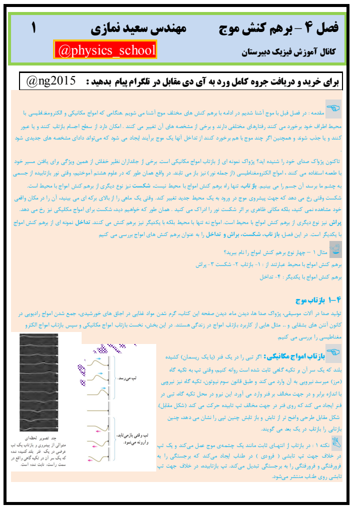


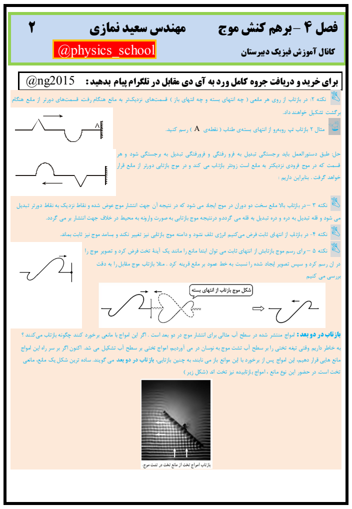
فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

مقدمه : در فصل قبل با موج آشنا شدیم در ادامه با برهم کنش های مختلف موج آشنا می شویم .هنگامی که امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی با محیط اطراف خود برخورد می کنند رفتارهای مختلفی دارند و برخی از مشخصه های آن تغییر می کنند . امکان دارد از سطح اجسام بازتاب کنند و یا عبور کنند و یا جذب شوند و همچنین اگر چند موج با هم برخورد کنند از تداخل آنها یک موج برآیند ایجاد می شود که می‌تواند دادای مشخصه های جدیدی شود .

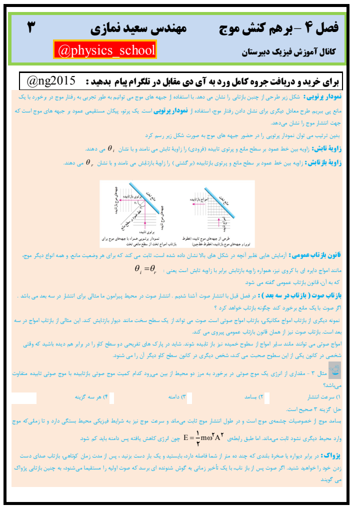
تاکنون پژواک صدای خود را شنیده اید؟ پژواک نمونه ای از بازتاب امواج مکانیکی است. برخی از جانداران نظیر خفاش از همین ویژگی برای یافتن مسیر خود با طعمه استفاده می کنند ، امواج الکترومغناطیسی (از جمله نور) نیز باز می تابند. در واقع همان طور که در علوم هشتم آموختیم، وقتی نور بازتابیده از جسمی به چشم ما برسد آن جسم را می بینیم. **باز تاب**، تنها راه برهم کنش امواج با محیط نیست، **شکست** نیز نوع دیگری از برهم کنش امواج با محیط است.



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

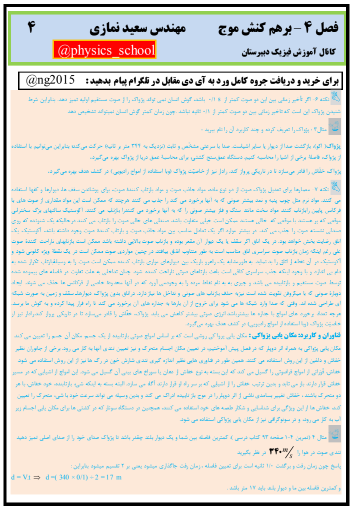
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۳

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۴

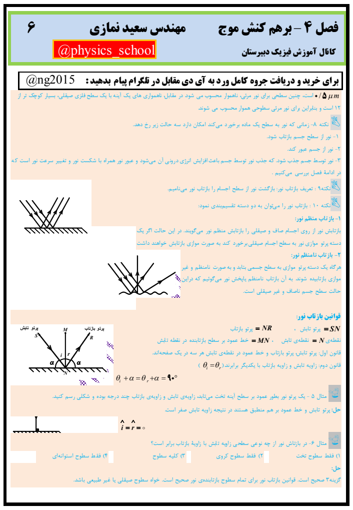
کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۵

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

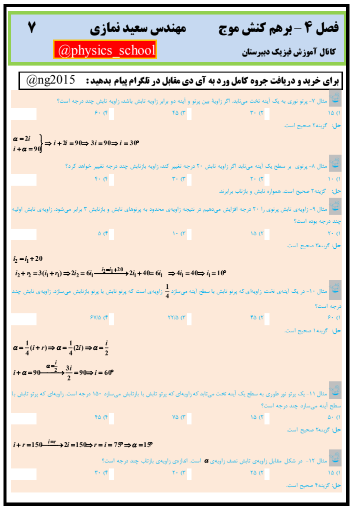
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۶

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

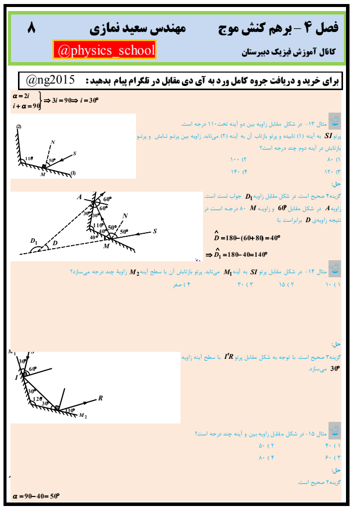
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۷

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

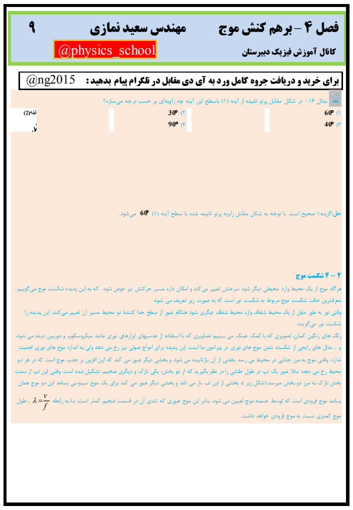
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۸

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۹

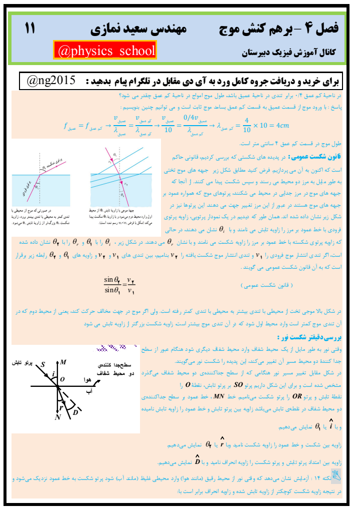
کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۰

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

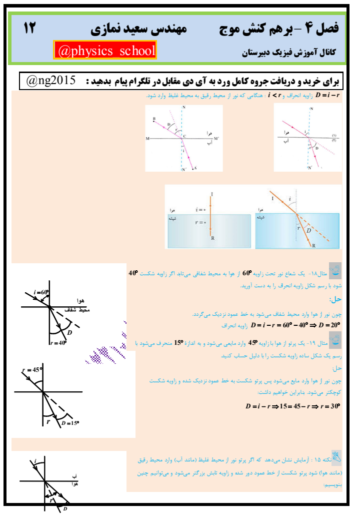
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۱

