

✓ درسنامه موج صوتی

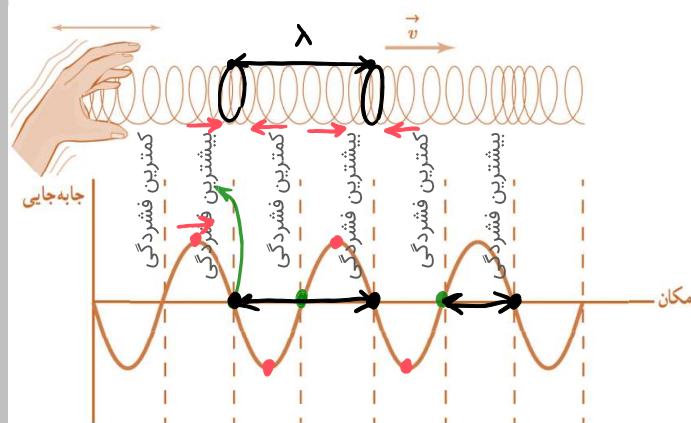
موج صوتی یک موج مکانیکی طولی است، پس:

۱- در خلاء منتشر نمی‌شود و نیاز به محیط مادی دارد $V_{\text{جامد}} < V_{\text{مایع}} < V_{\text{گاز}}$

۲- سرعت آن از موج‌های عرضی بیشتر است.

۳- در انتقال صوت مولکول‌های هوا با موج صوتی حرکت نمی‌کنند، بلکه در راستای انتشار موج به جلو و عقب نوسان می‌کنند.

نکات:



۱- نقاط تعادلی به ترتیب تراکم و انبساط هستند. فاصله‌ی هر ۲

تراکم متوالی یک λ است.

۲- در تمام جهت‌ها منتشر می‌شود و سه‌بعدی است.

۳- سرعت انتقال آن به دمای محیط نیز ارتباط دارد:

افزایش دما $\leftarrow$ افزایش سرعت

شدت صوت

$$I = \frac{P}{A} = \frac{E}{A \cdot t}$$

از $\frac{W}{m^2}$ $\frac{J}{m^2 \cdot s}$

نکات:

۱- شدت صوت (I) یک کمیت فرعی و نرده‌ای است که یکای آن $\frac{W}{m^2}$ یا $\frac{kg \cdot m^2}{s^3}$ است. آهنگ انتقال انرژی معادل توان است و یکای آن W است و A مساحتی که آهنگ در آن محاسبه می‌شود و عمود بر راستای انتشار است.

۲- چون صوت به صورت یک کره در سه بعد منتشر می‌شود، مساحت آن را در فاصله‌ی r می‌توان از $4\pi r^2$ محاسبه کرد.

$$2 \times 2 \times 3 \quad 10^{-4} \quad \times 12$$

$$10^{-12} \quad 10^{-10} \quad 10^{-8} \quad 10^{-6} \quad 10^{-4} \quad 10^{-2} \quad 10^0 \quad 10^2 \quad 10^4 \quad 10^6 \quad 10^8 \quad 10^{10}$$

تراز

تراز شدت صوت:

دسی‌بل	بل	شدت	مقدار پایه $\Rightarrow$
صفر	صفر	10^{-12}	$\log 2 = 0.3$
+۳	+۰.۳	$\times 2$	$\log 3 = 0.5$
+۵	+۰.۵	$\times 3$	$\log 5 = 0.7$
+۷	+۰.۷	$\times 5$	$\log 7 = 0.85$
+۸.۵	+۰.۸۵	$\times 7$	$\log 10 = 1$
+۱۰	+۱	$\times 10$	$\log \sqrt{10} = 0.5$
+۵	+۰.۵	$\times \sqrt{10}$	

$$\log 10^5 = 5$$

حرکت رو به بیرون دیافراگم، هوای جلوی آن‌ها را متراکم می‌کند.

