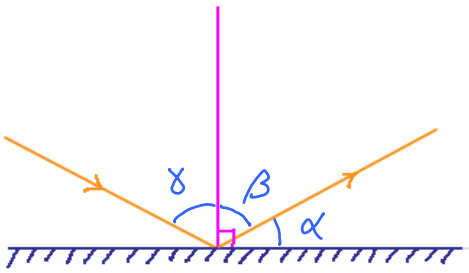
ب

تمرین شماره ۱۱ فیزیک پایه اول دبیرستان – مبحث نورشناسی – بازتاب (۱)

Note Title

۱- اگر در یک آینه تخت زاویه‌ای که پرتو تابش با سطح آینه می‌سازد $\frac{۱}{۴}$ زاویه‌ای باشد که پرتو تابش با پرتو بازتابش می‌سازد زاویه تابش چند درجه خواهد بود؟

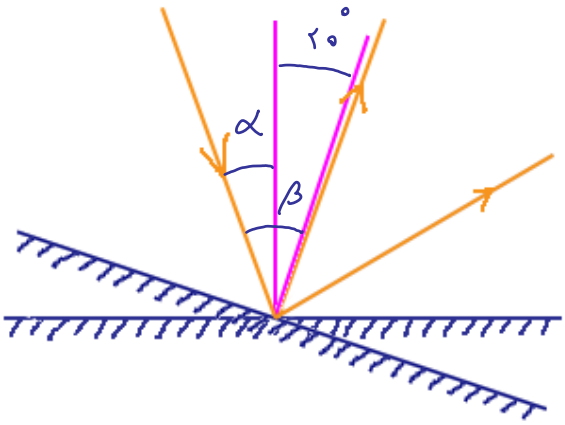


$$\left.\begin{array}{l}\alpha=\frac{۱}{۴}(\beta+\gamma)\\ \beta=\gamma\end{array}\right\}\Rightarrow \alpha=\frac{۱}{۴}(\beta+\beta)\Rightarrow$$

$$\alpha+\beta=۹۰^\circ \Rightarrow \alpha=۹۰^\circ-\beta$$

$$۹۰^\circ-\beta=\frac{۱}{۲}\beta \Rightarrow ۱۸۰^\circ-۲\beta=\beta \Rightarrow ۱۸۰^\circ=۳\beta \Rightarrow \beta=۶۰^\circ=\gamma$$

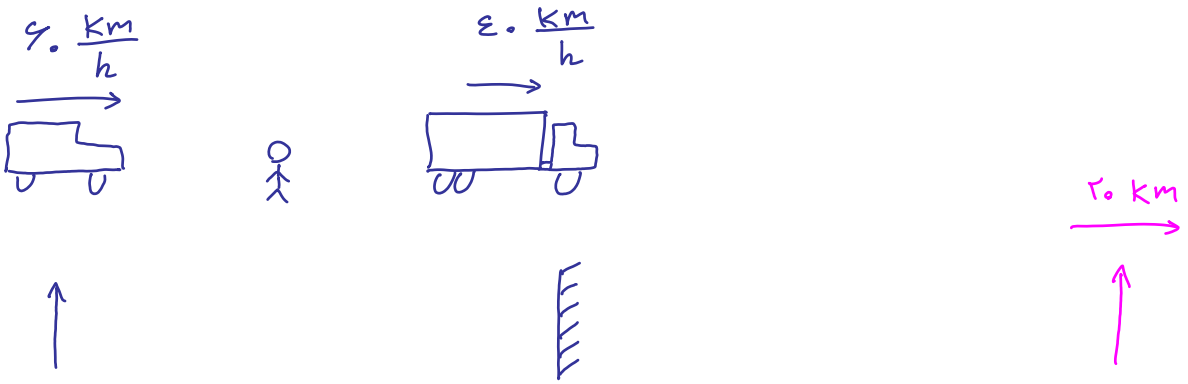
۲- آینه تختی را با ثابت نگه‌داشتن پرتو تابش، ۲۰ درجه چرخانیده‌ایم. زاویه بین پرتوهای تابش و بازتابش ۸۰ درجه شده است. زاویه تابش اولیه چند درجه بوده است؟



$$\left.\begin{array}{l}۲\beta=۸۰^\circ\\ \beta=\alpha+۲۰^\circ \Rightarrow ۲\beta=۲\alpha+۴۰^\circ\end{array}\right\}\Rightarrow$$

$$۸۰^\circ=۲\alpha+۴۰^\circ \Rightarrow ۴۰^\circ=۲\alpha \Rightarrow \alpha=۲۰^\circ$$

