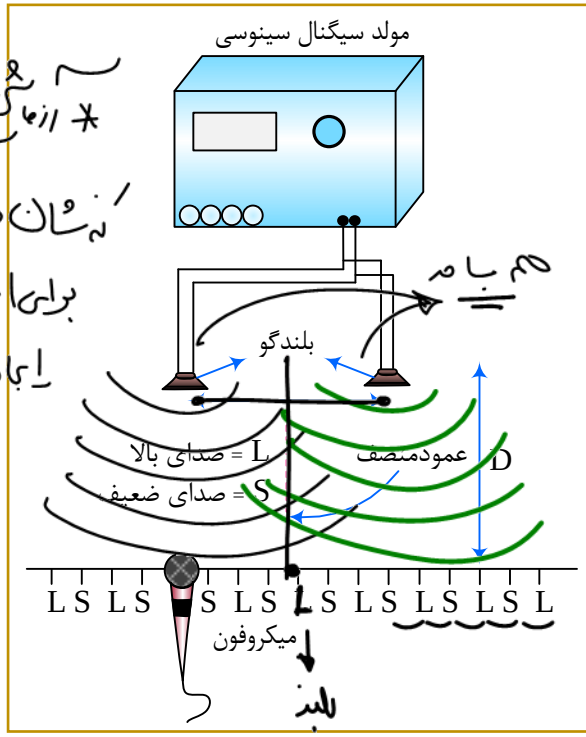


GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

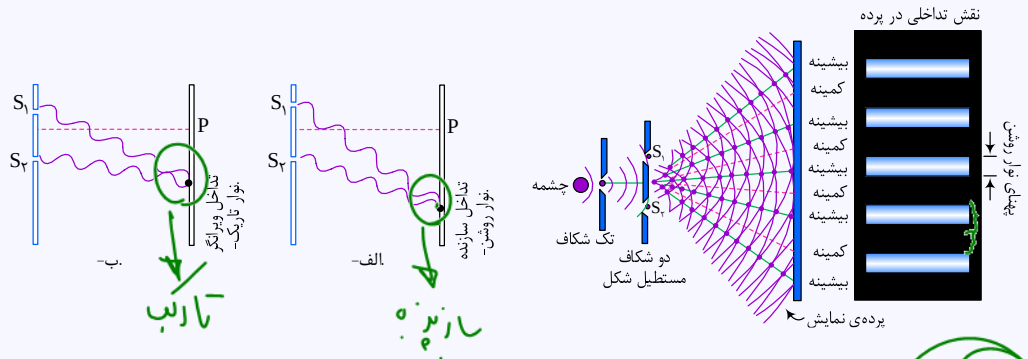
تداخل امواج صوتی: با دستگاهی به شکل زیر می توان تداخل امواج صوتی را بررسی کرد. مولد، امواج سینوسی هم‌بسامدی را ایجاد می‌کند که از طریق بلندگوها در فضا پخش می‌شود. با حرکت دادن میکروفون در امتداد خط نشان داده شده صدا به طور متناوب، بلند (در نقاط L) و آرام (در نقاط S) شنیده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی تداخل سازنده‌ی امواج صوتی در نقاط L و تداخل ویرانگر آن‌ها در نقاط S است.

نکته:

فاصله‌ی بین هر نقطه‌ی L با نقطه‌ی S مجاورش با طول موج صوت حاصل از بلندگو نسبت مستقیم دارد.



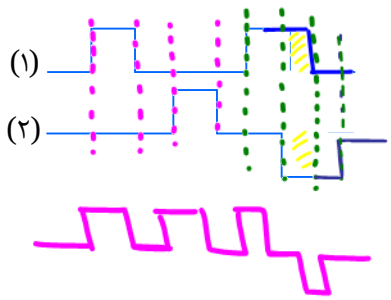
تداخل امواج نوری: «توماس یانگ» با انجام آزمایش معروف خود نشان داد پدیده‌ی تداخل برای نور هم اتفاق می‌افتد و نتیجه گرفت نور، موج است. شکل زیر طرحی از آزمایش یانگ را نشان می‌دهد. نور تک‌رنگی به صفحه‌ی کدر شامل دو شکاف S_1 و S_2 می‌تابد و پس از پراش توسط دو شکاف با هم تداخل می‌کنند و نوارهای تاریک و روشنی را به طور یک در میان روی پرده تشکیل می‌دهند. در نقاط روشن، دو موج، تداخل سازنده دارند و در نقاط تاریک، دو موج، تداخل ویرانگر دارند. به نقش ایجاد شده روی پرده «نقش تداخلی» می‌گویند.

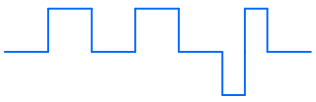


تذکر: در این نقش پهنای هر نوار تاریک یا روشن (که مساوی فرض می‌شوند) متناسب با طول موج نور به کار رفته در آزمایش است.