نکته:

تعرین ۳۶: تراز شدت صوت یک مخلوط کن 87 dB است. شدت این صدا چقدر است؟ $(\log 5 = 0.7, I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2})$

$$P = I A$$

نوت در سطح این صفحه چند دسی بل است؟

دسی بل
صفر

β ۱۲۰ → ؟

بپ ۲: چند برابری

شدت صوت از تقسیم P بر A به دست می‌آید. توان با مربع دامنه (A^2) و مربع بسامد (f^2) متناسب است و مساحت با مربع فاصله. پس به صورت کلی می‌شود چند برابری I را با $\frac{f^2 \cdot A^2}{r^2}$ می‌شود محاسبه کرد. $\log(2) = 0.3$

۳ برابر صوت دوم باشد، بسامد اول چند برابر صدای دیگر است؟
 دسی بل (دی) - دسی بل اولر
 دسی بل
 $\log I = \frac{1}{10} \times 13$
 $\rightarrow I = 19$
 اگر شدت چشمه‌ای را ۶ برابر کنیم، تراز شدت صوت در فاصله‌ای تعیین ۱/۱ برابر می‌شود. شدت صوت اولیه در آن فاصله چقدر است؟
 دسی بل
 شدت
 $I_1 \times r_1^2 = I_2 \times r_2^2$
 $1 \times 16 = I_2 \times 81$
 $I_2 = \frac{16}{81}$

[illegible]

بلندی: شدتی که گوش انسان درک می‌کند. (و نه شدت واقعی)

مثال: یک دیپایزون با ضربه‌های متفاوت به ارتعاش و داشته شود. (f ثابت و A متغیر $\leftarrow$ شدت متغیر)

۳- ارتفاع فقط به f بستگی دارد، در حالی که بلندی به f ، A و r (فاصله از چشمه) بستگی دارد.

۴- گوش انسان فرکانس‌های ۲۰ تا ۲۰ هزار هرتز را می‌شنود، اما بیشترین حساسیت را از ۲ تا ۵ هزار هرتز دارد.

$$\begin{array}{l} 20 - 20/100 \\ 2000 - 2000 \end{array}$$

1-12

اگر به مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت 120 dB باشیم، آستانه شنوایی به طور موقت از صفر به 28 dB می‌رسد و اگر ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت صوت 92 dB قرار بگیریم، آستانه شنوایی به طور دائم به 28 dB می‌رسد.

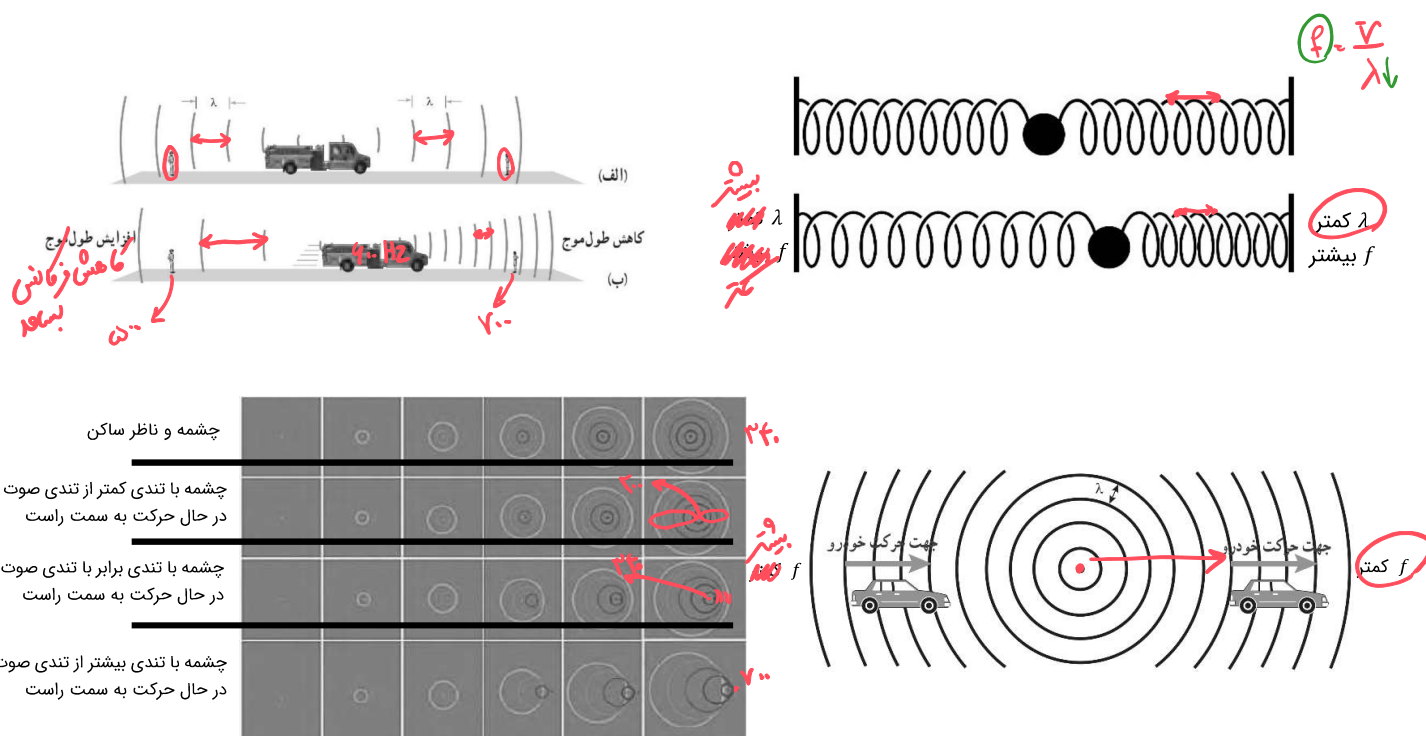
نکتہ:

$x_1^2 \cdot x_2^2 \cdot x_3^2$

$(x_1^2) \cdot (-1)$

$x_1^2 \wedge x_2^2 + x_1^2 \wedge x_3^2$

اثر دوپلر



اثر دوپلر برای امواج مکانیکی (مانند موج صوتی) در تعیین تندی خون در رگ‌ها) و امواج الکترومغناطیسی (مانند میکروموج، موج رادیویی و نور مرئی)

درستانه بازتاب و شکست موج



بازتابنده بیضوی برای شکستن سنگ‌های کلیه (لینوتریسی)

میکروفون سهموی برای ثبت صدای ضعیف

دستگاه مکان‌یابی اجسام زیر آب در کشتی‌ها با دستگاه سونار

سونوگرافی

مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر (تعیین تندی خون در رگ‌ها)

تولید صدا در آلات موسیقی

پژواک صداها: یافتن مسیر خود یا طعمه توسط خفاش‌ها

برخورد موج طناب یا فنر به دیوار

دیدن: دیدن ماه و صفحه‌ی کتاب

گرم شدن مواد غذایی در اجاق خورشیدی (امواج فروسرخ)

جمع‌شدن امواج رادیویی در کانون آنتن‌های بشقابی ماهواره

رادار دوپلر (مکان‌یابی ماشین‌ها)

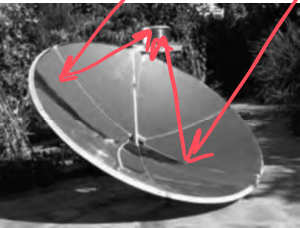
مکانیکی

الکترومغناطیسی

بازتاب موج



مکان‌یابی پژواک با امواج فراصوت



اجاق خورشیدی



رادار دوپلر

$$\Delta x = v \Delta t$$

پژواک

جابه‌جایی موج صوتی با سرعت v در مدت Δt طبق قانون حرکت‌شناسی برابر $v \cdot \Delta t$ است.

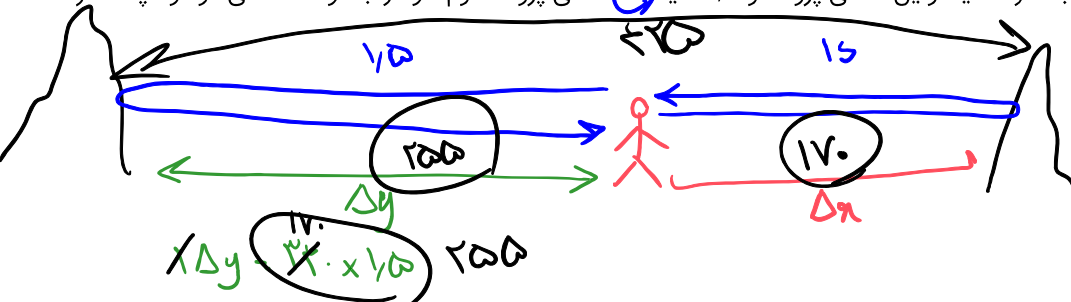
پژواک: رسیدن صوت به یک فاصله‌ی زمانی و پس از بازتاب، به گوش شنونده‌ای که صدای اولیه را مستقیماً می‌شنود. گوش انسان در صورتی این دو صدا را تمیز می‌دهد که فاصله‌ی آن‌ها کمتر از 0.1 ثانیه نباشد.