۳- ماشینی با سرعت ۶۰ کیلومتربرساعت در حال حرکت به سمت کامیونی است که با سرعت ۴۰ کیلومتربرساعت در همان جهت در حرکت است. اگر آینه کامیون را تخت فرض کنیم، سرعت حرکت تصویر ماشین در آینه تخت نسبت به راننده کامیون، راننده سواری و عابر پیاده‌ای که ساکن ایستاده است چقدر است؟

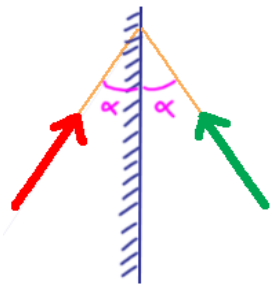


سرعت ماشین نسبت به کامیون و آینه $۲۰\frac{km}{h}$ است. پس سرعت تصویرش نیز نسبت به آینه $۲۰\frac{km}{h}$ اما در جهت خلاف است. یعنی راننده کامیون تصویر ماشین را در حال حرکت به سمت خودش با سرعت $۲۰\frac{km}{h}$ می بیند.

راننده ماشین آینه را در حال نزدیک شدن به خودش با سرعت $۲۰\frac{km}{h}$ می بیند. تصویر ماشین هم در همان جهت با سرعت $۲۰\frac{km}{h}$ به آینه نزدیک می شود. پس راننده ماشین تصویر خودش را در حال نزدیک شدن با سرعت $۴۰\frac{km}{h}$ خواهد دید.

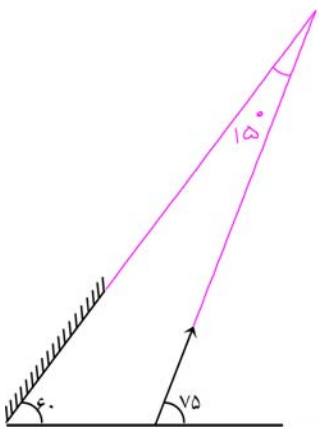
چون آینه با سرعت $۴۰\frac{km}{h}$ نسبت به عابر ساکن در حرکت است و تصویر با سرعت $۲۰\frac{km}{h}$ نسبت به آینه در جهت خلاف حرکت می کند. پس از دید عابر ساکن، تصویر با سرعت $۴۰-۲۰=۲۰\frac{km}{h}$ در جهت حرکت ماشین و کامیون، در حال حرکت است.

۴- در شکل‌های زیر زاویه میان تصویر و جسم چقدر است؟



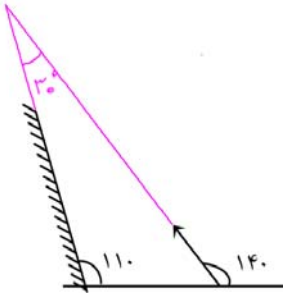
زاویه بین تصویر و آینه با زاویه بین جسم و آینه برابر است.

بنابراین زاویه بین جسم و تصویر دو برابر زاویه جسم و آینه است.



در شکل سمت راست زاویه بین جسم و آینه ۳۰° است.

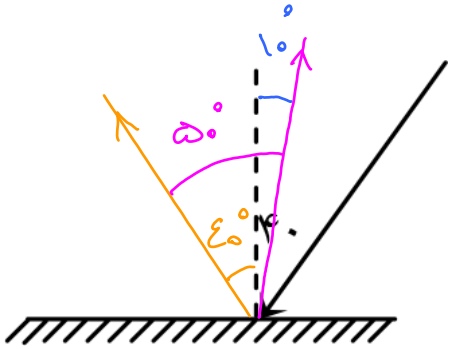
پس زاویه بین جسم و تصویر ۶۰° خواهد بود.



در شکل سمت چپ زاویه بین جسم و آینه ۱۵° است.