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۲

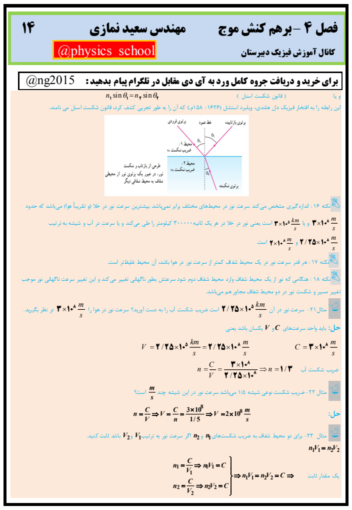
کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۳

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

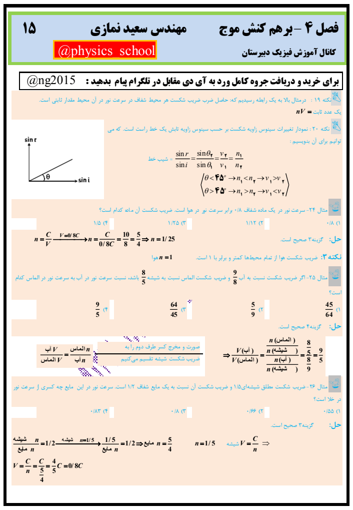
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۴

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

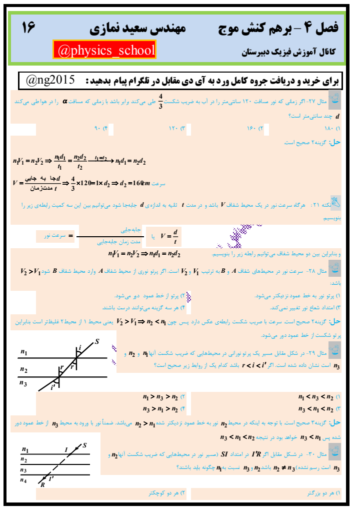
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015



فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۵

کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

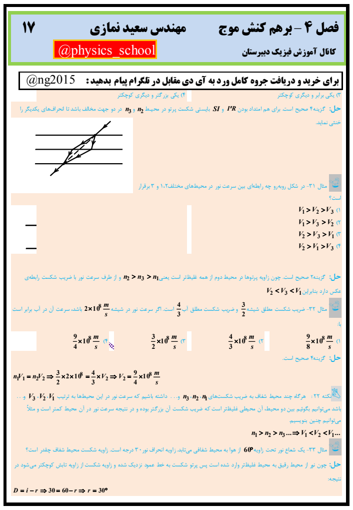
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

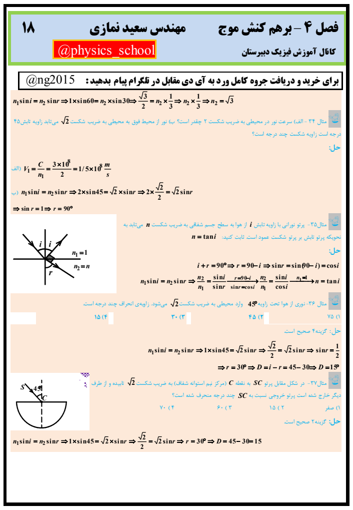


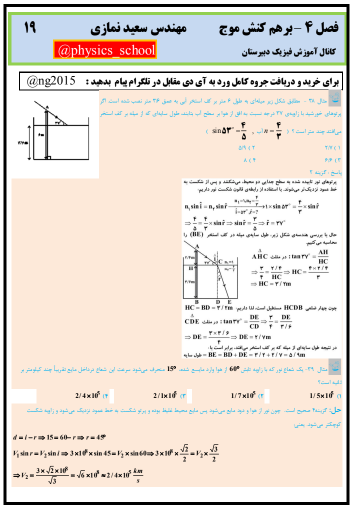
فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۶

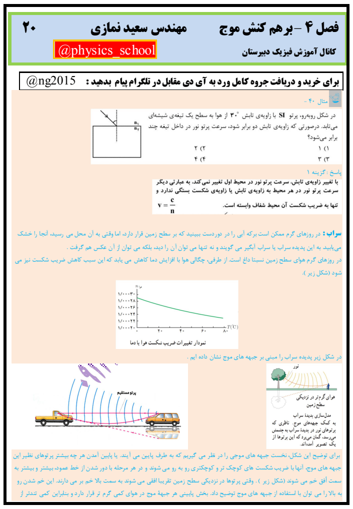
کانال آموزش فیزیک دبیرستان @physics_school

برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015


فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۷
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015


فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۸
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015


فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۱۹
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015


فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۰
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

مثال ۴۰ -

در شکل روبه‌رو، پرتو SI با زاویه‌ی تابش °۳۰ از هوا به سطح یک تیغه‌ی شیشه‌ای می‌تابد. درصورتی که زاویه‌ی تابش دو برابر شود، سرعت پرتو نور در داخل تیغه چند برابر می‌شود؟

۱) ۱ ۲) ۲
۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ : گزینه ۱

با تغییر زاویه‌ی تابش، سرعت پرتو نور در محیط اول تغییر نمی‌کند، به عبارتی دیگر سرعت پرتو نور در هر محیط به زاویه‌ی تابش یا زاویه‌ی شکست بستگی ندارد و تنها به ضریب شکست آن محیط شفاف وابسته است. $v = \frac{c}{n}$

**سراب :** در روزهای گرم ممکن است برکه آبی را در دوردست ببینید که بر سطح زمین قرار دارد، اما وقتی به آن محل می رسید، آنجا را خشک می‌یابید به این پدیده سراب یا سراب آبگیر می گویند و نه تنها می توان آن را دید، بلکه می توان از آن عکس هم گرفت .

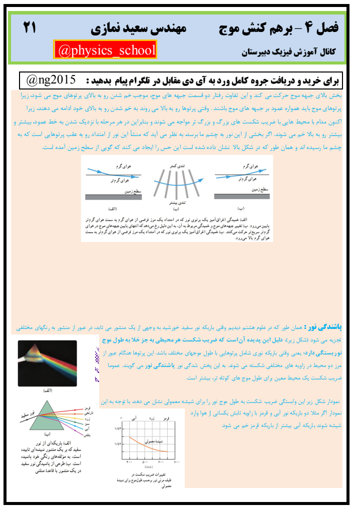
در روزهای گرم هوای سطح زمین نسبتا داغ است. از طرفی، چگالی هوا با افزایش دما کاهش می یابد که این سبب کاهش ضریب شکست نیز می شود (شکل زیر ).