برای تشخیص یک جسم با پژواک باید اندازه‌ی جسم از طول موج کوچکتر نباشد. بنابراین اگر وال عنبر بسامد امواجش را کاهش دهد، قدرت تشخیص اجسام توسط آن بیشتر می‌شود و اگر به جای آب در خشکی همان امواج را تولید کند، قدرت تشخیص اجسام آن کمتر می‌شود.

تعرین ۱۴: دوره تناوب موج صوتی $2/5$ میلی‌ثانیه و طول موج آن 85 cm است. اگر شخصی فریاد بکشد: (الف) چند ثانیه طول می‌کشد تا فرد پژواک صدای خود را از یک کوه به فاصله 136 متر بشنود؟

$$2 \times 136 = 340 \times \Delta t$$

(ب) اگر فرد بین دو کوه باشد و بعد از 1 ثانیه اولین صدای پژواک و $5/8$ ثانیه بعد صدای پژواک دوم خود را بشنود، فاصله‌ی دو کوه چند متر است؟



$$\begin{aligned} 2 \times 150 &= 340 \times 1.7 \\ 2 \times 150 &= 340 \\ \Delta x &= 170 \end{aligned}$$

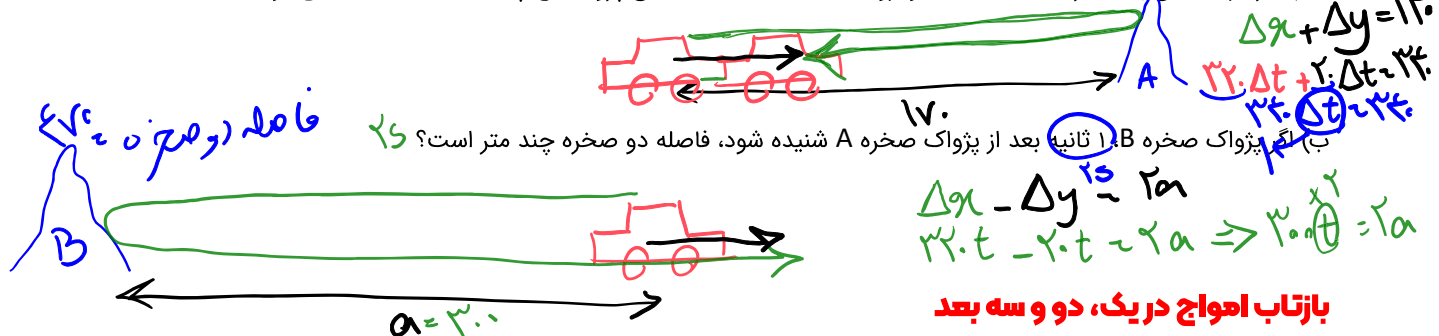
$$2 \times 150 = 340 \times 2.55$$

دو برابر فاصله تا صخره $\Delta x + \Delta y$ به سمت صخره $\Delta x - \Delta y$

تعرین ۴۲: خودرویی با سرعت $20 \frac{m}{s}$ در حال حرکت از صخره B به سمت صخره A است و راننده در لحظه t_1 صدای آژیر خود را در می آورد:

(تندی صوت در هوا $320 \frac{m}{s}$)

الف) اگر در لحظه t_1 صخره A، $170 m$ با خودرو فاصله داشته باشد، صدای پژواک آن چند ثانیه بعد شنیده می شود؟ **۱۵**



بازتاب امواج در یک، دو و سه بعد

در یک بعد: مثال برخورد موج ریسمان به تکیه گاه که طبق قانون سوم نیوتون قرینه می شود.

در دو بعد: مثال برخورد موج آب با مانع که طبق قانون بازتاب عمومی

$$\theta_i = \theta_r$$

در سه بعد: مثال برخورد امواج صوتی یا نور با مانع که طبق قانون بازتاب عمومی

$$\theta_i = \theta_r$$

تابش: زاویه پرتو تابش با خط عمود = زاویه جبهه تابش با سطح آینه

بازتابش: زاویه پرتو بازتابش با خط عمود = زاویه جبهه بازتابش با سطح آینه

بازتاب موج

زاویه

منظم یا آینه ای در سطوح صیقلی یعنی ناهمواری های سطح کوچکتر از

طول موج نور $\leftarrow$ پرتوها موازی خارج می شوند.