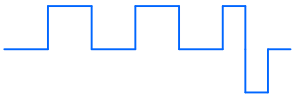
GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

تست (۳) در شکل مقابل، وقتی موج (۱) بر موج (۲) برهم‌نهاده شود، شکل موج برهم‌نهاده مطابق کدام شکل می‌تواند باشد؟



۱) 

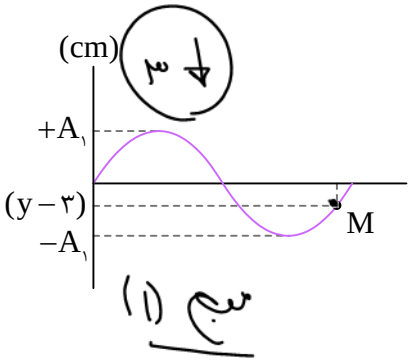
۲)

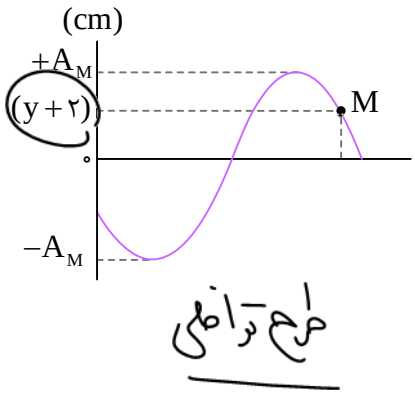
۳) 

۴)

تست (٤) دو موج، هم‌زمان از یک ریسمان می‌گذرند. در شکل زیر و برای یک لحظه‌ی معین، نمودار جابه‌جایی- مکان موج (۱) در سمت چپ و نمودار جابه‌جایی برآیند- مکان دو موج در سمت راست شده‌اند. اگر فقط موج (۲) از ریسمان عبور کند، در همین لحظه جابه‌جایی نقطه‌ی M نسبت به وضع تعادل چند سانتی‌متر می‌شود؟

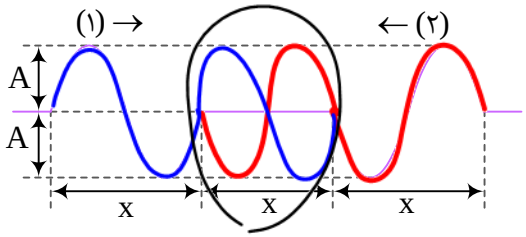
۱) +۱
۲) −۱
۳) +۵
۴) −۵

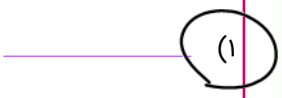


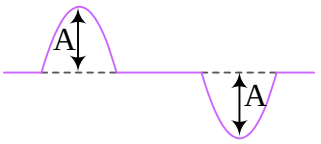


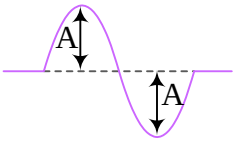
GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

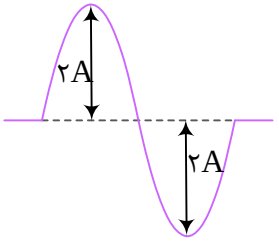
تست (۵) در شکل مقابل، دو تپ سینوسی در یک طناب با دوره‌ی T و دامنه‌ی A را مشاهده می‌کنید که به طرف هم در حال انتشار هستند. پس از گذشت زمان T، نقش موج حاصل از برهم‌نهی آن‌ها در طناب به کدام شکل است؟ (امتحان هماهنگ کشوری ۹۰، با تغییر)



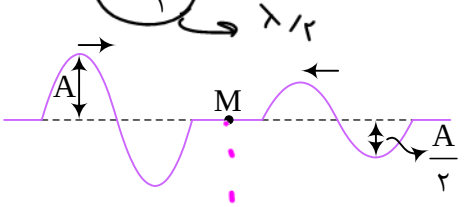
۱) 

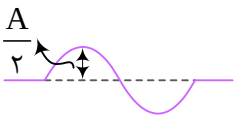
۲) 

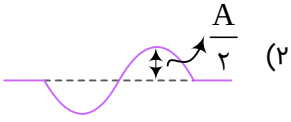
۳) 

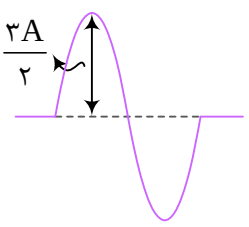
۴) 

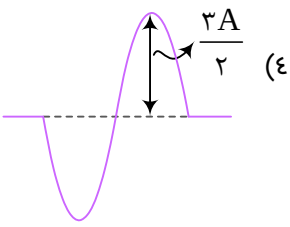
تست (۶) در شکل مقابل، دو تپ سینوسی با دوره‌ی T که در خلاف جهت هم روی یک طناب منتشر می‌شوند. در لحظه‌ی $t = ۰$، به نقطه‌ی M از طناب می‌رسند. شکل موج حاصل از برهم‌نهی دو موج، در لحظه‌ی $t = \frac{T}{۲}$ کدام است؟



۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

تست (۷) در آزمایش یانگ در خلاء، اگر طول موج نور مورد آزمایش را $۱۵۰\,nm$ تغییر دهیم، پهنای هر نوار روشن $۰/۳\,mn$ تغییر می‌کند. اگر بخواهیم بدون تغییر فاصله‌ها در دستگاه، پهنای هر نوار روشن روی پرده $۱mm$ شود، باید آزمایش را با نوری به بسامد چند تراهرتز انجام دهیم؟ (تنید نور در خلاء $۳\times۱۰^{۸}\,m/s$ است.)