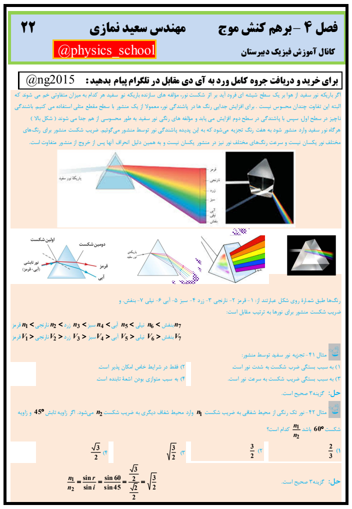
نمودار تغییرات ضریب شکست هوا با دما

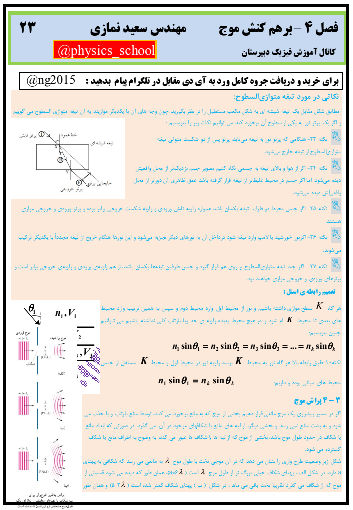
در شکل زیر پدیده سراب را مبنی بر جبهه های موج نشان داده ایم .

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

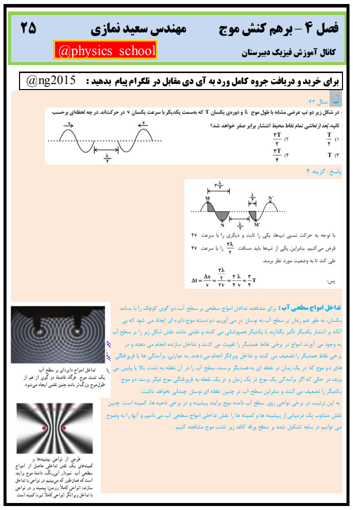
برای توضیح این شکل، نخست جبهه های موجی را در نظر می گیریم که به طرف پایین می آیند. با پایین آمدن هر چه بیشتر پرتوهای نظیر این جبهه های موج، آنها با ضریب شکست های کوچک تر و کوچکتری رو به رو می شوند و در هر مرحله با دور شدن از خط عمود، بیشتر و بیشتر به سمت أفق خم می شوند (شکل زیر ). وقتی پرتوها در نزدیکی سطح زمین تقریبا افقی می شوند به سمت بالا خم بر می دارند. این خم شدن رو به بالا را می توان با استفاده از جبهه های موج توضیح داد. بخش پایینی هر جبههٔ موج در هوای کمی گرم تر قرار دارد و بنابراین کمی تندتر از

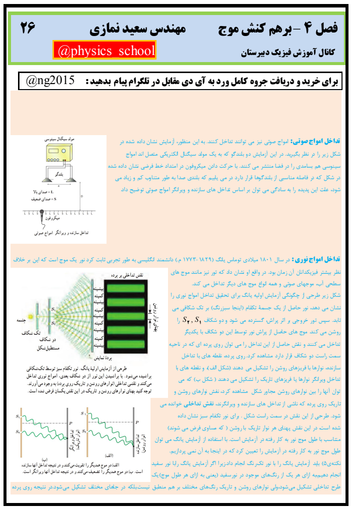

فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۱
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

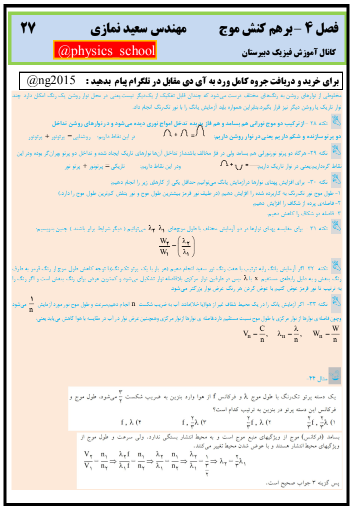

فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۲
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

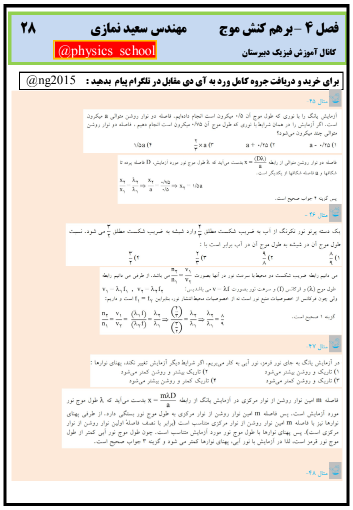

فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۳
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

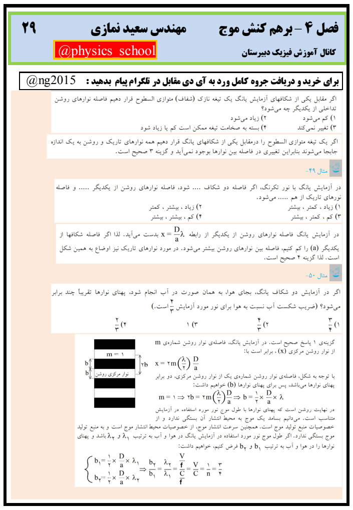
فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۴
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015


فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۵
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

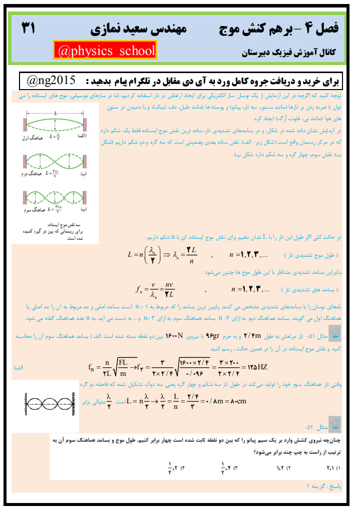

فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۶
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

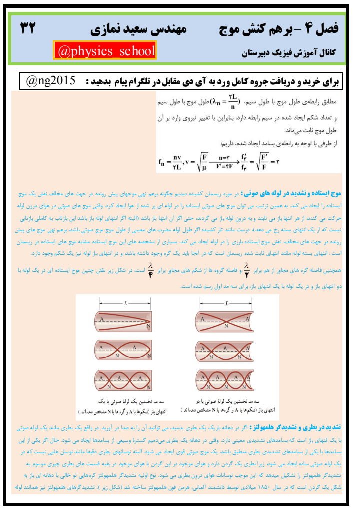

فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۷
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015


فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۸
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015


فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۲۹
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۳۰
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015


فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۳۱
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015


فصل ۴ – برهم کنش موج مهندس سعید نمازی ۳۲
@physics_school کانال آموزش فیزیک دبیرستان
برای خرید و دریافت جزوه کامل ورد به آی دی مقابل در تلگرام پیام بدهید : @ng2015

های صوتی بسامدهای تشدیدی معنی دارند و هرگاه بسامد یک صوت برابر با یکی از بسامدهای تشدیدی آنها باشد تشدیدگر پاسخ قوی تری به ان صوت می دهد.