مثال: بازتاب از سطح آینه صیقلی

$$\lambda \sim 400 - 700 \text{ nm}$$

بازتاب

نامنظم یا پخشنده در سطوح غیر صیقلی یعنی ناهمواری های سطح بزرگتر از طول موج نور $\leftarrow$ پرتوها غیر

موازی خارج می شوند.

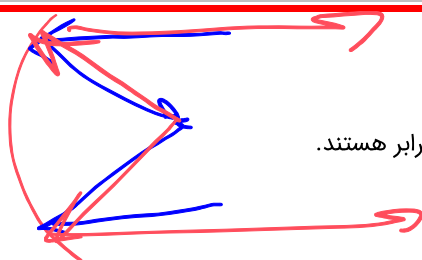
مثال: بازتاب از سطح دیوار یا صفحه کاغذ

نکات:

- در تمام سطوح (صیقلی یا غیر صیقلی) قانون بازتاب عمومی صادق است و $\theta_i = \theta_r$
- اگر دسته ای پرتو موازی به آینه ای کاو برخورد کنند، بازتاب آن ها در کانون آینه به هم می رسند.

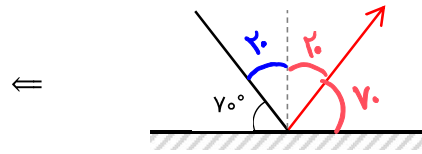
قوانین نور هندسی

قانون بازتاب عمومی: زاویه تابش و بازتابش در هر بازتابشی (چه منظم و چه نامنظم) برابر هستند.

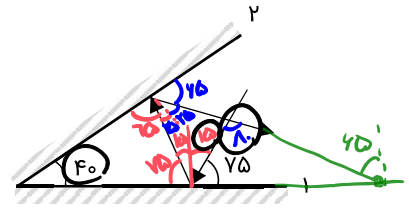


زاویه تابش و بازتابش $\Rightarrow$ زاویه تابش = زاویه بازتابش $\Rightarrow$ $\begin{cases} \theta_i = \theta_r \\ \theta_i = \theta_r \end{cases}$

زاویه پرتو تابش با آینه = زاویه پرتو بازتابش با آینه $\Rightarrow$ $\begin{cases} \theta_i = \theta_r \\ \theta_i = \theta_r \end{cases}$



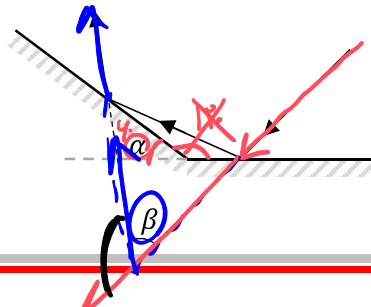
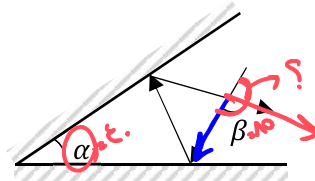
آینه ۱	آینه ۲	آینه ۱	
$\theta_i = 40^\circ$	$\theta_i = 40^\circ$	$\theta_i = 40^\circ$	عدد طلایی
$\theta_r = 40^\circ$	$\theta_r = 20^\circ$	$\theta_r = 15^\circ$	زاویه تابش
$\theta_t = 105^\circ$	$\theta_t = 25^\circ$	$\theta_t = 15^\circ$	



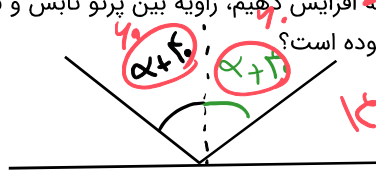
نکات:

- عدد طلایی را با کم کردن مرحله به مرحله زاویه بین دو آینه از زاویه تابش به دست می آوریم و این کار را تا زمانی که به عدد -90° یا اعداد بزرگتر نرسیم ادامه می دهیم، چون -90° به این معناست که زاویه تابش 90° است و این یعنی تابشی رخ نمی دهد و پرتو خارج می شود. (عدد مثبت یعنی پرتو در حال وارد شدن به آینه هاست و عدد منفی یعنی پرتو در حال خروج است)
- زاویه بین پرتو تابش به آینه ۱ و بازتابش از آینه ۲ (زاویه انحراف) ۲ برابر زاویه بین دو آینه است. اگر زاویه بین دو آینه از 90° بزرگتر بود، مکمل آن را دو برابر می کنیم.