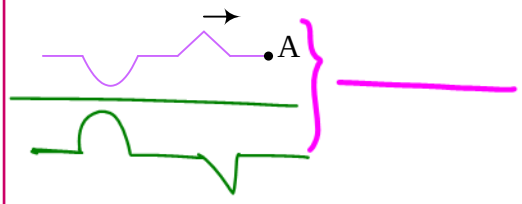
۱) ۶۰۰ ۲) ۵۵۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۴۵۰

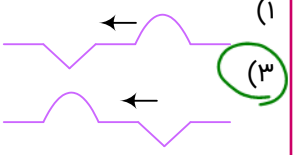
تست (۸) سرعت پرتوی تک‌رنگی در هوا و در محیط شفاف دیگری، به ترتیب $۳\times۱۰^{۸}\,m/s$ و $۲/۲۵\times۱۰^{۸}\,m/s$ است. اگر با یک دستگاه آزمایش یانگ، بتوان در هوا و محیط شفاف، نوارهای تداخلی تشکلی داد، پهنای نوارهای در هوا، چند برابر پهنای نوارها در محیط شفاف است؟ (آزمایشی آموزش و پرورش شهر تهران ۸۸)

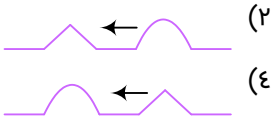
۱) ۱ ۲) $\frac{۳}{۴}$ ۳) $\frac{۴}{۳}$ ۴) $\frac{۱۶}{۹}$

GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

تست (۹) موجی به شکل زیر، در طول طنابی منتشر می‌شود، از تداخل این موج با کدام یک از موج‌های زیر، آشفتگی‌های طناب در یک لحظه از بین می‌رود؟



۱) 

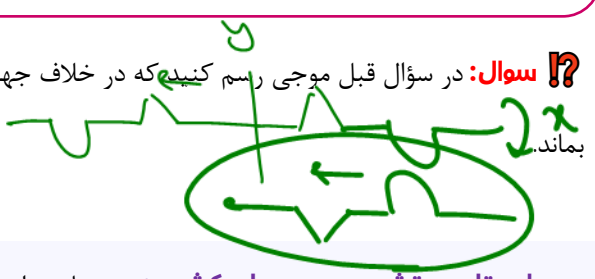
۲) 

۳)

۴)

* اگر تداخل یک موج با موج دیگر به صورتی باشد که آن موج بعد از تداخل به حالت اولیه خود برگردد.

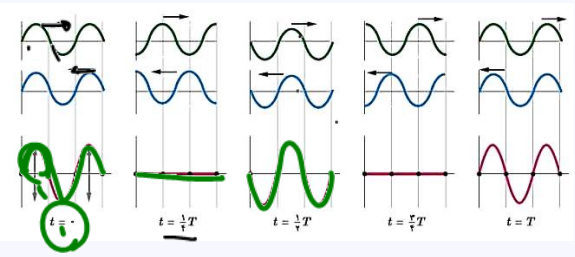
سوال: در سؤال قبل موجی رسم کنید که در خلاف جهت موج اولیه حرکت کند؛ به طوری که نقطه‌ی A همواره ساکن بماند.



موج ایستاده و تشدید در ریسمان کشیده: ریسمانی را تصور کنید که در یک انتها ثابت شده است و انتهای دیگر آن به نوسان درمی‌آید. وقتی موج بازتابیده از انتهای ثابت (که در شکل با رنگ آبی مشخص شده است و به سمت چپ حرکت می‌کند) با موج تابیده (که در شکل با رنگ سبز مشخص شده است و به سمت راست حرکت می‌کند) ترکیب شوند موجی برآیند ایجاد می‌کنند که شکل آن از اصل برهم‌نهی حاصل می‌شود (این موج در شکل با رنگ قرمز مشخص شده است). مشخصه‌ی بارز این موج برآیند آن است که مکان‌هایی در طول ریسمان، موسوم به گره، وجود دارد که در آن‌ها ریسمان هرگز حرکت نمی‌کند. وسط گره‌های مجاور را شکم می‌گویند که دامنه‌ی موج برآیند در آنجا بیشینه است.

پس می‌توان نتیجه گرفت:

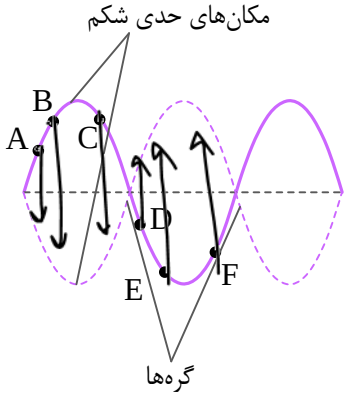
* در محل گره تداخل ویرانگر و در محل شکم تداخل سازنده وجود دارد.
* از آن جا که $E \alpha A^2 F^2$ است، پس می‌توان نتیجه گرفت شکم دارای بیشترین انرژی و گره دارای کمترین انرژی می‌باشد.
* نقش موج برآیند را در این حالت، موج ایستاده می‌گویند؛ زیرا نقش‌های این موج به چپ و راست حرکت نمی‌کند و محل گره شکم‌ها تغییر نمی‌کند.