(ب) (الف)

الف) طرحی از تشدیدگر اولیه هلمهولتز و
ب) تصویری از چند تشدیدگر هلمهولتز کروی با اندازه‌های متفاوت

### فناوری و کاربرد: امواج ایستاده در اجتق های میکروموج

اجاق های میکرو موج (مایکروفر) بر اساس تداخل امواج الکترو مغناطیسی و تشکیل امواج ایستاده کار می کنند، بسامد امواج ایستاده ایجاد شده در این اجاق ها $۲۰۴۵GHz$ و طول موج آنها حدود $۱۲cm$ است. میکروموج های بازتابیده از دیواره های فلزی اجاق با برهم نهی با موج های تابیده، موج های ایستاده ای را در داخل محفظه اجاق ایجاد می کنند که از گرهها و شکم ها تشکیل شده اند. در محل شکم ها دامنه نوسان میدان الکتریکی بیشینه است، مولکول های آب موجود در مواد غذایی در این نقاط به شدت به ارتعاش در می آیند و بیشترین افزایش دما ایجاد می شود. در حالی که در محل گره ها، دامنه نوسان میدان الکتریکی صفر است و هیچ نوسان میدان الکتریکی ای نداریم که موجب پختن یا گرم شدن مواد غذایی شود و در گرهها اصطلاحا نقاط سرد داریم . بنابراین غذا به طور یکنواخت پخته یا گرم نمی شود. به همین دلیل اجاق های میکرو موج صفحه های گردانی دارند تا با گرداندن غذا در اجاق، هیچ بخشی از غذا در گره (نقطه سردی ) باقی نماند .

طول موج (λ)
گره
شکم

تصویری یک بُعدی از ایجاد امواج ایستاده در داخل یک اجاق میکروموج

## تمرینات تکمیلی و نمونه سوالات امتحان نهایی:

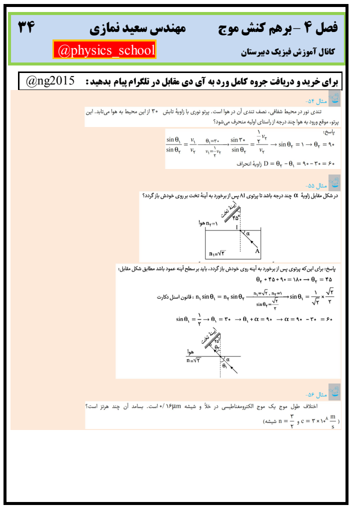
مثال ۵۳-

یک کشتی سنجش عمق اقیانوس کف آن را با امواج فراصوتی‌ای می‌روبد که تندی آنها در آب دریا $۱۵۳۰\frac{m}{s}$ است. اگر تأخیر زمانی بازتاب امواج (پژواک) از کف اقیانوس $۴s$ باشد، عمق آن چقدر است؟

پاسخ: چون ۴ ثانیه زمان رفت و برگشت صوت است، پس زمان رفت $۲s$ است.

$$t_{رفت} = \frac{۴}{۲} = ۲s$$

$$d = vt \xrightarrow[t=۲s]{v=۱۵۳۰\frac{m}{s}} d = ۲ \times ۱۵۳۰ = ۳۰۶۰۰m$$



مثال ۵۴-

تندی نور در محیط شفافی، نصف تندی آن در هوا است. پرتو نوری با زاویهٔ تابش ۳۰ از این محیط به هوا می‌تابد. این پرتو، موقع ورود به هوا چند درجه از راستای اولیه منحرف می‌شود؟

پاسخ:

$$\frac{\sin\theta_۱}{\sin\theta_۲} = \frac{v_۱}{v_۲} \xrightarrow[v_۱=\frac{۱}{۲}v_۲]{\theta_۱=۳۰} \frac{\sin ۳۰}{\sin\theta_۲} = \frac{\frac{۱}{۲}v_۲}{v_۲} \to \sin\theta_۲ = ۱ \to \theta_۲ = ۹۰$$

زاویهٔ انحراف $D = \theta_۲ - \theta_۱ = ۹۰ - ۳۰ = ۶۰$

مثال ۵۵-

در شکل مقابل زاویهٔ $\alpha$ چند درجه باشد تا پرتوی AI پس از برخورد به آینهٔ تخت بر روی خودش باز گردد؟

آینهٔ تخت
۴۵°
هوا $n_۲=۱$
I
α
A
$n_۱=\sqrt{۲}$

پاسخ: برای این‌که پرتوی پس از برخورد به آینه روی خودش باز گردد، باید بر سطح آینه عمود باشد مطابق شکل مقابل:

$$\theta_۲ + ۴۵ + ۹۰ = ۱۸۰ \to \theta_۲ = ۴۵$$

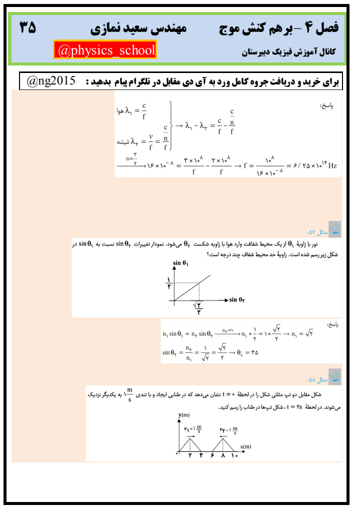
قانون اسنل دکارت : $n_۱ \sin\theta_۱ = n_۲ \sin\theta_۲ \xrightarrow[\sin\theta_۲=\frac{\sqrt{۲}}{۲}]{n_۱=\sqrt{۲},\ n_۲=۱} \sin\theta_۱ = \frac{۱}{\sqrt{۲}} \times \frac{\sqrt{۲}}{۲}$

$$\sin\theta_۱ = \frac{۱}{۲} \to \theta_۱ = ۳۰ \to \theta_۱ + \alpha = ۹۰ \to \alpha = ۹۰ - ۳۰ = ۶۰$$

آینهٔ تخت
۴۵°
$\theta_۲$
هوا
$n=\sqrt{۲}$
α
$\theta_۱$

مثال ۵۶-

اختلاف طول موج یک موج الکترومغناطیسی در خلأ و شیشه $۰/۱۶\mu m$ است. بسامد آن چند هرتز است؟ ( $n = \frac{۳}{۲}$ شیشه و $c = ۳ \times ۱۰^۸\frac{m}{s}$ )



پاسخ:

$$\left.\begin{array}{l} \lambda_۱ = \frac{c}{f} \text{ هوا} \\ \lambda_۲ = \frac{v}{f} = \frac{\frac{c}{n}}{f} \text{ شیشه} \end{array}\right\} \to \lambda_۱ - \lambda_۲ = \frac{c}{f} - \frac{\frac{c}{n}}{f}$$

$$\xrightarrow{n=\frac{۳}{۲}} ۱۶ \times ۱۰^{-۸} = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{f} - \frac{۲ \times ۱۰^۸}{f} \to f = \frac{۱۰^۸}{۱۶ \times ۱۰^{-۸}} = ۶/۲۵ \times ۱۰^{۱۴}Hz$$

مثال ۵۷-

نور با زاویهٔ $\theta_۱$ از یک محیط شفافت وارد هوا با زاویه شکست $\theta_۲$ می‌شود. نمودار تغییرات $\sin\theta_۲$ نسبت به $\sin\theta_۱$ در شکل زیر رسم شده است. زاویهٔ حد محیط شفاف چند درجه است؟

$\sin\theta_۱$
$\frac{۱}{۲}$
$\sin\theta_۲$
$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$

پاسخ:

