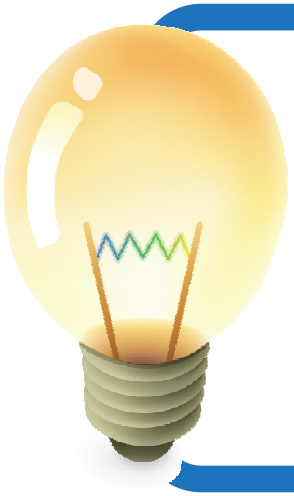
گزینه دو
مؤسسه آموزشی فرهنگی



# فیزیک ۱

- فصل ۴

# فصل ۴: نور و بازتاب نور

## ماهیت نور

دربارهٔ نور دو نظریه وجود دارد: نظریهٔ موجی و نظریهٔ ذره‌ای

## خواص و ویژگی‌های نور

### نور هندسی

در این قسمت فرض می‌شود که نور بر روی خط راست منتشر می‌شود. منظور از یک پرتوی نور، باریکه‌ای است از انرژی نورانی که ضخامت آن ناچیز است و می‌توان آن را همانند یک خط راست در نظر گرفت. بررسی نور در این حالت را اپتیک می‌نامند. از این خاصیت نور در مطالعهٔ پدیده‌هایی مانند بازتابش نور، شکست نور، چشم و دستگاه‌های نوری بهره گرفته می‌شود.

### نور موجی

در این‌جا نور به‌عنوان یک موج الکترومغناطیس در نظر گرفته می‌شود. پدیده‌هایی چون تداخل، تفرق و پلاریزاسیون بر اساس این خاصیت نور مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

### سرعت نور

در گذشته‌ی دور، دانشمندان تصور می‌کردند که نور با سرعت نامحدود و برابر با بی‌نهایت منتشر می‌شود. گالیله اولین کسی بود که به فکر اندازه‌گیری سرعت نور افتاد. اما با آزمایش‌های مکرر نتوانست سرعت نور را اندازه بگیرد. در سال ۱۸۴۹ فیزو با استفاده از چرخ‌های دندانه‌دار توانست سرعت نور را محاسبه کند.

(سرعت نور در خلأ تقریباً $۳\times۱۰^{۸}\ m/s$ است.)

### جسم شفاف

این اجسام نور را به راحتی از خود عبور می‌دهند و تصویر اشیاء به‌طور واضح در پشت آن‌ها دیده می‌شود. مانند: هوا و شیشه

### جسم نیمه‌شفاف

این اجسام نور را از خود عبور می‌دهند اما طوری پرتوهای نور را از مسیر خود منحرف می‌کنند که جسم از پشت آن‌ها دیده نمی‌شود. مانند: شیشه‌ی مات

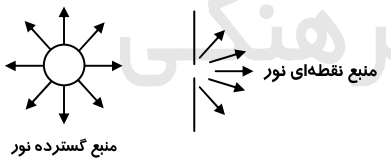
### جسم کدر

این اجسام نور را از خود عبور نمی‌دهند و بخشی از نور را بازتابش می‌کنند. مانند: تخته‌چوب

### جسم منیر و جسم غیر منیر

برای آن‌که جسم دیده شود باید نور از جسم به چشم برسد. چنین جسمی یا خود مولد نور است که آن را منیر می‌نامند و یا نور تابیده به خود را باز می‌تاباند که به آن غیر منیر گفته می‌شود، مانند ماه.

### منبع نور نقطه‌ای و گسترده




اگر از داخل یک روزنه نور وارد محیط شود آن را منبع نور نقطه‌ای می‌نامند و اگر ابعاد منبع نور قابل ملاحظه باشد آن را منبع گسترده می‌نامند، مانند لامپ.

### نور سفید

نخستین بار نیوتن با عبور نور سفید خورشید از یک منشور نشان داد که نور سفید آمیزه‌ای از هفت رنگ است: قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش.

ضریب شکست منشور برای رنگ‌های مختلف نور (بسامدهای متفاوت نور) یکسان نیست. به همین دلیل انحراف آن‌ها پس از خروج از منشور متفاوت است. نور بنفش بیش‌ترین انحراف را پیدا می‌کند، زیرا بیش‌ترین ضریب شکست منشور برای نور بنفش است و نور قرمز کم‌ترین انحراف را دارد، زیرا ضریب شکست منشور برای نور قرمز نسبت به سایر رنگ‌های نور کم‌تر است.

جداسازی رنگ‌های نور به‌وسیله‌ی منشور را **پاشیدگی نور** می‌نامند.

از آن‌جایی که رنگ‌های طیف نور به تدریج تغییر پیدا می‌کنند و از یک رنگ به رنگ دیگری در می‌آیند و هیچ مرز مشخصی بین آن‌ها وجود ندارد چنین طیفی را **طیف پیوسته** می‌نامند.

### رنگ‌های اصلی نور سفید

سه رنگ قرمز، آبی و سبز را رنگ‌های اصلی نور سفید می‌نامند. از ترکیب این سه رنگ، نور سفید به‌دست می‌آید. رنگ‌های اصلی نور سفید را نمی‌توان از آمیختن رنگ‌های دیگر نور به‌دست آورد.

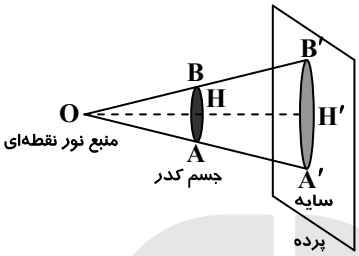
### رنگ اشیاء

وقتی نور به سطح یک شیء می‌تابد علاوه بر بازتابش یا عبور، قسمتی از نور جذب شیء می‌گردد و قسمتی از نور که جذب شیء می‌شود دمای آن را افزایش می‌دهد. رنگ اشیاء بستگی به نوری دارد که از آن باز می‌تابد، اما رنگ جسم شفاف بستگی به نوری دارد که از آن عبور می‌کند.