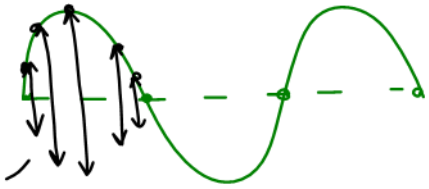
GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

چند تذکر بسیار مهم:

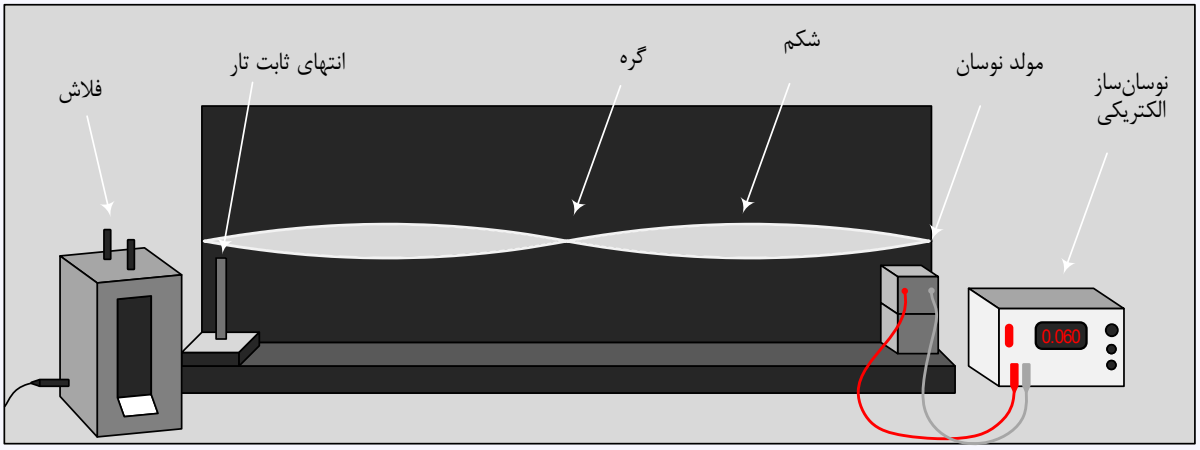
۱) نقاطی که روی یک دوک هستند، دارای وضعیت نوسانی یکسان هستند (هم‌فاز) ولی با نقاطی که روی دوک مجاور است، در فاز مخالف هستند.



۲) نقاط روی یک دوک بسامد یکسان دارند ولی دامنه‌ی متفاوت دارند.

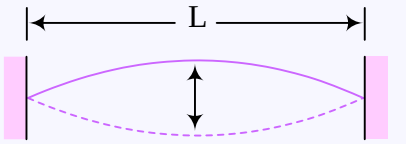


بسامدهای تشدید تار: شکل زیر تصویری واقعی از اسباب آزمایشی را نشان می‌دهد که در آن تاری کشیده شده، از یک سر به یک مولد نوسان و از سر دیگر به گیره‌ای متصل است. به ازای بسامدهای معینی از مولد نوسان، تداخل موجب ایجاد موج ایستاده‌ی بارزی (یا اصطلاحاً یک مُدِ نوسان) در تار می‌شود. گفته می‌شود تار در این بسامدهای معین که بسامدهای تشدیدی خوانده می شوند به تشدید درآمده است. اگر تار در بسامدی غیر از بسامدهای تشدیدی نوسان کند، موج ایستاده‌ی بارزی ایجاد نمی‌شود.



GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

پس متوجه می‌شویم به ازای بسامد معینی از مولد شکل‌های متفاوتی از موج ایستاده ایجاد می‌شود که در این جا بررسی می‌کنیم که به ازای چه بسامدی چه شکلی از موج ایستاده خواهیم داشت:



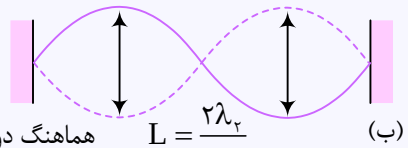
(الف)

هماهنگ اول (اصلی)

(صوت اول)

$L = \frac{\lambda_1}{2}$

$L = n\frac{\lambda n}{2}$ (n = تعداد شکم)



(ب)

هماهنگ دوم

(صوت دوم)

$L = \frac{2\lambda_2}{2}$

$\lambda_n = \frac{2L}{n} \xrightarrow[\lambda_n = \frac{V}{f_n}]{V=\lambda f} \frac{V}{f_n} = \frac{2L}{n}$

(پ)

هماهنگ سوم

(صوت سوم)