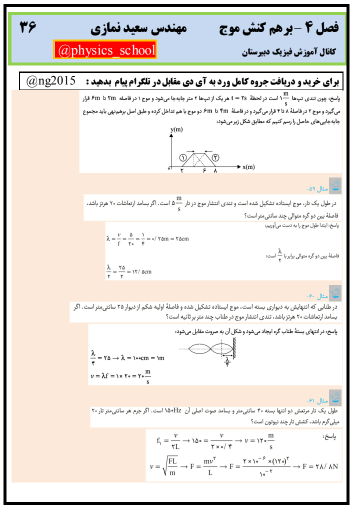
$$n_۱ \sin\theta_۱ = n_۲ \sin\theta_۲ \xrightarrow{n_۲=۱} n_۱ \times \frac{۱}{۲} = ۱ \times \frac{\sqrt{۲}}{۲} \to n_۱ = \sqrt{۲}$$

$$\sin\theta_۲ = \frac{n_۲}{n_۱} = \frac{۱}{\sqrt{۲}} = \frac{\sqrt{۲}}{۲} \to \theta_c = ۴۵$$

مثال ۵۸-

شکل مقابل دو تپ مثلثی شکل را در لحظهٔ $t = ۰$ نشان می‌دهد که در طنابی ایجاد و با تندی $۱\frac{m}{s}$ به یکدیگر نزدیک می‌شوند. در لحظهٔ $t = ۲s$ ، شکل تپ‌ها در طناب را رسم کنید.

y(m)
$v_۱=۱\frac{m}{s}$
$v_۲=۱\frac{m}{s}$
x(m)
۰ ۲ ۴ ۶ ۸ ۱۰



پاسخ: چون تندی تپ‌ها $۱\frac{m}{s}$ است در لحظهٔ $t = ۲s$ هر یک از تپ‌ها ۲ متر جابه‌جا می‌شود و موج ۱ در فاصله $۲m$ تا $۶m$ قرار می‌گیرد و موج ۲ در فاصلهٔ ۸ تا ۴ قرار می‌گیرد و در فاصلهٔ $۴m$ تا $۶m$ دو موج با هم تداخل کرده و طبق اصل برهم‌نهی باید مجموع جابه‌جایی‌های حاصل را رسم کنیم که مطابق شکل زیر می‌شود:

y(m)
①
②
x(m)
۰ ۲ ۶ ۸

مثال ۵۹-

در طول یک تار، موج ایستاده تشکیل شده است و تندی انتشار موج در تار $۵\frac{m}{s}$ است. اگر بسامد ارتعاشات ۲۰ هرتز باشد، فاصلهٔ بین دو گره متوالی چند سانتی‌متر است؟

پاسخ: ابتدا طول موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{۵}{۲۰} = \frac{۱}{۴} = ۰/۲۵m = ۲۵cm$$

فاصلهٔ بین دو گره متوالی برابر با $\frac{\lambda}{۲}$ است:

$$\frac{\lambda}{۲} = \frac{۲۵}{۲} = ۱۲/۵cm$$

مثال ۶۰-

در طنابی که انتهایش به دیواری بسته است، موج ایستاده تشکیل شده و فاصلهٔ اولیه شکم از دیوار ۲۵ سانتی‌متر است. اگر بسامد ارتعاشات ۲۰ هرتز باشد، تندی انتشار موج در طناب چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ: در انتهای بستهٔ طناب گره ایجاد می‌شود و شکل آن به صورت مقابل می‌شود:

$$\frac{\lambda}{۴} = ۲۵ \to \lambda = ۱۰۰cm = ۱m$$

$$v = \lambda f = ۱ \times ۲۰ = ۲۰\frac{m}{s}$$

$\frac{\lambda}{۴}$

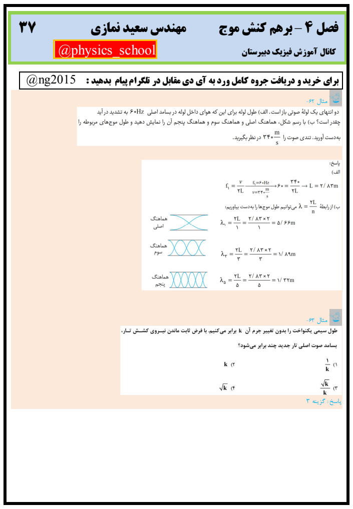
مثال ۶۱-

طول یک تار مرتعش دو انتها بسته ۴۰ سانتی‌متر و بسامد صوت اصلی آن $۱۵۰Hz$ است. اگر جرم هر سانتی‌متر تار ۲۰ میلی‌گرم باشد، کشش تار چند نیوتون است؟

پاسخ:

$$f_۱ = \frac{v}{۲L} \to ۱۵۰ = \frac{v}{۲ \times ۰/۴} \to v = ۱۲۰\frac{m}{s}$$

$$v = \sqrt{\frac{FL}{m}} \to F = \frac{mv^۲}{L} \to F = \frac{۲ \times ۱۰^{-۶} \times (۱۲۰)^۲}{۱۰^{-۲}} \to F = ۲۸/۸N$$



مثال ۶۲-

دو انتهای یک لولهٔ صوتی باز است. الف) طول لوله برای این که هوای داخل لوله در بسامد اصلی $۶۰Hz$ به تشدید درآید چقدر است؟ ب) با رسم شکل، هماهنگ اصلی و هماهنگ سوم و هماهنگ پنجم آن را نمایش دهید و طول موج‌های مربوطه را به‌دست آورید. تندی صوت را $۳۴۰\frac{m}{s}$ در نظر بگیرید.

پاسخ:

الف)

$$f_۱ = \frac{v}{۲L} \xrightarrow[v=۳۴۰\frac{m}{s}]{f_۱=۶۰Hz} ۶۰ = \frac{۳۴۰}{۲L} \to L = ۲/۸۳m$$

ب) از رابطهٔ $\lambda = \frac{۲L}{n}$ می‌توانیم طول موج‌ها را به‌دست بیاوریم:

هماهنگ اصلی $\lambda_۱ = \frac{۲L}{۱} = \frac{۲/۸۳ \times ۲}{۱} = ۵/۶۶m$

هماهنگ سوم $\lambda_۳ = \frac{۲L}{۳} = \frac{۲/۸۳ \times ۲}{۳} = ۱/۸۹m$

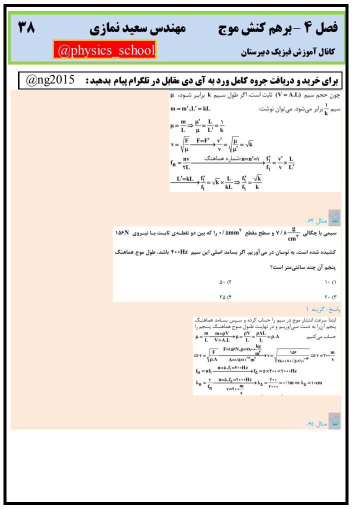
هماهنگ پنجم $\lambda_۵ = \frac{۲L}{۵} = \frac{۲/۸۳ \times ۲}{۵} = ۱/۱۳m$

مثال ۶۳-

طول سیمی یکنواخت را بدون تغییر جرم آن $k$ برابر می‌کنیم. با فرض ثابت ماندن نیروی کشش تار، بسامد صوت اصلی تار جدید چند برابر می‌شود؟