### سایه و نیم‌سایه

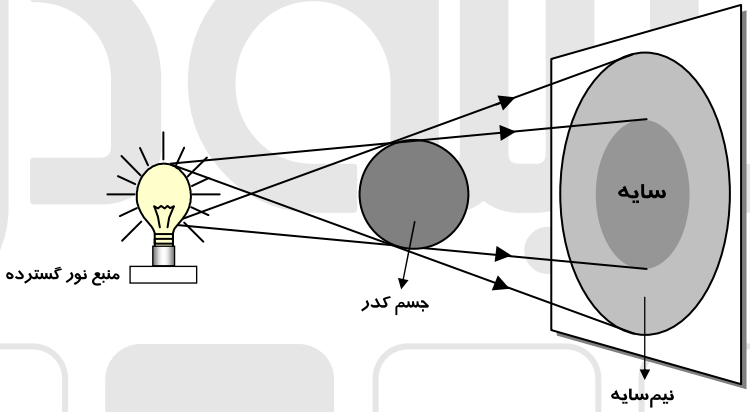
هرگاه یک چشمه‌ی نور بسیار کوچک (نقطه‌ای) داشته باشیم و جسم کدری را در مقابل آن قرار دهیم، به علت انتشار نور بر روی خط راست، سایه‌ای روی پرده تشکیل می‌شود. چنانچه چشمه‌ی نور گسترده باشد، در اطراف سایه علاوه بر تشکیل سایه، ناحیه‌ای به‌وجود می‌آید که قسمتی از نور به آن می‌رسد. این ناحیه را **نیم‌سایه** می‌نامند.

برای به‌دست آوردن سایه به‌صورت زیر بین دو مثلث موردنظر تشابه می‌نویسیم:

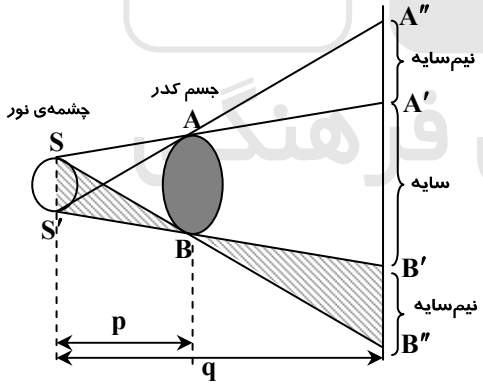



$$\overset{\Delta}{OAB} \cong \overset{\Delta}{OA'B'} : \frac{A'B'}{AB} = \frac{OH'}{OH}$$

$$\frac{S'}{S} = \left(\frac{OH'}{OH}\right)^2$$




برای به‌دست آوردن نیم‌سایه به‌صورت زیر بین دو مثلث موردنظر تشابه می‌نویسیم:




$$\overset{\Delta}{SS'B} \cong \overset{\Delta}{BB'B''} \Rightarrow \frac{B'B''}{SS'} = \frac{q-p}{p}$$

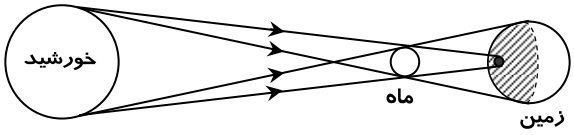
همان‌طور که به‌دست آمده پهنای نیم سایه مستقل از ابعاد جسم کدر است.

هم‌چنین برای به‌دست آوردن سایه داریم:

$$\overset{\Delta}{S'AB} \sim \overset{\Delta}{S'A''B'} \Rightarrow \frac{A''B'}{AB} = \frac{q}{p}$$

### کسوف و خسوف

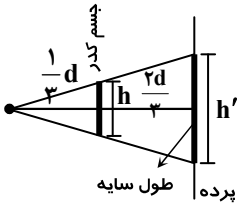
در حرکت ماه و زمین به دور خورشید هرگاه زمین بین ماه و خورشید قرار گیرد ممکن است که سایه‌ی زمین، تمام یا قسمتی از سطح ماه را بپوشاند، این حالت را ماه‌گرفتگی یا خسوف می‌نامند. اگر ماه بین زمین و خورشید قرار گیرد و سایه‌ی ماه روی زمین بیفتد، خورشیدگرفتگی یا کسوف رخ می‌دهد. برای کسانی که در سایه‌ی کامل ماه هستند، خورشیدگرفتگی کلی و برای آن‌هایی که در نیم‌سایه‌ی ماه هستند، خورشیدگرفتگی جزئی است.



**تست:** در $\frac{۱}{۳}$ فاصله‌ی چشمه‌ی نور نقطه‌ای از یک پرده، جسم کدری را به موازات پرده، بین پرده و چشمه قرار می‌دهیم. طول سایه، چند برابر طول جسم است؟ (جسم به چشمه نزدیک‌تر است.)

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

پاسخ: گزینه ۱

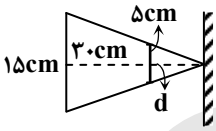



$$\frac{h'}{h}=\frac{d}{\frac{d}{۳}}\Rightarrow h'=۳h$$

**تست:** در مقابل یک منبع نور که قطر آن ۱۵cm است و به فاصله‌ی ۳۰cm آن، جسم کدری به طول ۵cm و به موازات منبع نور قرار دارد. پرده‌ای را در پشت سر جسم و به موازات آن در چه فاصله‌ای از منبع نور آویزان کنیم تا سایه جسم روی پرده محو شود؟

۱) ۱۵ ۲) ۴۵ ۳) ۶۰ ۴) ۹۰

پاسخ: گزینه ۱

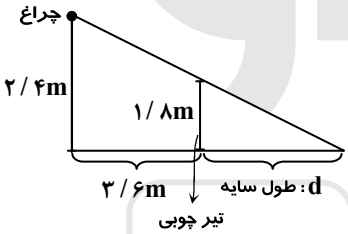



$$\frac{۱۵}{۳۰+d}=\frac{۵}{d}\Rightarrow ۳d=۳۰+d\Rightarrow d=۱۵cm$$

**تست:** در فاصله‌ی ۲/۴m از سطح زمین یک چراغ کوچک روشنایی قرار دارد. در فاصله ۳/۶m از پای چراغ، تیرچوبی به طول ۱/۸m به‌طور قائم روی زمین قرار دارد. طول سایه‌ی تیر چوبی روی زمین چند متر است؟