پس زاویه بین جسم و تصویر ۳۰° خواهد بود.

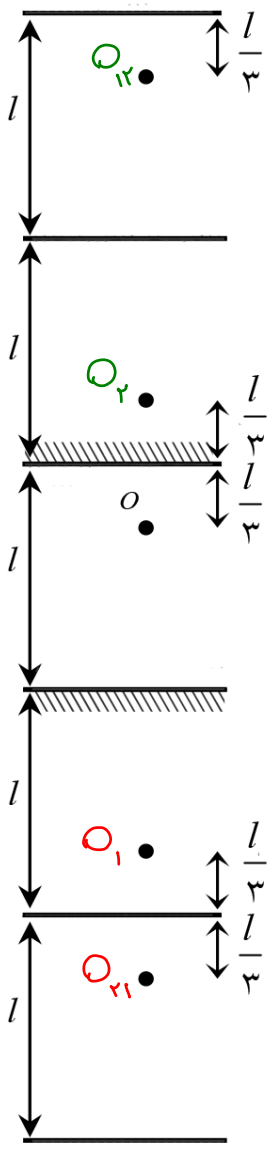
۵- در شکل اگر پرتو ۱۰ درجه پادساعتگرد و آینه ۲۰ درجه ساعتگرد بچرخد، پرتوی بازتاب جدید نسبت به پرتوی بازتاب قبلی چند درجه خواهد چرخید و با راستای قائم چقدر زاویه دارد؟



اگر پرتوی تابیده به آینه به اندازهٔ α بچرخد پرتوی بازتابیده به اندازهٔ α در جهت خلاف خواهد چرخید و اگر آینه به اندازهٔ β بچرخد پرتوی بازتابیده به اندازهٔ 2β در همان جهت خواهد چرخید.

در این مسأله پرتوی بازتابیده ابتدا به اندازهٔ 10° ساعتگرد و سپس 40° ساعتگرد خواهد چرخید. یعنی در مجموع 50° ساعتگرد. راستای نهایی پرتوی بازتابیده با راستای قائم 10° زاویه خواهد داشت.

۶- در شکل زیر فاصله نقطه نورانی O از یک آینه، $\frac{1}{3}$ فاصله دو آینه است. چهار تصویر O، که کمترین فاصله را از O دارند رسم کنید. فاصله این تصاویر از نقطه O چند برابر فاصله دو آینه است؟



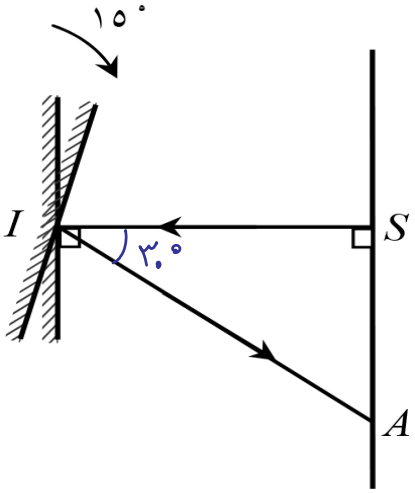
فاصلهٔ O_1 از O : $\frac{2}{3}l + \frac{2}{3}l = \frac{4}{3}l$

فاصلهٔ O_2 از O : $\frac{1}{3}l + \frac{1}{3}l = \frac{2}{3}l$

فاصلهٔ O_{21} از O : $\frac{2}{3}l + \frac{2}{3}l + \frac{1}{3}l + \frac{1}{3}l = 2l$

فاصلهٔ O_{12} از O : $\frac{1}{3}l + \frac{1}{3}l + \frac{2}{3}l + \frac{2}{3}l = 2l$

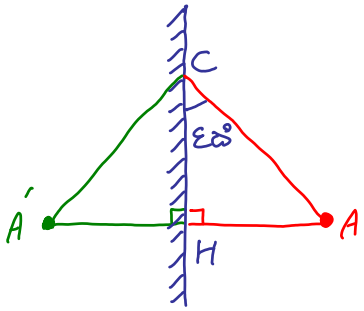
۷- مطابق شکل مقابل پرتوی SI به‌طور عمودی به آینه تختی می‌تابد و فاصله SI برابر $\sqrt{۲}$ متر است. آینه را به اندازه ۱۵° دوران می‌دهیم. پرتو بازتابش در نقطه A به پرده‌ای برخورد می‌کند. فاصله SA چند متر است؟