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

پاسخ : گزینه ۳



چون حجم سیم $(V = A.L)$ ثابت است، اگر طول سیم $k$ برابر شود، $\mu$ سیم $\frac{۱}{k}$ برابر می‌شود. می‌توان نوشت:

$$m = m', L' = kL$$

$$\mu = \frac{m}{L} \Rightarrow \frac{\mu'}{\mu} = \frac{L}{L'} = \frac{۱}{k}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{F=F'} \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{\mu}{\mu'}} = \sqrt{k}$$

$$f_n = \frac{nv}{۲L} \xrightarrow{\text{شماره هماهنگ}: n=n'=۱} \frac{f'_۱}{f_۱} = \frac{v'}{v} \times \frac{L}{L'}$$

$$\xrightarrow{L'=kL} \frac{f'_۱}{f_۱} = \sqrt{k} \times \frac{L}{kL} \Rightarrow \frac{f'_۱}{f_۱} = \frac{\sqrt{k}}{k}$$

مثال ۶۴-

سیمی با چگالی $۷/۸\frac{g}{cm^۳}$ و سطح مقطع $۰/۵mm^۲$ را که بین دو نقطه‌ی ثابت با نیروی $۱۵۶N$ کشیده شده است، به نوسان در می‌آوریم. اگر بسامد اصلی این سیم $۴۰۰Hz$ باشد، طول موج هماهنگ پنجم آن چند سانتی‌متر است؟

۱) ۱۰ ۲) ۵۰
۳) ۲۰ ۴) ۲۵

پاسخ : گزینه ۱

ابتدا سرعت انتشار موج در سیم را حساب کرده و سپس بسامد هماهنگ پنجم آن‌را به دست می‌آوریم و در نهایت طول موج هماهنگ پنجم را حساب می‌کنیم.

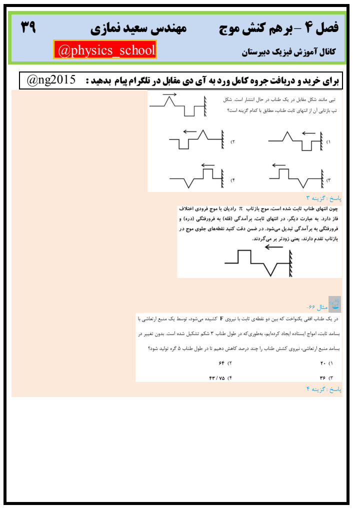
$$\mu = \frac{m}{L} \xrightarrow[V=A.L]{m=\rho V} \mu = \frac{\rho V}{L} = \frac{\rho AL}{L} = \rho.A$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\rho.A}} \xrightarrow[A=۰/۵\times۱۰^{-۶}m^۲]{F=۱۵۶N,\ \rho=۷۸۰۰\frac{kg}{m^۳}} v = \sqrt{\frac{۱۵۶}{۷۸۰۰\times۰/۵\times۱۰^{-۶}}} \Rightarrow v = ۲۰۰\frac{m}{s}$$

$$f_n = nf_۱ \xrightarrow{n=۵,\ f_۱=۴۰۰Hz} f_۵ = ۵\times۴۰۰ = ۲۰۰۰Hz$$

$$\lambda_n = \frac{v}{f_n} \xrightarrow[v=۲۰۰\frac{m}{s}]{n=۵,\ f_۵=۲۰۰۰Hz} \lambda_۵ = \frac{۲۰۰}{۲۰۰۰} = ۰/۱m \Rightarrow \lambda_۵ = ۱۰cm$$

مثال ۶۵-



تپی مانند شکل مقابل در یک طناب در حال انتشار است. شکل تپ بازتابی آن از انتهای ثابت طناب، مطابق با کدام گزینه است؟

(۱ (۲
(۳ (۴

پاسخ : گزینه ۳

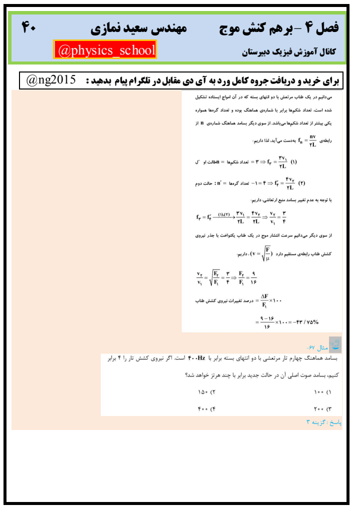
چون انتهای طناب ثابت شده است، موج بازتاب $\pi$ رادیان با موج فرودی اختلاف فاز دارد. به عبارت دیگر، در انتهای ثابت، برآمدگی (قله) به فرورفتگی (دره) و فرورفتگی به برآمدگی تبدیل می‌شود. در ضمن دقت کنید نقطه‌های جلوی موج در بازتاب تقدم دارند، یعنی زودتر بر می‌گردند.

مثال ۶۶-

در یک طناب افقی یکنواخت که بین دو نقطه‌ی ثابت با نیروی $F$ کشیده می‌شود، توسط یک منبع ارتعاشی با بسامد ثابت، امواج ایستاده ایجاد کرده‌ایم، به‌طوری‌که در طول طناب ۳ شکم تشکیل شده است. بدون تغییر در بسامد منبع ارتعاشی، نیروی کشش طناب را چند درصد کاهش دهیم تا در طول طناب ۵ گره تولید شود؟

۱) ۲۰ ۲) ۶۴
۳) ۳۶ ۴) ۴۳/۷۵

پاسخ : گزینه ۴



می‌دانیم در یک طناب مرتعش با دو انتهای بسته که در آن امواج ایستاده تشکیل شده است، تعداد شکم‌ها برابر با شماره‌ی هماهنگ بوده و تعداد گره‌ها همواره یکی بیشتر از تعداد شکم‌ها می‌باشد. از سوی دیگر بسامد هماهنگ شماره‌ی $n$ از رابطه‌ی $f_n = \frac{nv}{۲L}$ به‌دست می‌آید، لذا داریم،

حالت اول: $n =$ تعداد شکم‌ها $= ۳ \Rightarrow f_۳ = \frac{۳v_۱}{۲L}$ (۱)

حالت دوم: $n' =$ تعداد گره‌ها $-۱ = ۴ \Rightarrow f'_۴ = \frac{۴v_۲}{۲L}$ (۲)

با توجه به عدم تغییر بسامد منبع ارتعاشی، داریم،

$$f_۳ = f'_۴ \xrightarrow{(۱),(۲)} \frac{۳v_۱}{۲L} = \frac{۴v_۲}{۲L} \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = \frac{۳}{۴}$$

از سوی دیگر می‌دانیم سرعت انتشار موج در یک طناب یکنواخت با جذر نیروی کشش طناب رابطه‌ی مستقیم دارد $(v = \sqrt{\frac{F}{\mu}})$، داریم،

$$\frac{v_۲}{v_۱} = \sqrt{\frac{F_۲}{F_۱}} = \frac{۳}{۴} \Rightarrow \frac{F_۲}{F_۱} = \frac{۹}{۱۶}$$

درصد تغییرات نیروی کشش طناب $= \frac{\Delta F}{F_۱} \times ۱۰۰$

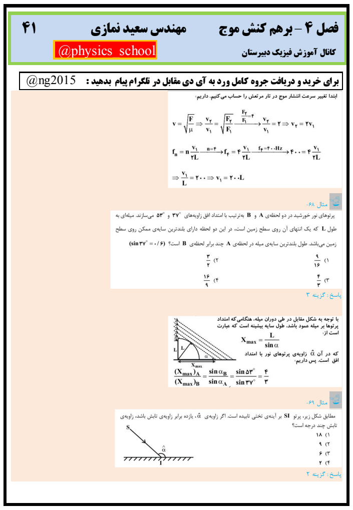
$$= \frac{۹ - ۱۶}{۱۶} \times ۱۰۰ = -۴۳/۷۵\%$$