۱) ۷/۲ ۲) ۹/۶ ۳) ۱۰/۸ ۴) ۱۱/۲

پاسخ: گزینه ۳

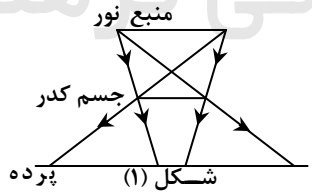


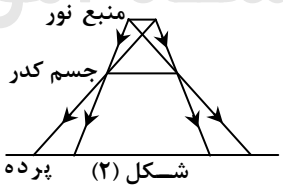

$$\frac{۲/۴}{۳/۶+d}=\frac{۱/۸}{d}\Rightarrow ۴d=۳d+۱۰/۸$$

$$\Rightarrow d=۱۰/۸m$$

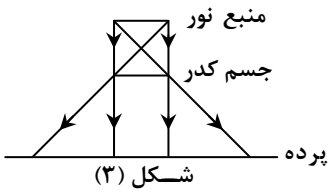
## بررسی تغییرات سایه و نیم‌سایه

• شیء کدری که ابعاد آن کوچک‌تر از قطر چشمه‌ی نورانی باشد (شکل ۱) را بین منبع و پرده و موازی با آن‌ها قرار می‌دهیم. حال اگر منبع نور را از جسم دور کنیم قطر سایه افزایش و قطر نیم‌سایه کاهش می‌یابد.




• در صورتی‌که ابعاد شیء کدر از منبع نور بزرگ‌تر باشد (شکل ۲) با دور شدن منبع نور از جسم، قطر سایه کاهش و قطر نیم‌سایه نیز کاهش می‌یابد. و در صورتی‌که قطرشان یکسان باشد (شکل ۳)، قطر سایه تغییری نمی‌کند ولی با دور شدن منبع نور، قطر نیم‌سایه کاهش می‌یابد.



**تست:** سطح سایه و نیم‌سایه‌ای که در موقع خورشیدگرفتگی روی زمین تشکیل می‌شود، وقتی ماه به زمین نزدیک است نسبت به زمانی که ماه از زمین دور است به‌ترتیب ..... و ..... است.

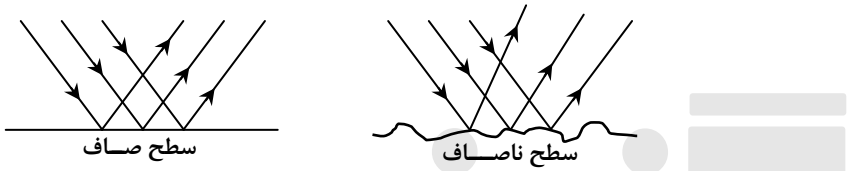
۱) کوچک‌تر – کوچک‌تر ۲) کوچک‌تر – بزرگ‌تر ۳) بزرگ‌تر – کوچک‌تر ۴) بزرگ‌تر – بزرگ‌تر

**پاسخ:** گزینه ۳

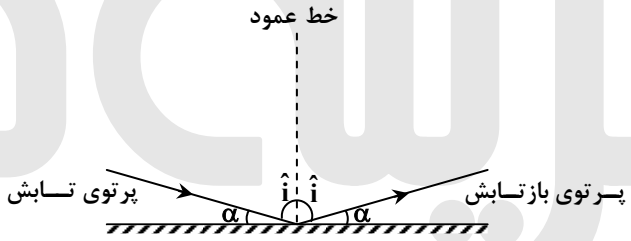
طبق نکات فوق و این‌که ماه (جسم کدر) از منبع نور (خورشید) کوچک‌تر است می‌توان فهمید که وقتی ماه به زمین نزدیک‌تر است، سایه بزرگ‌تر و نیم‌سایه کوچک‌تر می‌شود. بنابراین گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

## بازتابش نور

برگشت نور از سطح اشیاء را بازتابش نور گویند. اگر سطح صاف و صیقلی باشد همانند آینه، همه پرتوهای موازی را به‌صورت موازی بازمی‌تاباند که آن را بازتابش منظم می‌نامند. اما سطح ناصاف، پرتوهای موازی را در جهت‌های مختلف بازمی‌تاباند، این بازتابش را بازتابش نامنظم می‌نامند.




زاویه‌ی بین پرتوی تابش و خط عمود را زاویه‌ی تابش **(i)** و زاویه‌ی بین پرتوی بازتابش و خط عمود را زاویه‌ی بازتابش **($i'$)** می‌نامیم.




## قوانین بازتابش نور

**I)** پرتوی تابش و پرتوی بازتابش و خط عمود در نقطه‌ی تابش، هرسه در یک صفحه قرار دارند.

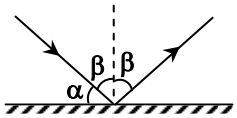
**II)** همواره زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتابش با یکدیگر برابر می‌باشند.

تذکر: موارد فوق برای بازتابش پرتوها از روی هر سطحی معتبر هستند.

**تست:** اگر در یک آینه‌ی تخت، زاویه‌ای که پرتوی تابش با سطح آینه می‌سازد $\frac{۱}{۴}$ زاویه‌ای باشد که با پرتوی بازتابش می‌سازد، زاویه‌ی تابش چند درجه خواهد بود؟

۱) ۲۲/۵ ۲) ۳۰ ۳) ۴۵ ۴) ۶۰

**پاسخ:** گزینه ۴



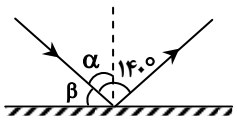

$$\alpha = \frac{۱}{۴}(۲\beta) \Rightarrow \beta = ۲\alpha$$

$$\beta + \alpha = ۹۰ \Rightarrow ۳\alpha = ۹۰ \Rightarrow \alpha = ۳۰^\circ \Rightarrow \beta = ۶۰^\circ$$

**تست:** در یک آینه‌ی تخت اگر زاویه‌ای که پرتوی تابش با پرتوی بازتابش می‌سازد $۱۴۰^\circ$ باشد، زاویه‌ای که پرتوی تابش با سطح آینه می‌سازد چند درجه است؟

۱) ۵۰ ۲) ۴۰ ۳) ۳۰ ۴) ۲۰

**پاسخ:** گزینه ۴

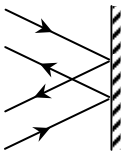



$$۲\alpha = ۱۴۰^\circ \Rightarrow \alpha = ۷۰^\circ \Rightarrow \beta = ۲۰^\circ$$

**تست: یک دسته پرتو همگرا قبل از رسیدن به هم به یک آینه تخت می‌رسند. پرتوهای بازتابش از آینه در ادامه‌ی مسیر چگونه خواهند بود؟**