دوران آینه به اندازهٔ ۱۵° موجب دوران پرتو به اندازهٔ ۳۰° خواهد شد.

$$\tan ۳۰^\circ = \frac{SA}{SI} \Rightarrow \frac{\sqrt{۳}}{۳} = \frac{SA}{\sqrt{۲}} \Rightarrow SA = \frac{\sqrt{۶}}{۳}$$

۸- پرنده‌ای با سرعت ۱۰ متربرثانیه با زاویه ۴۵ درجه نسبت به آینه تختی به آن نزدیک می‌شود. تصویر پرنده نسبت به پرنده با چه سرعتی نزدیک می‌شود؟



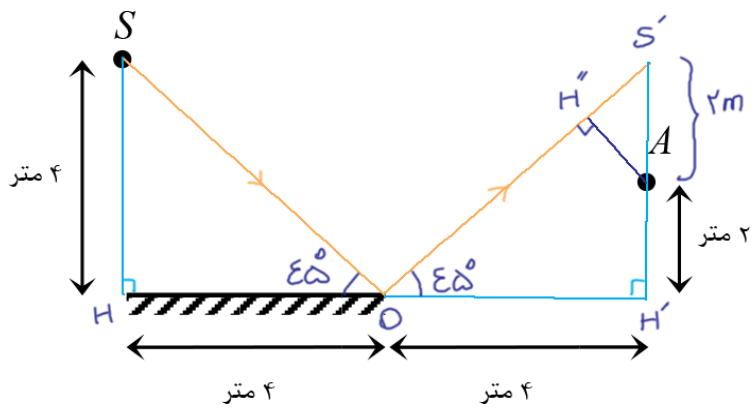
مدت زمانی که طول می‌کشد که پرنده و تصویرش به آینه برسند برابر است با:

$$\Delta t = \frac{AC}{v}$$

در این مدت پرنده می‌بیند که تصویرش فاصله‌ای برابر با AA' را طی کرده و به او رسیده است. پس سرعت نزدیک شدن تصویرش را به اندازهٔ v' می‌بیند:

$$v' = \frac{AA'}{\Delta t} = \frac{۲AH}{\Delta t} = \frac{۲AC\sin ۴۵^\circ}{\frac{AC}{v}} = ۲v\sin ۴۵^\circ = ۲\frac{\sqrt{۲}}{۲}v = \sqrt{۲}v = ۱۰\sqrt{۲}\ \frac{m}{s}$$

۹- در شکل مقابل آیا پرتوهایی که از چشمه نقطه ای S به آینه تخت می‌تابد پس از بازتاب از نقطه A می‌گذرد؟ نقطه A حداقل چقدر و در کدام سمت جابجا شود تا از نقطه O پرتویی پس از بازتاب در آینه به آن برسد؟



پرتوی بازتابی از نقطهٔ S' می‌گذرد که به طور قائم با نقطهٔ A هم راستاست:

$$\hat{SHO} = \hat{SHO} \Rightarrow SH = SH = ۴m$$

پس S' با بالاتر از A قرار دارد و بنابراین پرتوی از A نخواهد گذشت.

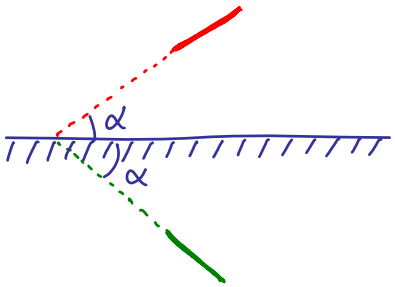
$$S'A = S'H' - AH' = 4m - 2m = 2m$$

کوتاهترین فاصله‌ای که نقطهٔ A باید جابه‌جا بشود تا به پرتوی OS' برسد، فاصلهٔ عمود بر راستای OS' است.