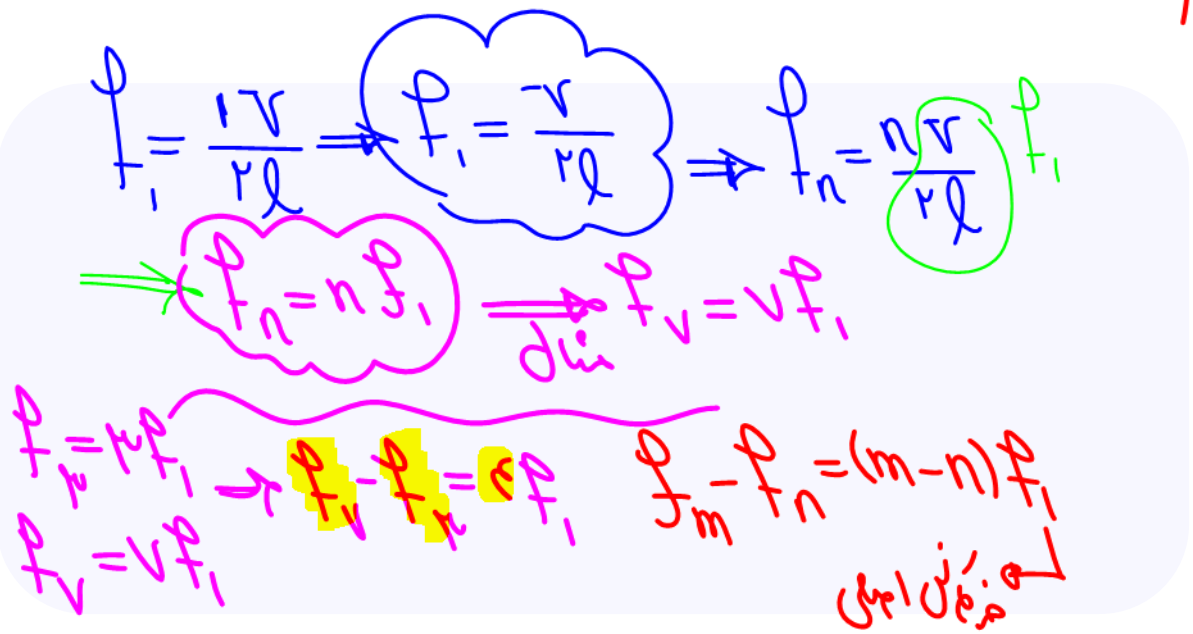
$L = \frac{3\lambda_3}{2}$

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

تعداد شکم

* با استفاده از رابطه‌ی بالا می‌توان محاسبه کرد هر شماره هماهنگ به ازای چه بسامدی تولید می‌شود.