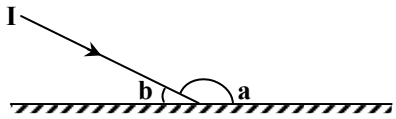
**۱) ابتدا همگرا سپس واگرا ۲) ابتدا واگرا سپس همگرا ۳) پیوسته واگرا ۴) پیوسته همگرا**

**پاسخ: گزینه ۱**



**با توجه به شکل مقابل در می‌یابیم که پرتوهای بازتابش ابتدا همگرا سپس واگرا می‌باشند.**

**تست: مطابق شکل، پرتوی تابشی بر سطح آینه‌ی تختی می‌تابد. اگر زاویه‌ی a پنج برابر زاویه‌ی b باشد، در این صورت زاویه‌ی بین پرتوی تابش و بازتابش چند درجه است؟**



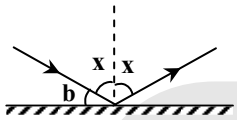

**۱) ۳۰**

**۲) ۶۰**

**۳) ۱۲۰**

**۴) ۱۵۰**

**پاسخ: گزینه ۳**

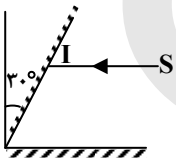



$$5b = a \ , \ a + b = 180 \Rightarrow b = 30^\circ$$

$$x = 90 - 30 = 60^\circ$$

$$\Rightarrow 2x = 120^\circ$$

**تست: در شکل مقابل زاویه‌ی بین پرتوی بازتابش خروجی از مجموعه‌ی آینه‌ها با پرتوی تابش SI چند درجه است؟**



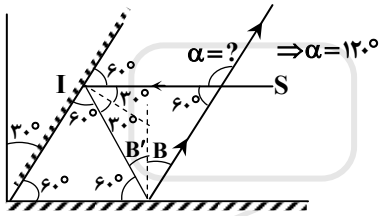

**۱) ۹۰**

**۲) ۴۵**

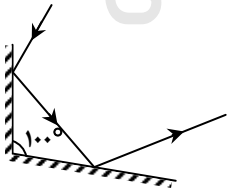
**۳) ۶۰**

**۴) ۱۲۰**

**پاسخ: گزینه ۴**




**تست: در شکل روبه‌رو زاویه‌ی بین دو آینه ۱۰۰ درجه است. پرتوی نوری پس از بازتابش از آینه اول به آینه دوم می‌تابد. پرتوی نور بازتابیده از آینه دوم نسبت به پرتوی نور تابیده به آینه اول چند درجه منحرف شده است؟**



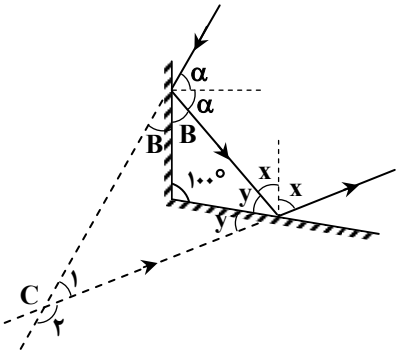

**۱) ۵۰**

**۲) ۲۰۰**

**۳) ۱۶۰**

**۴) ۲۶۰**

**پاسخ: گزینه ۳**

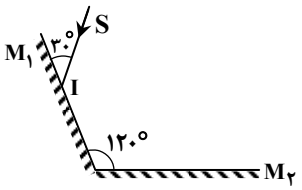



$$2B + 2y + C_1 = 180$$

$$B + y + 100 = 180 \Rightarrow B + y = 80$$

$$\Rightarrow C_1 = 20^\circ, C_2 = 160^\circ \text{ زاویه‌ی مورد نظر}$$

**تست: در شکل مقابل پرتو SI به آینه $M_1$ می‌تابد. پرتو بازتابش آن با سطح آینه $M_2$ زاویه چند درجه می‌سازد؟**



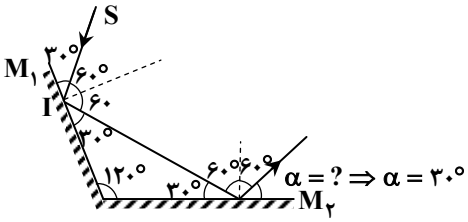

۱) ۱۰

۲) ۱۵

۳) ۳۰

۴) صفر

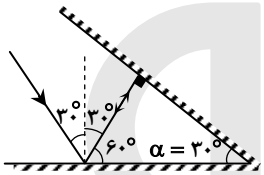
**پاسخ: گزینه ۳**




**تست: زاویه بین دو آینه تخت متقاطع چند درجه باشد تا پرتوی نوری که با زاویه تابش ۳۰ به یکی از دو آینه می‌تابد بعد از بازتابش از آینه دوم روی خودش باز گردد؟**

۱) ۱۵ ۲) ۳۰ ۳) ۶۰ ۴) ۱۲۰

**پاسخ: گزینه ۲**




### مشخصات تصویر حقیقی

**I)** بر روی پرده تشکیل می‌شود.

**II)** از برخورد پرتوهای همگرا به‌وجود می‌آید.

**III)** با چشم دیده نمی‌شود.

**IV)** نسبت به جسم وارونه است.

**V)** در جلوی آینه تشکیل می‌شود.

### مشخصات تصویر مجازی

**I)** بر روی پرده تشکیل نمی‌شود.

**II)** از برخورد امتداد پرتوهای واگرا به‌وجود می‌آید.

**III)** نسبت به جسم مستقیم است.

**IV)** با چشم دیده می‌شود.

**V)** در پشت آینه تشکیل می‌شود.

مؤسسه آموزشی فرهنگی

## آینه‌ی تخت

### ویژگی تصویر در آینه‌ی تخت

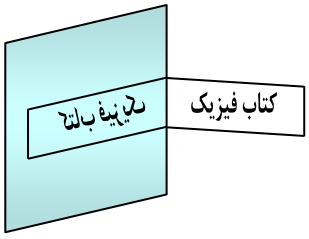
**I)** تصویر مجازی است. یعنی اگر چشم در مسیر پرتوهای بازتابش نور قرار گیرد، تصویر را می‌بیند و نمی‌توان تصویر را روی پرده انداخت.