یعنی AH''.

$$AH'' = AS' \sin 45^\circ = 2 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}\ m$$

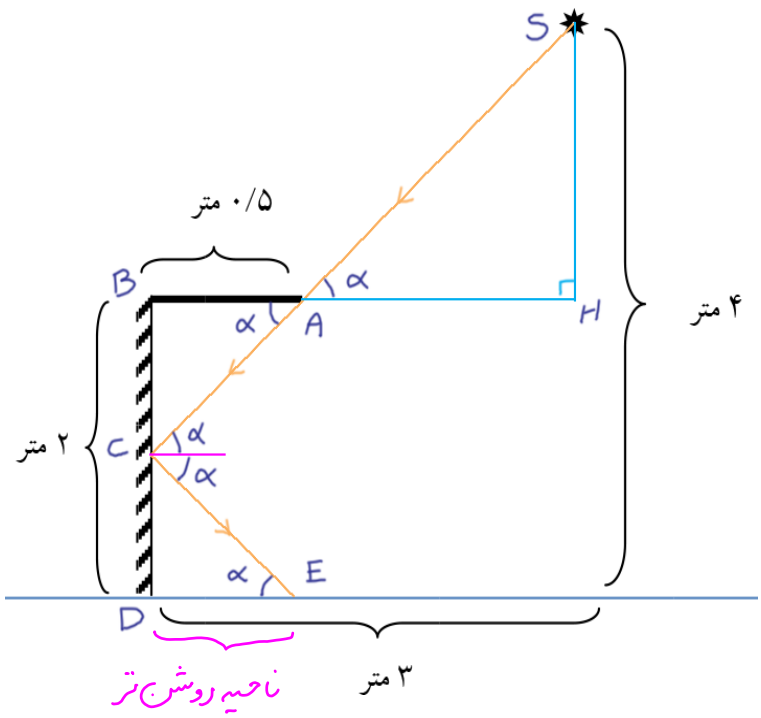
۱۰- مدادی را مقابل آینه تختی نگاه داشته ایم. از این وضع مداد را به اندازه α درجه طوری می‌چرخانیم که امتداد آن بر سطح آینه عمود شود. در این حالت زاویه بین مداد و تصویرش در وضع دوم ۱۰۰ درجه بیشتر از وضع اول می شود. زاویه اولیه مداد با سطح آینه چقدر است؟



زاویه بین تصویر و آینه با زاویه بین جسم و آینه برابر است و زاویه بین جسم و تصویر دو برابر این مقدار خواهد بود. پس زاویه بین مداد و تصویرش در حالت دوم 180° است. نتیجه این که زاویه بین مداد و تصویرش در حالت اول 80° بوده است. پس زاویه اولیه مداد با آینه 40° است.

$$2\alpha = 80^\circ \Rightarrow \alpha = 40^\circ$$

۱۱- منبع نور نقطه‌ای یک تیر چراغ برق در ارتفاع ۴ متری و فاصله ۳ متری آینه ای ۲ متری عمودی قرار دارد. اگر بالای آینه یک سایه بان به طول ۰/۵ متر قرار داشته باشد. طول ناحیه روشن‌تر روی زمین چقدر می شود؟



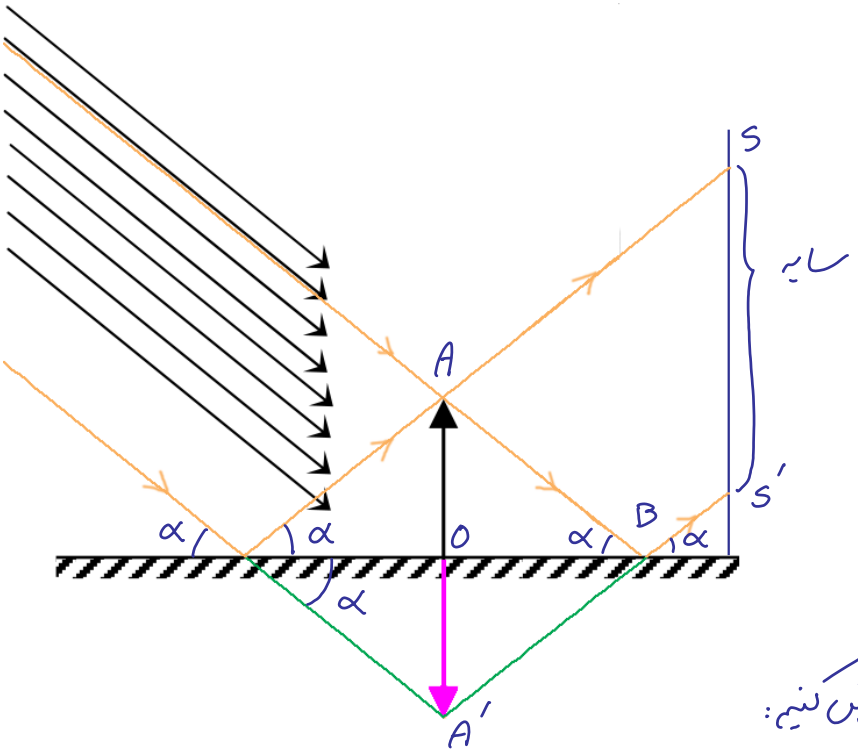
$$\overset{\Delta}{SHA} \sim \overset{\Delta}{ABC} \Rightarrow \frac{AH}{AB} = \frac{SH}{CB} \Rightarrow$$