$$\beta = 2\alpha$$



تمرین ۴۳: در آینه تختی اگر زاویه تابش را 40° درجه افزایش دهیم، زاویه بین پرتو تابش و بازتابش ۳ برابر می شود:



40°

(الف) زاویه انحراف پرتو تابش در حالت اولیه چند درجه بوده است؟

$$\begin{aligned} 2\alpha &\leftarrow 2\alpha + 10 \\ 2\alpha + 10 &= 7\alpha \\ 2\alpha + 10 &= 7\alpha \\ 10 &= 5\alpha \\ \alpha &= 2 \end{aligned}$$

20°

(ب) زاویه بین پرتو تابش و بازتابش در حالت اولیه چند درجه بوده است؟

تابش دگور



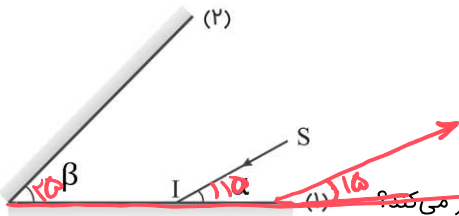
(ت) اگر آینه را 10° درجه بچرخانیم، پرتو بازتابش چند درجه می چرخد؟

۲۰ درجه

آینه ۱۵
بازتابش ۳۰ درجه

تعرین ۴۴: با توجه به شکل روبه‌رو به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) اگر زاویه بین پرتو SI با اولین پرتو بازتابیده از آینه (۲) 50° باشد، β چند درجه است؟



ب) اگر α 10° درجه افزایش دهیم زاویه بین پرتو SI با اولین پرتو بازتابیده از آینه (۲) چند درجه تغییر می‌کند؟

پ) اگر در دومین برخورد پرتو SI با آینه (۲)، این پرتو بر روی خودش بازتاب کند α چند درجه است؟

- آینه ۱
- آینه ۲
- ① $90 - \alpha$
- ② $15 - \alpha$
- ③ -50

ت) این پرتو در مجموع چند بار با آینه‌ها برخورد می‌کند؟

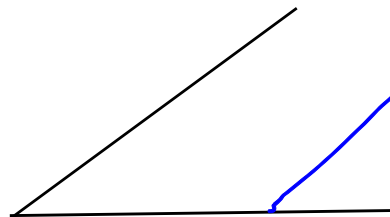
ث) در سومین برخورد پرتو با آینه (۲)، جبهه موج تابش با سطح آینه چه زاویه‌ای می‌سازد؟

ج) زاویه پرتو خروجی نهایی با پرتو تابش اولیه چند درجه است؟

چ) زاویه پرتو خروجی نهایی با آینه (۲) چند درجه است؟

تعرین ۴۵: زاویه‌ی بین دو آینه 20° درجه است. اگر پرتویی را با زاویه تابش 40° درجه به یکی از این دو آینه بتابانیم، این نور چند بار به آینه‌ها برخورد می‌کند؟

- آینه ۱
- آینه ۲
- ۴۰
- ۲۰
- ۴۰
- ۸۰



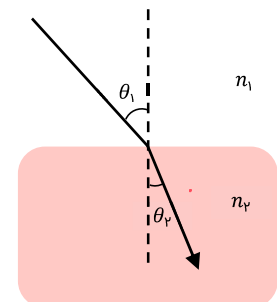
شکست موج

نکات:

- اگر پرتو به صورت عمود وارد شود، همچنان عمود مسیرش را ادامه می‌دهد. (بدون انحراف)
- زاویه انحراف، اختلاف θ_i (زاویه تابش) و θ_r (زاویه شکست) است.
- با ورود نور به محیط جدید f تغییر نمی‌کند، پس $\frac{v_1}{\lambda_1}$ همان $\frac{v_2}{\lambda_2}$ نیز هست.