**II)** فاصله‌ی شیء از آینه با فاصله‌ی تصویر از آینه برابر است.

**III)** بزرگی شیء با بزرگی تصویر برابر است.

**IV)** تصویر دارای برگردان جانبی است. یعنی سمت راست شیء بر سمت چپ تصویر منطبق است.

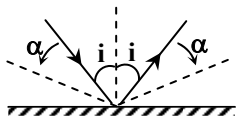
**V)** تصویر نسبت به جسم، مستقیم است.



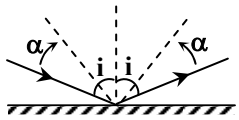
## دوران پرتو تابش:

اگر با ثابت نگه‌داشتن آینه، پرتوی تابش به اندازه‌ی $\alpha$ دوران کند، پرتوی بازتاب نیز به اندازه‌ی $\alpha$ ولی در خلاف جهت پرتوی تابش دوران می‌کند. بنابراین می‌توان نوشت:

I) مطابق شکل در صورتی‌که پرتوی تابش به اندازه‌ی $\alpha$ بیش‌تر شود، زاویه‌ی بین پرتوی تابش و بازتابش $۲(i+\alpha)$ می‌شود.




II) مطابق شکل در صورتی‌که پرتوی تابش به‌اندازه‌ی $\alpha$ کم‌تر شود، زاویه‌ی بین پرتوی تابش و بازتابش $۲(i-\alpha)$ می‌شود.




## دوران آینه:

اگر با ثابت نگه داشتن پرتوی تابش، آینه‌ی تخت به‌اندازه‌ی $\alpha$ دوران کند، پرتوی بازتاب به‌اندازه‌ی $۲\alpha$ و در جهت چرخش آینه دوران می‌کند و می‌توان نوشت:

(علامت منفی در رابطه‌های زیر برای چرخش آینه در جهت مخالف شکل است.)

$i$ : زاویه‌ی تابش قبل از دوران

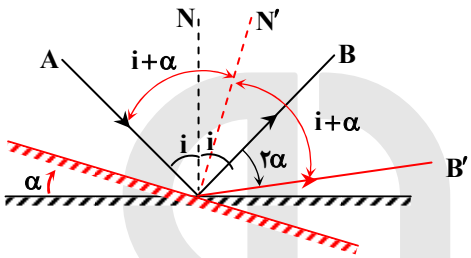
$i$ : زاویه‌ی بازتاب قبل از دوران

$i \pm \alpha$ : زاویه‌ی تابش بعد از دوران

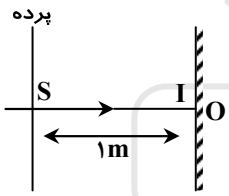
$i \pm \alpha$ : زاویه‌ی بازتاب بعد از دوران

$i \pm ۲\alpha$ : زاویه‌ی بازتاب جدید نسبت به خط عمود قدیم

$۲\alpha$ : چرخش پرتوی بازتاب




**تست:** در شکل زیر شعاع نور SI عمود بر آینه‌ی تخت M می‌تابد. اگر آینه را حول محوری‌که از O گذشته و بر صفحه‌ی کاغذ عمود است به اندازه‌ی $۲۲/۵^\circ$ بچرخانیم، شعاع بازتابش در چند متری نقطه‌ی S روی پرده می‌افتد؟




۱) ۰/۵

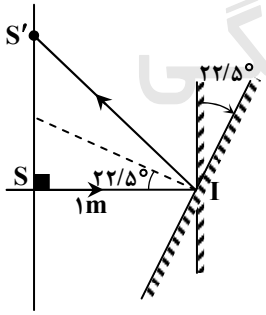
۲) ۰/۷

۳) ۱

۴) ۱/۴

پاسخ: گزینه ۳

در صورتی‌که آینه به اندازه‌ی $\alpha$ دوران کند، پرتو بازتاب به اندازه‌ی $۲\alpha$ دوران خواهد کرد، با توجه به شکل می‌توان نوشت:




$$\alpha = ۲۲/۵^\circ \Rightarrow SIS' = ۲\alpha = ۴۵^\circ$$

$$\tan ۴۵ = \frac{|SS'|}{|SI|} \Rightarrow |SS'| = ۱\times ۱ = ۱m$$

**نکته:** با توجه به این‌که تصویر در آینه‌ی تخت دارای وارون جانبی است در صورتی‌که ساعت عقربه‌ای را جلوی آینه‌ی تخت قرار دهیم می‌بایست جمع ساعت اصلی و ساعت نشان داده شده در آینه برابر ساعت ۱۲ شود، به‌طور نمونه ساعتی که شش و ۲۰ دقیقه را نشان می‌دهد در آینه ۵ و چهل دقیقه را نشان می‌دهد:

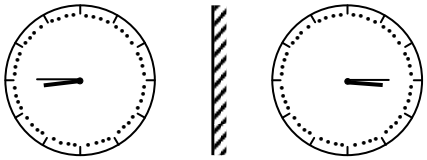
$$۶:۲۰ + ۵:۴۰ = ۱۲:۰۰$$

**تست:** عقربه‌های یک ساعت دیواری در موقعیت نشان دادن ساعت هشت و چهل و پنج دقیقه قرار دارند. اگر در آینه‌ی دیوار مقابل، به آن ساعت نگاه کنیم، عقربه‌ها را در چه موقعیتی احساس می‌کنیم؟

۱) هشت و پانزده دقیقه ۲) سه و چهل و پنج دقیقه ۳) سه و پانزده دقیقه ۴) دو و چهل و پنج دقیقه

پاسخ: گزینه ۳

هشت و چهل و پنج دقیقه و سه و پانزده دقیقه مجموعاً عدد ۱۲:۰۰ را نشان می‌دهند.



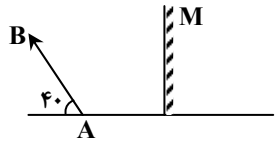
**تست:** میله‌ی **AB** مطابق شکل جلوی آینه تخت **M** قرار داده شده است. زاویه‌ی بین راستای میله و تصویرش در آینه برابر است با:

۱) ۴۰

۲) ۵۰

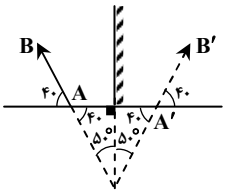
۳) ۷۰

۴) ۱۰۰

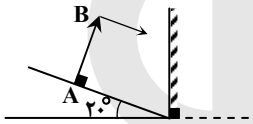



پاسخ: گزینه ۴

با توجه به شکل مقابل واضح است که زاویه‌ی راستای میله و تصویرش در آینه ۱۰۰ درجه است.