$$\frac{2.5\,m}{0.5\,m} = \frac{2m}{CB} \Rightarrow CB = 0.4\,m$$

$$\overset{\Delta}{ABC} \sim \overset{\Delta}{CDE} \Rightarrow \frac{AB}{DE} = \frac{CB}{CD} \Rightarrow$$

$$\frac{0.5m}{DE} = \frac{0.4m}{1.6m} \Rightarrow DE = 2m$$

۱۲- پرتوهای خورشید از روی آینه افقی بازتابش می یابد و به روی پرده می افتد. در صورتی که مانند شکل جسمی روی آینه قرار گیرد حداکثر طول سایه روی دیوار در ازای چه زاویه تابش و چه فاصله‌ای از دیوار است و مقدار آن چقدر است؟ (پرتوها مستقیم به دیوار نمی‌خورند)



همان طور که از شکل پیداست طول سایه در حالت بیشینه دو برابر طول جسم است. در این حالت باید دیوار بعد از نقطهٔ B قرار گرفته باشد.

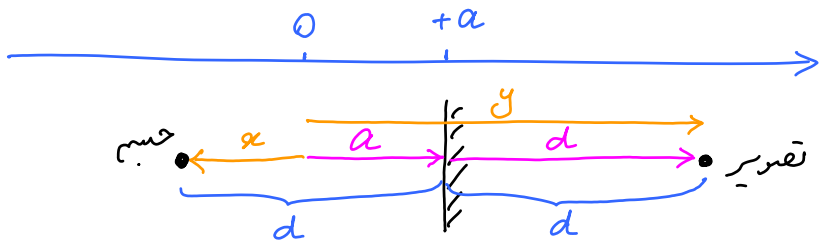
$$\tan\alpha = \frac{OA}{OB} \Rightarrow OB = OA\cot\alpha$$

اگر طول جسم را l و فاصلهٔ آن را از دیوار d فرض کنیم:

$$d \geq OB \Rightarrow d \geq OA\cot\alpha \Rightarrow d \geq l\cot\alpha$$

۱۳- دو آینه تخت موازی به فاصلهٔ $a\ cm$ از هم قرار دارند و جسمی به فاصلهٔ $b\ cm$ نسبت به یکی از آن‌ها واقع است. فاصله چهارمین و n امین تصویر مجازی که توسط هر آینه ساخته می‌شود را از هر آینه حساب کنید.

محور مختصاتی یک بعدی در نظر بگیرید که آینه‌ای نمود بر راستای آن در موقعیت $+a$ قرار دارد. مطابق شکل زیر