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

$$\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} = \frac{v_r}{v_i} = \frac{\lambda_r}{\lambda_i} = \frac{n_i}{n_r}$$



$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{v_i}{v_r} = \frac{n_r}{n_i}$$

ثابت نیست

نسبت n دو محیط	$\sqrt{2}$	$\sqrt{3}$	$\frac{3}{4}, \frac{4}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{6}$
زاویه‌ها	۳۰ و ۴۵	۳۰ و ۶۰	۳۷ و ۵۳	۳۷ و ۵۳	۵۳ و ۳۰

زاویه	۳۰	۳۷	۴۵	۵۳	۶۰
سینوس	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$

$$\frac{1}{\sin \theta} = \frac{1}{\sin \theta}$$

$$1 = \sqrt{2} \sin \theta \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} = \sin \theta \Rightarrow \theta = 45^\circ$$

تعرین ۴۶: پرتو نوری از محیطی با $n=2$ وارد محیطی با $n=\sqrt{2}$ می‌شود. اگر زاویه تابش 30° درجه باشد، زاویه انحراف چند درجه است؟

۴۵ درجه

(ب) با افزایش زاویه تابش، زاویه شکست و انحراف چگونه تغییر می‌کند؟

بزرگتر

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

(پ) طول موج در محیط دوم چند برابر محیط اول است؟

$$\sin 53^\circ = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 30^\circ$$

تعرین ۴۷: اگر سرعت نور در یک محیط شفاف ۲۵ درصد از سرعت نور در هوا کمتر باشد، در صورتی که پرتویی با زاویه 37° از این محیط وارد هوا شود، زاویه‌ی انحراف چند درجه می‌شود؟

۵۳ درجه

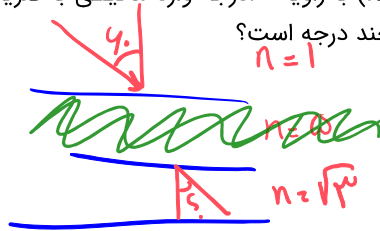
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{\sin 37^\circ}{\sin \theta_2} \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{4}{3} \sin 37^\circ = \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{4} = 1 \Rightarrow \theta_2 = 90^\circ$$



۴۶ درجه

تعرین ۴۸: یک پرتو از هوا ($n=1$) با زاویه 60° وارد محیطی با ضریب شکست $n=5$ و سپس وارد محیطی با ضریب شکست $\sqrt{3}$ می‌شود. زاویه شکست در محیط سوم چند درجه است؟

$n=1$



$$\sin \theta = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \theta = 35.3^\circ$$

تعرین ۴۹: صورت نسبت ۱۹ به کلمه «ظ» شود:

(الف) فاصله AB چند سانتی‌متر است؟

۳۲-۲۱

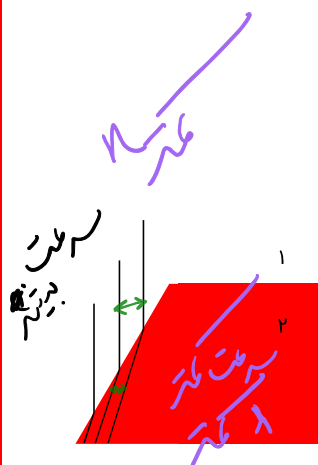
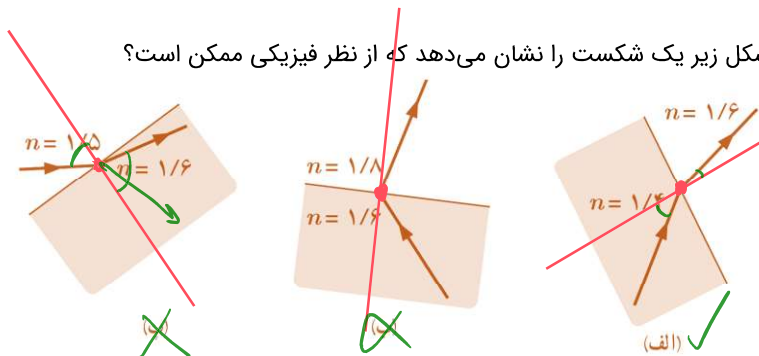
$$\Delta x = v \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta x = \frac{v}{f} \cdot \Delta t$$

$$\Delta x = v \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta x = \frac{v}{f} \cdot \Delta t$$

(ب) چند ثانیه طول می‌کشد تا پرتو هر دو تیغه را طی کند؟

$$(7.4 + \frac{7.4}{\sqrt{3}}) \cdot 10^{-10}$$

تمرین ۵۰: کدام یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می‌دهد که از نظر فیزیکی ممکن است؟



$$f = \frac{v}{\lambda}$$

تمرین ۵۱: اگر شکست یک موج به شکل روبه‌رو باشد:

(الف) اگر جبهه‌های موج مربوط به موج دریا باشند، کدام محیط کم‌عمق‌تر است؟

محیط ۲

محیط ۲

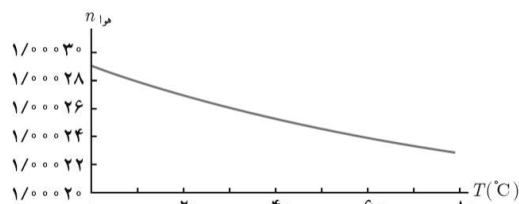
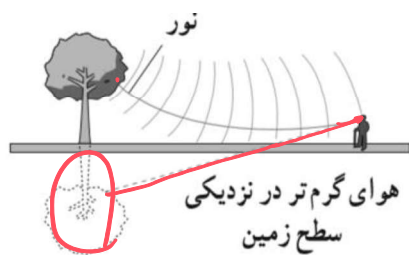
(ب) اگر موج الکترومغناطیسی باشد، کدام محیط ضریب شکست بیشتری دارد؟

با سرعت سینوس طول موج

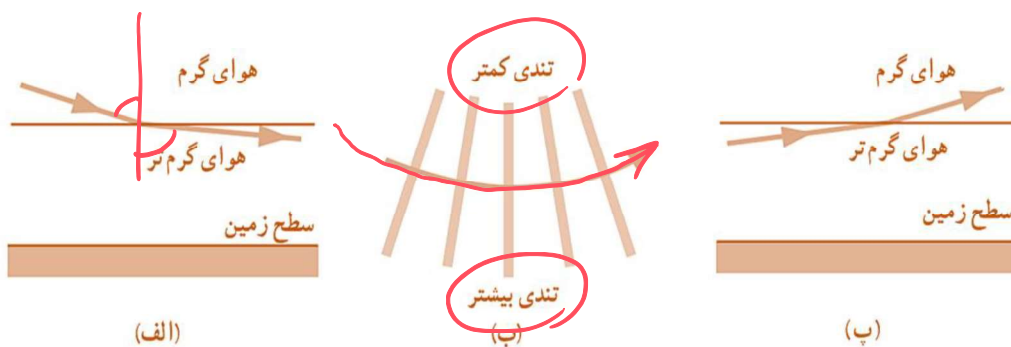
n

زاویه

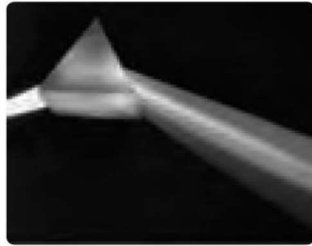
سراب: با کاهش ارتفاع ← افزایش دما ← کاهش n ← افزایش θ و افزایش v



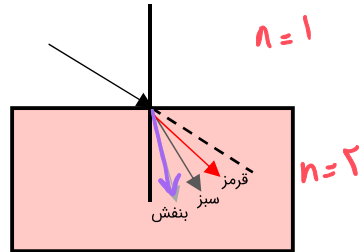
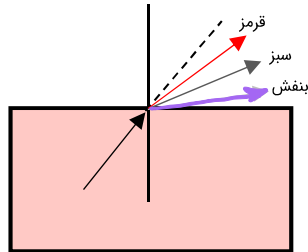
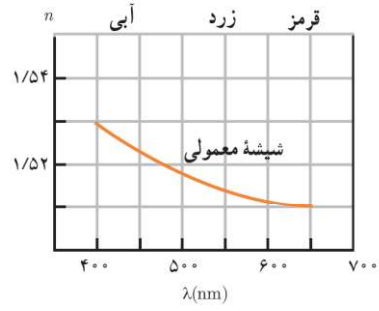
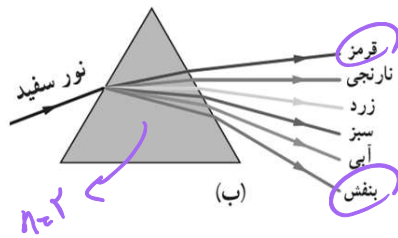
شکل ۱۳-۱۴ نمودار تغییرات ضریب شکست هوا با دما



پاشندگی نور: هر چه بسامد و انرژی بیشتر و طول موج کمتر $\leftarrow n$ بیشتر $\leftarrow$ انحراف بیشتر



(الف)



تعریف ۵۲: کدام شکل ورود پرتو فرودی شامل نورهای آبی و قرمز از شیشه به هوا را به درستی نشان می‌دهد؟