**تست:** جسم کدری روی سطح شیب‌دار در راستای مشخص شده به آینه تختی نزدیک می‌شود. زاویه بین راستای جسم و تصویر آن چند درجه است؟




۱) ۲۰

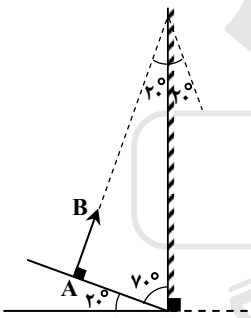
۲) ۱۰

۳) ۴۰

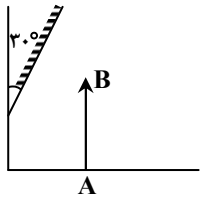
۴) ۸۰

پاسخ: گزینه ۳

نکته: زاویه‌ی بین راستای جسم و تصویرش همواره دو برابر زاویه‌ی بین جسم و آینه است لذا در این مسأله برابر ۴۰ درجه است.




**تست:** آینه مسطحی به دیوار نصب شده است به‌طوری‌که با آن زاویه‌ی $30^\circ$ می‌سازد. شخصی مقابل آینه ایستاده است. زاویه‌ی بین امتداد شخص و تصویر آن در آینه چند درجه است؟




۱) ۲۰

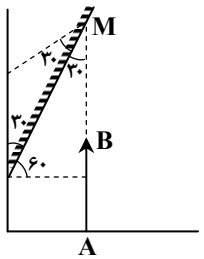
۲) ۴۰

۳) ۳۰

۴) ۶۰

پاسخ: گزینه ۴

زاویه‌ی بین جسم و آینه $30^\circ$ شده است، لذا زاویه‌ی بین امتداد جسم و تصویر $2\times 30^\circ = 60^\circ$ است.



## انتقال تصویر در آینه‌ی تخت

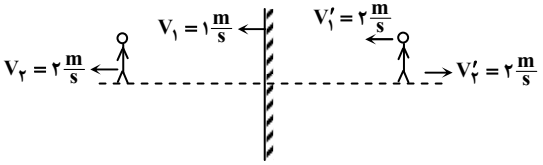
**هرگاه جسم با سرعت $V$ به آینه تخت نزدیک (یا دور) شود، تصویر نیز با سرعت $V$ به آینه تخت نزدیک (یا دور) می‌شود.**
**هرگاه آینه با سرعت $V$ به جسم نزدیک (یا دور) شود، تصویر با سرعت $2V$ به آینه تخت نزدیک (یا دور) می‌شود.**

**تست: جسمی در مقابل یک آینه تخت قرار دارد. اگر این جسم با سرعت $2m/s$ از آینه دور شود و آینه هم با سرعت $1m/s$ به دنبال آن در همان سو حرکت کند، سرعت جابه‌جایی تصویر چند $m/s$ است؟**

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

**پاسخ: گزینه ۱**

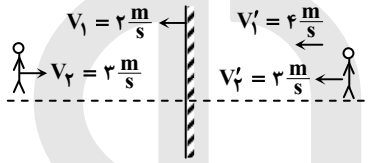
**بنابراین سرعت کل جابه‌جایی تصویر برابر صفر است.**




**تست: شخصی مقابل یک آینه تخت ایستاده است. اگر آینه و شخص به‌ترتیب با سرعت $2m/s$ و $3m/s$ به‌یکدیگر نزدیک شوند، سرعت انتقال تصویر نسبت به شخص چند $m/s$ است؟**

۱) ۵ ۲) ۷ ۳) ۸ ۴) ۱۰

**پاسخ: گزینه ۴**




**سرعت تصویر** $V'' = V_1' + V_2' = 4 + 3 = 7\frac{m}{s}$

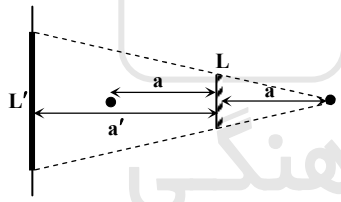
**سرعت تصویر نسبت به شخص** $V = V'' + V_2 = 7 + 3 = 10\frac{m}{s}$

## میدان دید

**فضایی در پشت ناظر که می‌تواند آن را در آینه رؤیت کند، میدان دید آینه نامیده می‌شود. در بین آینه‌ها، آینه کوژ (محدب) بیش‌ترین میدان دید را دارد. به‌همین خاطر از آن در پیچ جاده‌ها و نیز آینه بقل خودروها استفاده می‌شود.**

## میدان دید در آینه‌ی تخت

**شخصی (منبع نوری) به فاصله $a$ از یک آینه تخت به طول $L$ قرار دارد و دیواری به فاصله $a'$ از آینه تخت در پشت سر شخص قرار دارد. میزانی از طول دیوار که شخص در آینه می‌بیند برابر است با:**




$$\frac{L'}{L} = \frac{a + a'}{a}$$

**هم‌چنین اگر مساحت آینه $S$ باشد، مساحتی از دیوار که شخص در آینه می‌بیند برابر است با:**

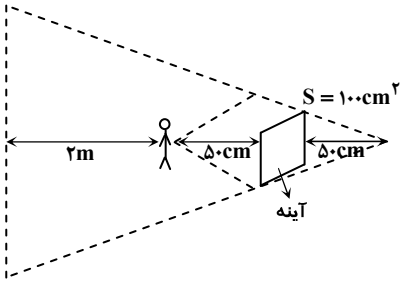
$$\frac{S'}{S} = (\frac{a + a'}{a})^2$$

**تست: شخصی به فاصله $50cm$ از یک آینه تخت به مساحت $1000cm^2$ایستاده است. این شخص چه مساحتی برحسب $cm^2$ از یک دیوار پشت سرش به فاصله $2m$ از خود را در آینه می‌بیند؟**

۱) ۲۰۰ ۲) ۶۰۰ ۳) ۱۶۰۰ ۴) ۳۶۰۰

**پاسخ: گزینه ۴**

**میدان دید شخص** $\frac{S'}{S} = (\frac{a + a'}{a})^2 \Rightarrow \frac{S'}{100} = (\frac{300}{50})^2 \Rightarrow S' = 3600cm^2$



**تست:** چشم شخصی به فاصله ۲۵cm از یک آینه تخت به‌طول ۳۰cm قرار دارد. او چه طولی از دیواری که در فاصله یک متری پشت سرش قرار دارد را در آینه می‌بیند؟