مثال ۶۷-

بسامد هماهنگ چهارم تار مرتعشی با دو انتهای بسته برابر با $۴۰۰Hz$ است. اگر نیروی کشش تار را ۴ برابر کنیم، بسامد صوت اصلی آن در حالت جدید برابر با چند هرتز خواهد شد؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۱۵۰
۳) ۲۰۰ ۴) ۴۰۰

پاسخ : گزینه ۳



ابتدا تغییر سرعت انتشار موج در تار مرتعش را حساب می‌کنیم. داریم،

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = \sqrt{\frac{F_۲}{F_۱}} \xrightarrow{\frac{F_۲}{F_۱}=۴} \frac{v_۲}{v_۱} = ۲ \Rightarrow v_۲ = ۲v_۱$$

$$f_n = n\frac{v_۱}{۲L} \xrightarrow{n=۴} f_۴ = ۴\frac{v_۱}{۲L} \xrightarrow{f_۴=۴۰۰Hz} ۴۰۰ = ۴\frac{v_۱}{۲L}$$

$$\Rightarrow \frac{v_۱}{L} = ۲۰۰ \Rightarrow v_۱ = ۲۰۰L$$

مثال ۶۸-

پرتوهای نور خورشید در دو لحظه‌ی $A$ و $B$ به‌ترتیب با امتداد افق زاویه‌های $۳۷°$ و $۵۳°$ می‌سازند. میله‌ای به طول $L$ که یک انتهای آن روی سطح زمین است، در این دو لحظه دارای بلندترین سایه‌ی ممکن روی سطح زمین می‌باشد. طول بلندترین سایه‌ی میله در لحظه‌ی $A$ چند برابر لحظه‌ی $B$ است؟ $(\sin ۳۷° = ۰/۶)$

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

پاسخ : گزینه ۳

با توجه به شکل مقابل در طی دوران میله، هنگامی‌که امتداد پرتوها بر میله عمود باشد، طول سایه بیشینه است که عبارت است از:

$$X_{max} = \frac{L}{\sin\alpha}$$

که در آن $\hat{\alpha}$ زاویه‌ی پرتوهای نور با امتداد افق است. پس داریم،

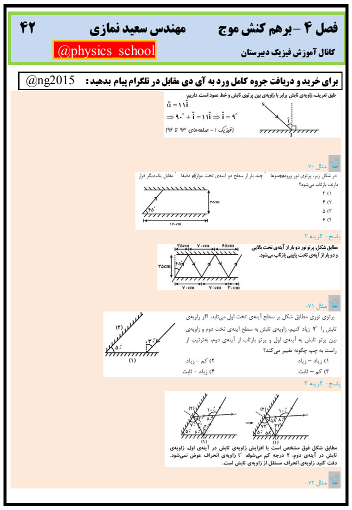
$$\frac{(X_{max})_A}{(X_{max})_B} = \frac{\sin\alpha_B}{\sin\alpha_A} = \frac{\sin ۵۳°}{\sin ۳۷°} = \frac{۴}{۳}$$

مثال ۶۹-

مطابق شکل زیر، پرتو $SI$ بر آینه‌ی تختی تابیده است. اگر زاویه‌ی $\hat{\alpha}$، یازده برابر زاویه‌ی تابش باشد، زاویه‌ی تابش چند درجه است؟

۱) ۱۸
۲) ۹
۳) ۶
۴) ۲

پاسخ : گزینه ۲



طبق تعریف، زاویه‌ی تابش برابر با زاویه‌ی بین پرتوی تابش و خط عمود است. داریم،

$$\hat{\alpha} = ۱۱\hat{i}$$

$$\Rightarrow ۹۰° + \hat{i} = ۱۱\hat{i} \Rightarrow \hat{i} = ۹°$$

(فیزیک ۱ - صفحه‌های ۹۳ تا ۹۶)

مثال ۷۰-

در شکل زیر، پرتوی نور ورودی‌مجموعاً چند بار از سطح دو آینه‌ی تخت موازی‌که دقیقاً مقابل یک‌دیگر قرار دارند، بازتاب می‌شود؟

۱) ۳
۲) ۴
۳) ۵
۴) ۶

۳۵cm
۴۵°
۱۷۰cm

پاسخ : گزینه ۲

مطابق شکل پرتو نور دو بار از آینه‌ی تخت بالایی و دو بار از آینه‌ی تخت پایینی بازتاب می‌شود.

مثال ۷۱-

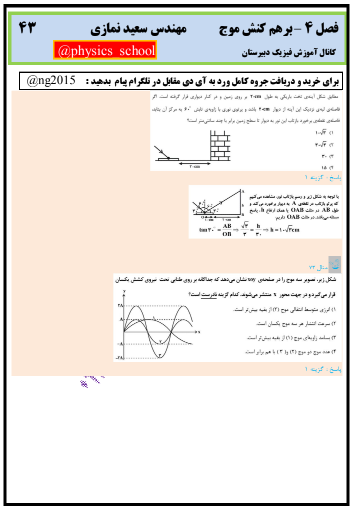
پرتوی نوری مطابق شکل بر سطح آینه‌ی تخت اول می‌تابد. اگر زاویه‌ی تابش را $۲°$ زیاد کنیم، زاویه‌ی تابش به سطح آینه‌ی تخت دوم و زاویه‌ی بین پرتو تابش به آینه‌ی اول و پرتو بازتاب از آینه‌ی دوم، به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟

۱) زیاد – زیاد ۲) کم - زیاد
۳) کم – ثابت ۴) زیاد - ثابت

پاسخ : گزینه ۳

مطابق شکل فوق مشخص است با افزایش زاویه‌ی تابش در آینه‌ی اول، زاویه‌ی تابش در آینه‌ی دوم، ۲ درجه کم می‌شود اما زاویه‌ی انحراف عوض نمی‌شود. دقت کنید زاویه‌ی انحراف مستقل از زاویه‌ی تابش است.

مثال ۷۲-



مطابق شکل آینه‌ی تخت باریکی به طول $۲۰cm$ بر روی زمین و در کنار دیواری قرار گرفته است. اگر فاصله‌ی لبه‌ی نزدیک این آینه از دیوار $۲۰cm$ باشد و پرتوی نوری با زاویه‌ی تابش $۶۰°$ به مرکز آن بتابد، فاصله‌ی نقطه‌ی برخورد بازتاب این نور به دیوار تا سطح زمین برابر با چند سانتی‌متر است؟

۱) $۱۰\sqrt{۳}$
۲) $۳۰\sqrt{۳}$
۳) ۳۰
۴) ۱۵

پاسخ : گزینه ۱

با توجه به شکل زیر و رسم بازتاب نور، مشاهده می‌کنیم که پرتو بازتاب در نقطه‌ی $A$ به دیوار برخورد می‌کند و طول $AB$ در مثلث $OAB$ یا همان ارتفاع $h$، پاسخ مسئله می‌باشد. در مثلث $OAB$ داریم؛

$$\tan ۳۰° = \frac{AB}{OB} \Rightarrow \frac{\sqrt{۳}}{۳} = \frac{h}{۳۰} \Rightarrow h = ۱۰\sqrt{۳}cm$$

مثال ۷۳-

شکل زیر، تصویر سه موج را در صفحه‌ی $xoy$ نشان می‌دهد که جداگانه بر روی طنابی تحت نیروی کشش یکسان قرار می‌گیرد و در جهت محور $x$ منتشر می‌شوند. کدام گزینه نادرست است؟

۱) انرژی متوسط انتقالی موج (۳) از بقیه بیش‌تر است.
۲) سرعت انتشار هر سه موج یکسان است.
۳) بسامد زاویه‌ای موج (۱) از بقیه بیش‌تر است.
۴) عدد موج دو موج (۲) و( ۳ ) با هم برابر است.