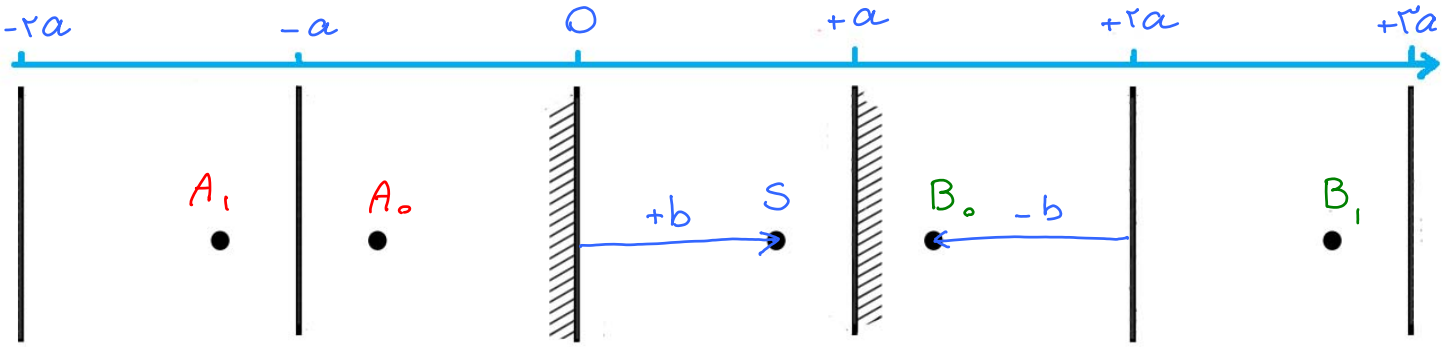
اگر روی آینه به سمت منفی باشد، این آینه از هر جسمی در موقعیت x منفی تصویری در موقعیت y مثبت تشکیل می دهد. در این حالت فاصلهٔ جسم از آینه برابر خواهد بود با $d = (-x) + a$. فاصلهٔ تصویر تا آینه نیز برابر همین مقدار خواهد بود و چون $y = a + d$ برای موقعیت تصویر خواهیم داشت:

$$y = 2a - x$$

در حالتی که آینه روی مبدأ قرار گرفته باشد یعنی $a=0$ داریم $x=-y$ و فرقی نمی‌کند روی آینه به کدام سمت باشد.

مسألهٔ مطرح شده در این سؤال متشکل از دو آینه است که نه تنها از یک جسم واقعی تصویر تشکیل می‌دهند، بلکه از تصاویر تشکیل گرفته در آینهٔ مقابل نیز تصویر تشکیل می‌دهند.

اگر یک آینه را در موقعیت صفر مبدأ و دیگری را در موقعیت $+a$ در نظر بگیریم می‌توان با استفاده از دو رابطهٔ فوق محل تمام تصاویر را با استفاده از رابطه‌ای بازگشتی و در نهایت رابطه‌ای صریح به دست آورد.



آینهٔ اول

موقعیت جسم	موقعیت تصویر
S	$A_0 = -S$
B_0	$A_1 = -B_0$
B_1	$A_2 = -B_1$
B_2	$A_3 = -B_2$
B_{2n-3}	$A_{2n-2} = -B_{2n-3}$
B_{2n-2}	$A_{2n-1} = -B_{2n-2}$

آینهٔ دوم

موقعیت جسم	موقعیت تصویر
S	B_0
A_0	$B_1 = 2a - A_0 = 2a + S$
A_1	$B_2 = 2a - A_1 = 2a + B_0$
A_2	$B_3 = 2a - A_2 = 2a + B_1 = 4a + S$
A_3	$B_4 = 2a - A_3 = 2a + B_2 = 4a + B_0$
A_{2n-2}	$B_{2n-1} = 2a - A_{2n-2} = 2a + B_{2n-3} = 2na + S$
A_{2n-1}	$B_{2n} = 2a - A_{2n-1} = 2a + B_{2n-2} = 2na + B_0$

از آن جایی که تفاوتی ندارد تصویر ایجاد شده در کدام آینه را مورد بررسی قرار دهیم، در این مسأله آینه دوم را انتخاب کرده و فاصلهٔ تصویر چهارم یعنی B_4 را از آینه اول و آینه دوم حساب می‌کنیم:

$$\text{فاصله از آینه اول} = B_4 = 4a + S = 4a + b$$

$$\text{فاصله از آینه دوم} = \text{فاصله از آینه اول} - a = B_3 - a = 3a + b$$

در مورد فاصلهٔ تصویر m ام دو حالت وجود دارد:

$$m = 2n \Rightarrow \text{فاصله از آینهٔ اول} = B_{2n-1} = 2na + S = 2na + b$$

$$\text{فاصله از آینه دوم} = \text{فاصله از آینهٔ اول} - a = B_{2n-1} - a = (2n-1)a + b$$