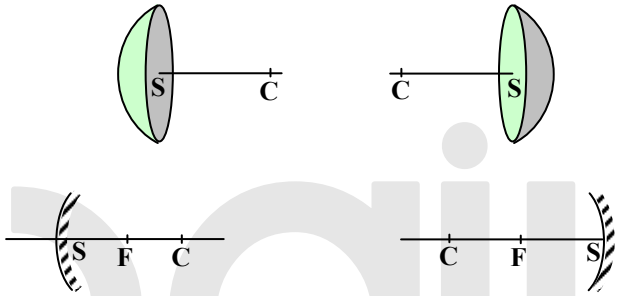
۱) ۱/۲m ۲) ۰/۹m ۳) ۱/۵m ۴) ۱/۸m

پاسخ: گزینه ۴

$$\frac{L'}{L}=\frac{a+a'}{a} \Rightarrow \frac{L'}{۳۰}=\frac{۱۵۰}{۲۵} \Rightarrow L'=۱۸۰cm=۱/۸m$$

## آینه‌های کروی

اگر قسمتی از یک سطح خارجی یا داخلی یک پوسته کروی شفاف را با نقره بپوشانیم یک آینه کروی کاو (مقعر) یا کوژ (محدب) پدید می‌آید.
اگر سطح خارجی آینه نقره اندود شده باشد آن را آینه مقعر و اگر سطح داخلی نقره اندود شود آینه را محدب می‌نامند.
در این بخش به بررسی موضوعاتی در رابطه با این آینه‌ها می‌پردازیم.



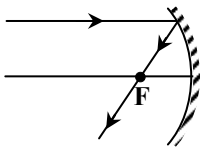

الف) آینه‌ی مقعر (کاو) ب) آینه‌ی محدب (کوژ)

## اصطلاحات و تعاریف اولیه

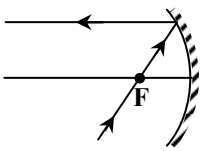
در شکل‌های بالا آینه‌های مقعر و محدب نشان داده شده‌اند.
**C** (مرکز انحنای آینه): مرکز کره‌ای است که آینه بخشی از آن است.
**R**: شعاع کره‌ای است که سطح آینه قسمتی از آن است.
محور آینه: هر خطی که از مرکز آینه گذشته و به سطح آینه برخورد کند محور آینه نامیده می‌شود. آن محوری که سطح آینه را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند، محور اصلی و بقیه محورها را محور فرعی می‌نامند.
رأس آینه **(S)**: محل برخورد محور اصلی با آینه را رأس آینه می‌نامند.
**F** (کانون اصلی آینه): نقطه‌ای بر روی محور اصلی هر آینه است که بین رأس آینه و مرکز انحنای آینه قرار دارد. فاصله آن از رأس آینه را فاصله‌ی کانونی **(f)** می‌نامند. اگر یک دسته پرتو موازی محور اصلی به آینه مقعری برخورد کند، به‌گونه‌ای همگرا می‌شوند که در کانون اصلی به هم می‌رسند.
تذکر: در آینه‌های کوژ (محدب) کانون و مرکز هر دو در پشت سطح بازتابنده نور قرار دارند، لذا گفته می‌شود کانون و مرکز آینه‌های محدب مجازی است.

## قوانین رسم پرتوها در آینه‌های کروی

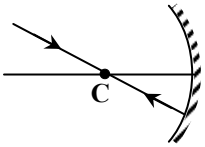
### آینه کاو (مقعر)



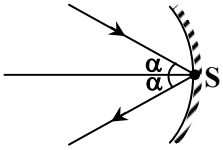

**I)** اگر پرتوی نوری به موازات محور اصلی به آینه مقعری بتابد، پس از بازتابش از کانون اصلی خواهد گذشت.




**II)** اگر پرتوی تابش از کانون آینه مقعر عبور کند، پرتوی بازتابش موازی با محور اصلی خواهد بود.

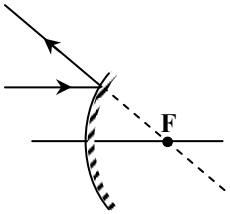



**III) اگر پرتوی نوری از مرکز آینه مقعر بگذرد و به سطح آینه برسد، پس از بازتابش بر روی خود باز می‌گردد.**

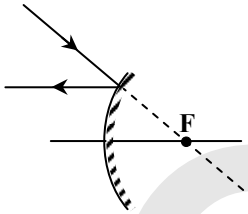



**IV) اگر پرتویی تحت زاویه $\alpha$ با محور اصلی به رأس آینه مقعر بتابد، تحت همان زاویه با محور اصلی بازتابیده می‌شود.**

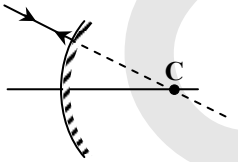
### آینه کوژ (محدب)



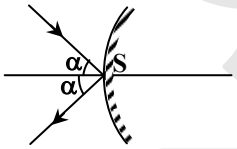

**I) اگر پرتوی نوری به موازات محور اصلی به آینه محدبی بتابد، پس از بازتابش امتداد آن از کانون اصلی آینه خواهد گذشت.**




**II) اگر امتداد پرتوی تابش از کانون آینه محدب عبور کند، پس از بازتابش موازی با محور اصلی خواهد بود.**




**III) اگر امتداد پرتوی تابش از مرکز آینه محدب عبور کند، بر روی خودش بازتابیده می‌شود.**



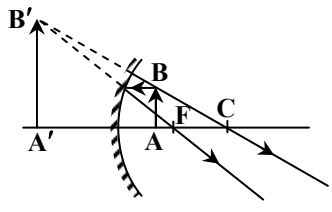

**IV) اگر پرتویی تحت زاویه $\alpha$ با محور اصلی به رأس یک آینه محدب بتابد، تحت همان زاویه با محور اصلی بازتابیده می‌شود.**

### تصویر اشیای حقیقی در آینه‌های کروی

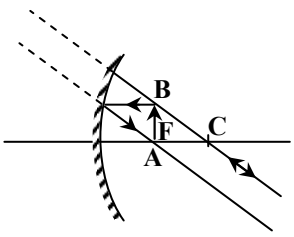
**در اشکال زیر تصویر اشیاء حقیقی در آینه‌های کروی رسم شده است. در هر مورد حتماً خودتان چند بار شکل را رسم نموده و ویژگی‌های شیء و تصویر را به خاطر بسپارید.**