پاسخ : گزینه ۱

چون محیط و نیروی کشش هر سه موج یکسان است، پس سرعت انتشار هر سه موج هم یکسان خواهد بود (گزینه‌ی (۲) درست است).
از طرفی طبق شکل، طول موج برای موج ۱ از طول موج دو موج دیگر بیش‌تر است؛ پس طبق رابطه‌ی $\omega = ۲\pi f, f = \frac{v}{\lambda}$، بسامد $(f)$ و بسامد زاویه‌ای $(\omega)$ آن از بسامد و بسامد زاویه‌ای دو موج دیگر کم‌تر خواهد بود (گزینه‌ی (۳) نادرست است).
دو موج (۲) و (۳) دارای طول موج یکسان هستند؛ پس عدد موج یکسان هم خواهند داشت (گزینه‌ی (۴) درست است).
از رابطه‌ی $\overline{P} = ۲\pi^۲f^۲A^۲\mu v$ نتیجه می‌گیریم:
انرژی انتقالی موج: $\overline{E} = \overline{P}.T = \frac{\overline{P}}{f} = ۲\pi^۲A^۲f\mu v$
پس چون سرعت هر سه موج برابر است، انرژی انتقالی موج با بسامد و مجذور دامنه متناسب است $(E \propto A^۲f)$. پس:

$$\left.\begin{array}{l} f_۲ = f_۳ = ۲f_۱ \\ A_۲ = A_۱ = \frac{۱}{۲}A_۳ \end{array}\right\} \Rightarrow A_۲^۲f_۲ = ۲A_۱^۲f_۱ = \frac{۱}{۴}A_۳^۲f_۳$$

$$\Rightarrow E_۲ = ۲E_۱ = \frac{۱}{۴}E_۳$$

⇐ پس انرژی انتقالی موج (۳) از همه بیش‌تر است.(گزینه‌ی (۱) درست

مثال ۷۴-

پرتو نوری با بسامد $f$ ، طول موج $\lambda$ و سرعت $C$ در خلاء، حرکت می‌کند. اگر این پرتو وارد محیط شفافی با ضریب شکست مطلق $n$ شود، در این محیط بسامد، طول موج و سرعت آن به ترتیب از راست به چپ برابر است با:

۱) $f$ ، $n\lambda$ ، $\frac{C}{n}$ ۲) $\frac{f}{n^۲}$ ، $\frac{\lambda}{n}$ ، $\frac{C}{n}$ ۳) $\frac{f}{n}$ ، $\lambda$ ، $\frac{C}{n}$ ۴) $f$ ، $\frac{\lambda}{n}$ ، $\frac{C}{n}$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به تعریف ضریب شکست محیط شفاف داریم: $n = \frac{C}{V} \Rightarrow V = \frac{C}{n}$

بسامد موج از خصوصیات منبع ایجاد موج است و با تغییر محیط انتشار موج تغییر نمی‌کند. بنابراین داریم:

$$f' = f \Rightarrow \frac{V}{\lambda'} = \frac{C}{\lambda} \Rightarrow \lambda' = V \times \frac{\lambda}{C} = \frac{C}{n} \times \frac{\lambda}{C} \Rightarrow \lambda' = \frac{\lambda}{n}$$

مثال ۷۵-

در آزمایش یانگ که با نور با بسامد معینی انجام می‌شود اگر شدت نور را دو برابر کنیم پهنای نوارهای تاریک و روشن چند برابر می‌شود؟

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

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. پهنای نوارها به شدت نور بستگی ندارد.

مثال۷۶-

آزمایش یانگ را یک بار در هوا و بار دیگر در آب به ضریب شکست $\frac{۴}{۳}$ انجام می‌دهیم. اگر همه‌ی شرایط آزمایش در هر دو محیط یکسان باشد، نسبت پهنای هر نوار در هوا به پهنای هر یک از نوارها در آب چقدر است؟

۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) $\frac{۸}{۹}$ ۴) $\frac{۹}{۸}$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. $x =$ پهنای هر نوار $= \frac{\lambda D}{۲a} \to \frac{x}{x'} = \frac{\lambda}{\lambda'} \xrightarrow{\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{V}{V'} = \frac{n'}{n}} \frac{x}{x'} = \frac{n'}{n} = \frac{\frac{۴}{۳}}{۱} = \frac{۴}{۳}$

مثال ۷۷-

اگر چشمهٔ صوت و شنونده هر دو تقریباً در یک مکان باشند، کمترین مسافت لازم بین چشمهٔ صوت و سطح بازتابنده چقدر باشد تا بتوان یک پژواک را از صوت اولیه تمیز داد. تندی صوت در هوا تقریباً $۳۳۰\frac{m}{s}$ است.

پاسخ: حداقل تأخیر زمانی بین صوت اصلی و پژواک باید $۰/۱s$ باشد تا بتوان آن دو را تمیز داد، بنابراین داریم:

$$x = vt \xrightarrow[t=۰/۱s]{v=۳۳۰\frac{m}{s},\ x=۲L} ۲L = ۳۳۰ \times ۰/۱ = ۳۳ \to L = ۱۷m$$

مثال ۷۸-الف) مکان یابی از طریق پژواک(مکان یابی پژواکی) چگونه انجام می گیرد؟ب) کاربرد مکان یاب پژواکی را بنویسید ؟

پاسخ : وشی است که بر اساس امواج صوتی بازتابیده از یک جسم مکان آن جسم را تعیین میکند

این مکان یاب پژواکی با استفاده از اثردوپلر برای تعیین محل اجسام متحرک و تعیین تندی استفاده میشود .

کاربرد آن :

۱ -اندازه گیری تندی شارش خون در رگها ۲-در خفاش و دلفین برای ردیابی مسیر خود و شکار طعمه امواج فراصوتی گسیل میکند و بازتاب آن از اجسام یا طعمه به خفاش رسیده و اورا آگاه میسازد ۳- دستگاه سونار که در کشتی ها برای مکان یابی اجسام زیر آب بکار میرود ۴- و در سونوگرافی نیز استفاده میشود

مثال۷۹ – چرا سطح کاغذ که صاف است نور را پخش می کند؟

منظور از سطح ناهموار آن است که سطح در مقایسه با طول موج نور ناهموار است؛ مثلا یک کاغذ در ظاهر بسیار هموار به نظر می رسد اما از دید میکروسکوپی این سطح از اجزای متمایز و کوچکی تشکیل شده است که بسیار بزرگ تر از $۱\mu m$ هستند، با توجه به اینکه طول موج نور مرئی در حدود $۰/۵\mu m$ است، چنین سطحی برای نور مرئی، ناهموار محسوب می شود