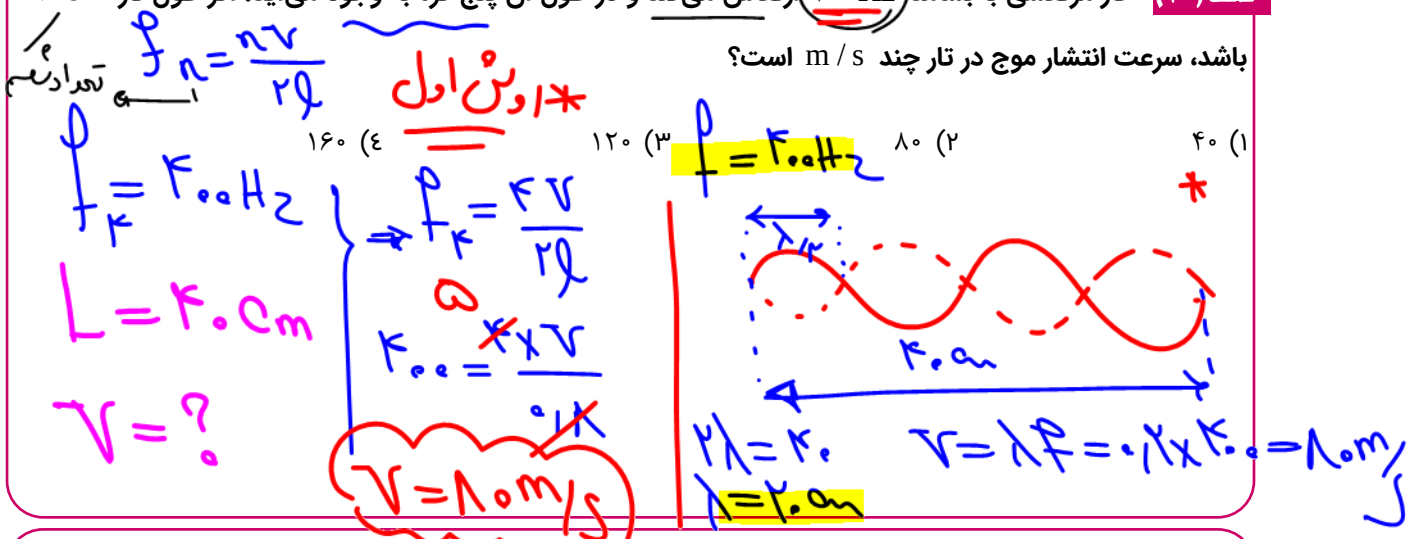
نکته



GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

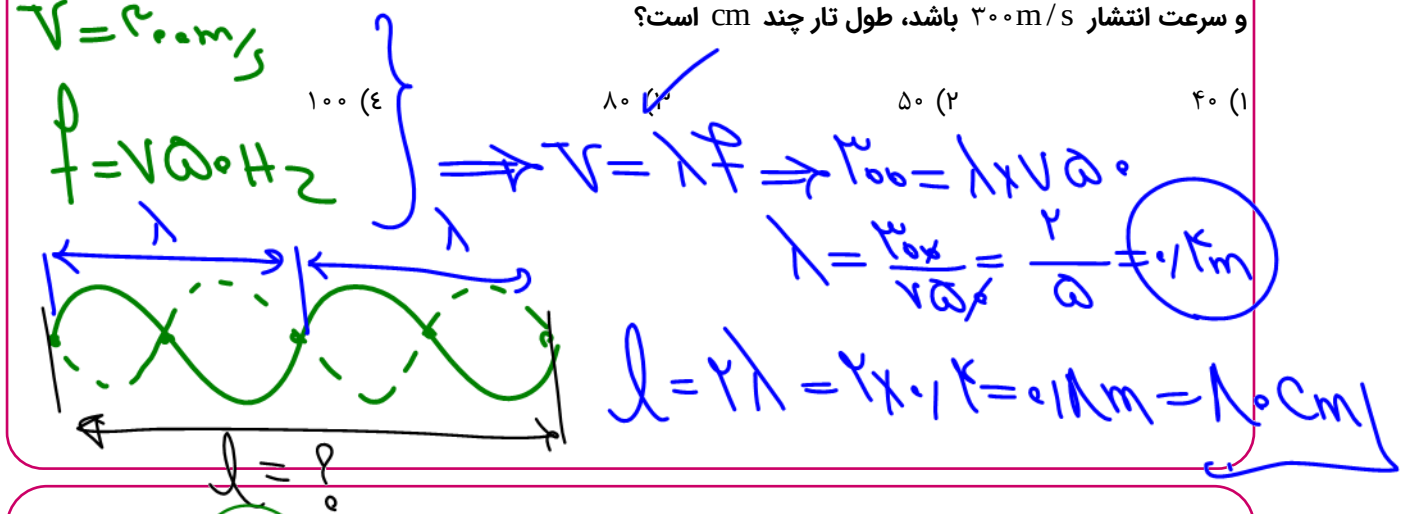
تست (۱۰) تار مرتعشی با بسامد ۴۰۰Hz ارتعاش می‌کند و در طول آن پنج گره به وجود می‌آید. اگر طول تار ۴۰cm باشد، سرعت انتشار موج در تار چند m/s است؟

۱) ۴۰ ۲) ۸۰ ۳) ۱۲۰ ۴) ۱۶۰



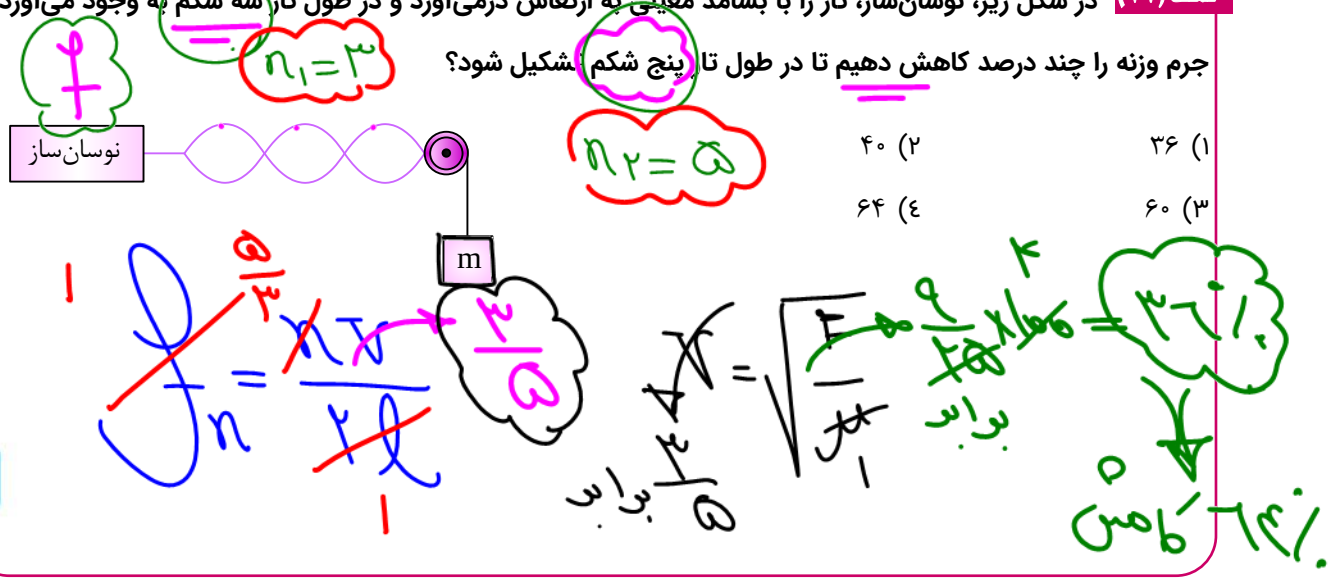
تست (۱۱) یکی از سیم‌های یک ساز موسیقی با بسامد ۷۵۰Hz تولید می‌کند. اگر در طول تار ۵ گره وجود داشته‌باشد و سرعت انتشار ۳۰۰m/s باشد، طول تار چند cm است؟

۱) ۴۰ ۲) ۵۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۰۰



تست (۱۲) در شکل زیر، نوسان‌ساز، تار را با بسامد معینی به ارتعاش درمی‌آورد و در طول تار سه شکم به وجود می‌آورد. جرم وزنه را چند درصد کاهش دهیم تا در طول تار پنج شکم تشکیل شود؟

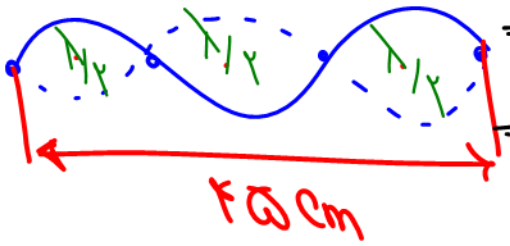
۱) ۳۶ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۶۴



GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

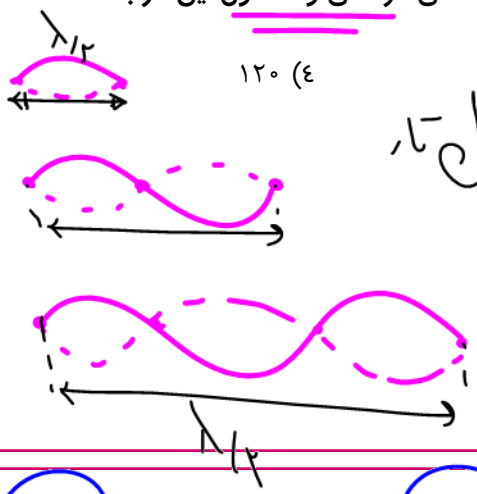
تست (۱۳) تاری به طول ۴۵ سانتی‌متر بین دو نقطه‌ی ثابت، بسته شده است. در این تار موج ایستاده ایجاد شده و در طول آن ۳ شکم تشکیل شده است. اگر سرعت انتشار موج عرضی در این تار $180\,m/s$ باشد، بسامد صدای تار در این حالت چند هرتز است و این بسامد، هماهنگ چندم صوت اصلی است؟ (کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۳۹۵)

۱) ۳۰۰، سوم ۲) ۳۰۰، چهارم ۳) ۶۰۰، سوم ۴) ۶۰۰، پنجم



تست (۱۴) 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 $16\,cm$ می‌باشد. کدام یک از اندازه‌های داده شده بر حسب سانتی‌متر، نمی‌تواند طول این تار باشد؟

۱) ۲۴ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۱۲۰

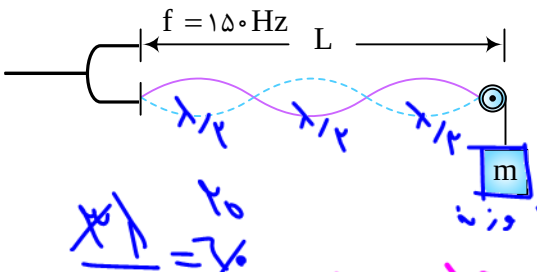


تست (۱۵) در یک تار دو انتها بسته، یکی از بسامدهای تشدیدی $150\,Hz$ و بسامد تشدیدی پس از آن $225\,Hz$ است. اگر در طول تار پنج گره تشکیل شده باشد، بسامد تار در این حالت چند هرتز است؟

۱) ۶۰۰ ۲) ۳۷۵ ۳) ۳۰۰ ۴) ۲۲۵

GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

تست (۱۶) مطابق شکل در یک تار مرتعش، موج ایستاده تشکیل شده است. اگر طول تار (L) برابر ۶۰ سانتی‌متر و جرم تار ۲ گرم باشد، جرم وزنه‌ی آویخته شده از انتهای تار چند گرم است؟ $(g=10\,m/s^2)$



۱) ۳۶۰ ۲) ۶۸۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) ۱۰۰۰

تست (۱۷) تار مرتعشی به طول ۳۰ سانتی‌متر و قطر مقطع ۰/۵ میلی‌متر و چگالی $8\,g/cm^3$ بین دو نقطه با نیروی ۶۰ نیوتن کشیده می‌شود و در طول آن ۴ گره ایجاد می‌شود. بسامد صوت حاصل چند هرتز است؟ $(\pi=3)$

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۲۵۰ ۴) ۱۰۰۰

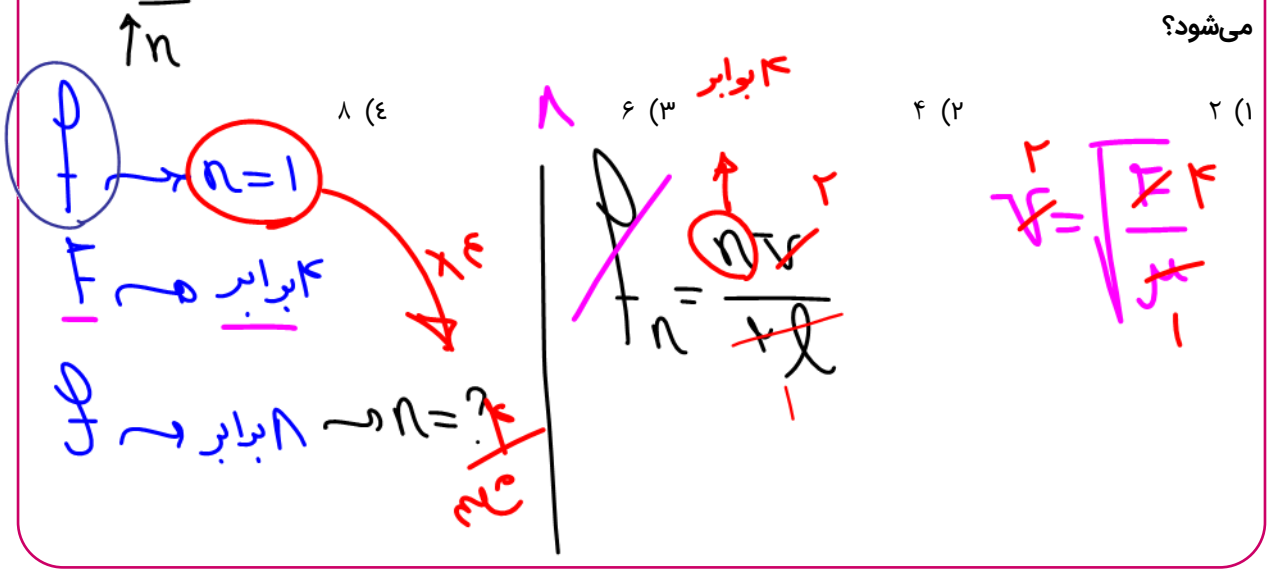
تست (۱۸) دو سر طنابی ثابت شده است. وقتی طناب را به ارتعاش درمی‌آوریم، در آن موج ایستاده تشکیل می‌شود. اگر طول طناب ۶۰cm و در طول آن دو شکم ایجاد شده باشد، بسامد نوسان طناب چند هرتز است؟ (سرعت انتشار موج در طناب $240\,m/s$ است.)