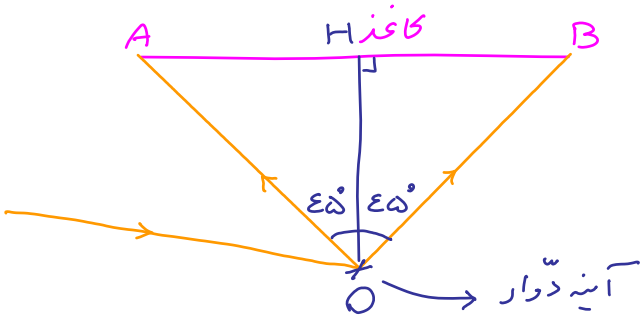
$$m = 2n+1 \Rightarrow \text{فاصله از آینه اول} = B_{2n} = 2na + B_0 = 2na + (2a-b) = (2n+2)a - b$$

$$\text{فاصله از آینه دوم} = \text{فاصله از آینهٔ اول} - a = B_{2n} - a = (2n+1)a - b$$

۱۴- یک پرتوی لیزر به یک آینه درون پرینتر لیزری برخورد می‌کند و بعد از بازتاب به کاغذ برخورد می‌کند. اگر آینه فقط به اندازه‌ی ۴۵ درجه فضا برای چرخش داشته باشد. باید حداقل چقدر با سطح کاغذ فاصله داشته باشد تا پرتو بتواند کل عرض صفحه را پوشش دهد. (عرض کاغذ $A4$ ۲۰ سانتیمتر است و فرض کنید آینه روی عمود منصف کاغذ قرار گرفته است)

اگر آینه به اندازهٔ α دوران داشته باشد پرتو به اندازه 2α دوران خواهد داشت. در این مسأله یعنی به اندازهٔ:

$$2 \times 45^\circ = 90^\circ$$

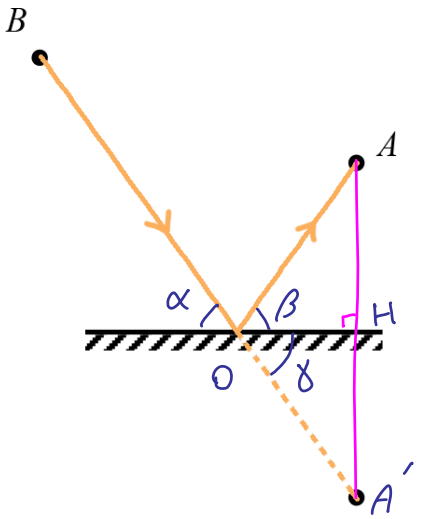


$$OH = AH = BH = \frac{AB}{2} = 10\ cm$$

۱۵- در شکل زیر با استدلال مناسب:

الف) مسیر پرتویی را مشخص کنید که از نقطه A به آینه بتابد و پس از بازتاب از نقطه B بگذرد.

ب) مسیر پرتویی را مشخص کنید که از نقطه B به آینه بتابد و پس از بازتاب از نقطه A بگذرد.



طبق اصل بازگشت پذیری نور این دو مسیر یکی است و با پیدا کردن یکی می‌توان دیگری را به دست آورد.

ابتدا تصویر A را پیدا می‌کنیم. از B به A' وصل می‌کنیم محل تقاطع این خط با آینه را (O) به A متصل می‌کنیم.

مسیر $B-O-A$ مسیر پرتوی مورد نظر است. زیرا به طریق زیر می‌توان نشان داد دو زاویه α و β برابرند و قانون بازتابش رعایت شده است.

$$\left.\begin{array}{l} AH = A'H \\ \widehat{OHA} = \widehat{OHA'} = 90^\circ \\ OH \text{ ضلع مشترک} \end{array}\right\} \Rightarrow \overset{\Delta}{A\hat{O}H} = \overset{\Delta}{A'\hat{O}H} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} \beta = \gamma \\ \gamma = \alpha \end{array}\right\} \Rightarrow \beta = \alpha$$