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۶۰۰

GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان

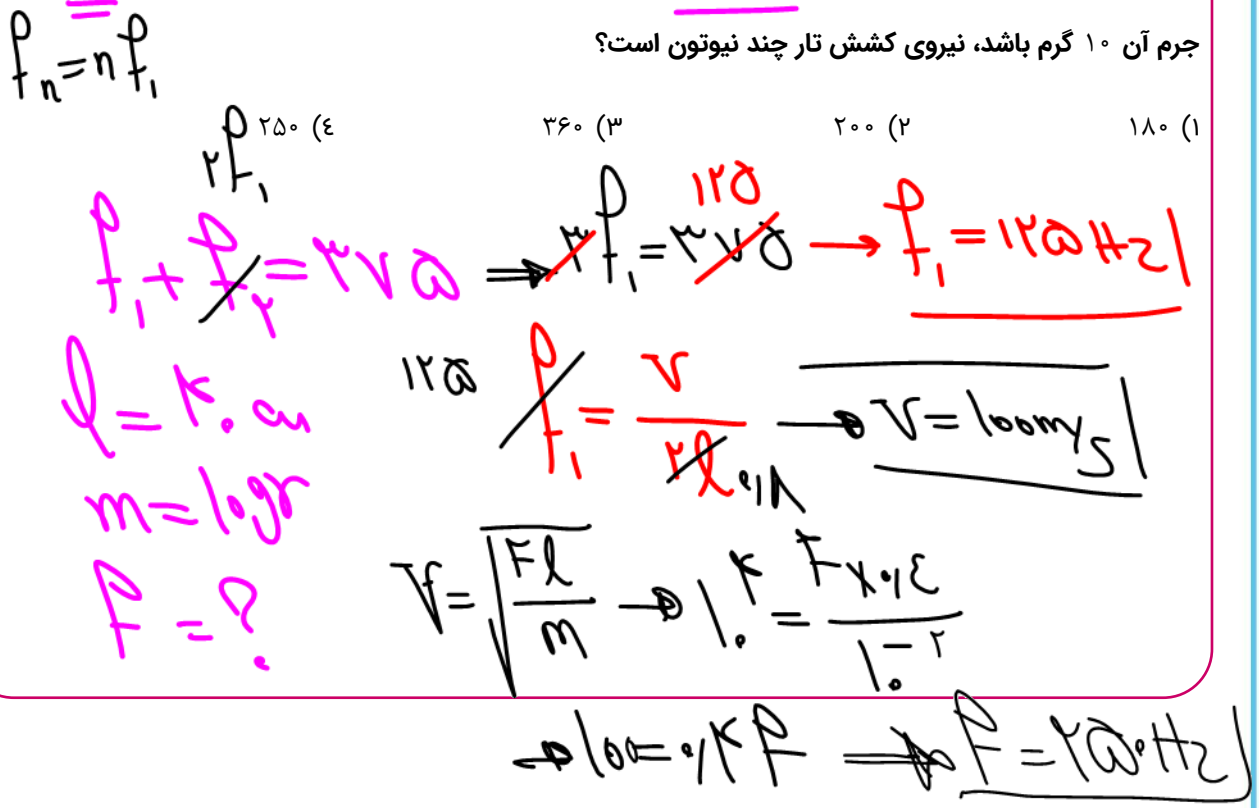
تست (۱۹) تاری بین دو نقطه بسته شده و با بسامد f ارتعاش می‌کند و در طول آن یک شکم تشکیل شده است. اگر نیروی کشش تار را ۴ برابر کنیم و آن را با بسامد $8f$ به ارتعاش درآوریم، در این حالت در طول تار چند شکم تشکیل می‌شود؟

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸



تست (۲۰) مجموع بسامدهای دو هماهنگ نخست یک تار دو انتها بسته ۳۷۵ هرتز است. اگر طول تار $40cm$ و جرم آن ۱۰ گرم باشد، نیروی کشش تار چند نیوتون است؟

۱) ۱۸۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۳۶۰ ۴) ۲۵۰



GIVECHIAN_PHYSICS
مهندس گیوچیان