### آینه‌های کاو (مقعر)

**در آینه‌های کاو (مقعر) جسم حقیقی می‌تواند در ۶ وضعیت در مقابل آینه قرار بگیرد و ۶ تصویر با کیفیت متفاوت از آن در آینه به‌وجود می‌آید. در یک حالت که جسم در فاصله کانونی قرار دارد، تصویر مجازی است و در ۵ حالت دیگر تصویر حقیقی است.**

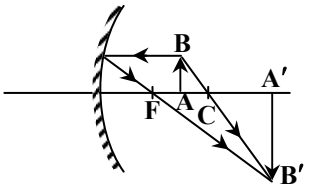



**I) شیء حقیقی در فاصله کانونی قرار دارد: $(p < f)$**
**تصویر: مجازی است و از جسم بزرگتر است. $(m > 1)$**
**در پشت آینه تشکیل می‌شود.**
**نسبت به جسم مستقیم است.**
**کاربرد: آینه دندانپزشکی**



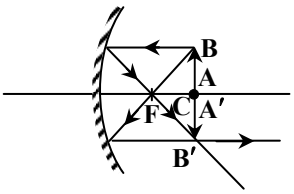

**II) شیء حقیقی روی کانون آینه مقعر قرار دارد: $(p = f)$**
**تصویر: حقیقی است و از جسم بزرگ‌تر است.**
**در بی‌نهایت تشکیل می‌شود.**
**نسبت به جسم وارونه است.**

**III) شیء حقیقی بین کانون و مرکز آینه مقعر قرار دارد. $(f < p < R)$**



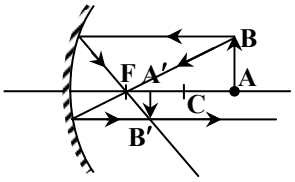

تصویر: حقیقی است و از جسم بزرگ‌تر است.
بین مرکز و بی‌نهایت تشکیل می‌شود.
نسبت به جسم وارونه است.

**IV) شیء حقیقی روی مرکز آینه قرار دارد. $(p = R)$**



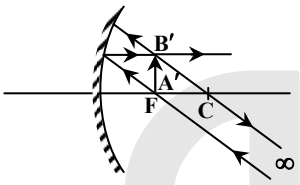

تصویر: حقیقی است.
هم‌اندازه با جسم است.
روی مرکز آینه تشکیل می‌شود.

**V) شیء حقیقی خارج از مرکز باشد. $(R < p)$**




تصویر: حقیقی است.
از جسم کوچک‌تر است.
بین کانون و مرکز آینه تشکیل می‌شود.

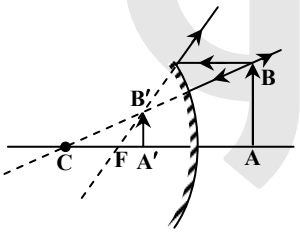
**VI) شیء حقیقی در بی‌نهایت باشد. $(p = \infty)$**




تصویر: حقیقی است. کوچک‌تر از جسم است.
در کانون آینه تشکیل می‌شود.
نسبت به جسم وارونه است.

## آینه‌های کوژ (محدب)

اگر شیء حقیقی در مقابل آینه محدب قرار گیرد، همواره از آن تصویر مجازی در فاصله کانونی در پشت سطح بازتابنده نور تشکیل می‌شود که نسبت به جسم مستقیم و از جسم کوچک‌تر است.




## اصل بازگشت نور

در آینه‌ها و عدسی‌ها این خاصیت وجود دارد که اگر شیء به‌جای تصویر منتقل شود، تصویر به‌جای شیء منتقل خواهد شد. به‌طور نمونه هرگاه جسم حقیقی در مقابل آینه مقعر بین **F** و **C** قرار داشته باشد، تصویر حقیقی آن در خارج از **C** به‌وجود می‌آید. حال اگر جسم حقیقی در خارج از **C** باشد، تصویر حقیقی آن بین **F** و **C** خواهد بود. این نقاط را نقاط مزدوج گویند. اگر در حالت اول بزرگ‌نمایی **m** بوده باشد، در حالت دوم بزرگ‌نمایی $\frac{1}{m}$ خواهد بود.

## روابط ریاضی در آینه‌های کروی

برای استفاده از این روابط باید برای **f**، **q** و **p** علامت جبری + یا − در نظر گرفت. این کار را می‌توان با استفاده از این قرارداد که حقیقی مثبت است و مجازی منفی است، انجام داد.

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

$$m=\frac{A'B'}{AB}=\left|\frac{q}{p}\right|=\frac{f}{a}=\frac{a'}{f}$$

$$aa'=f^2$$

$\Delta=|q-p|$ یا **d** فاصله‌ی جسم و تصویر

در آینه محدب و عدسی واگرا: $m=\frac{f}{p+f}$

در آینه مقعر و عدسی همگرا:
- تصویر حقیقی: $m=\frac{f}{p-f}$
- تصویر مجازی: $m=\frac{f}{f-p}$

**p:** فاصله جسم تا رأس آینه
**q:** فاصله تصویر تا رأس آینه
**f:** فاصله کانون تا رأس آینه (فاصله کانونی)
**R:** فاصله مرکز تا رأس آینه (شعاع آینه)
**m:** بزرگ‌نمایی آینه
**AB:** طول جسم
**A′B′:** طول تصویر
**a:** فاصله جسم تا کانون آینه
**a′:** فاصله تصویر تا کانون آینه

**تذکر مهم:** در آینه‌های کروی می‌توان از رابطه‌ی زیر نیز برای به‌دست آوردن فاصله‌ی کانونی یا بزرگ‌نمایی بهره گرفت:

$$f = \frac{m\Delta}{|1-m^2|}$$

## جابه‌جایی جسم و تصویر در آینه‌های کروی:

در آینه‌های کروی، جهت حرکت جسم و تصویر آن همواره مخالف هم است. به این معنی که اگر جسم در حال حرکت به سمت راست می‌باشد، تصویر آن به سمت چپ حرکت می‌کند و بالعکس.

**نکته:** در آینه‌های مقعر هرچه تصویر به آینه نزدیک‌تر شود، اندازه‌ی آن کوچک‌تر می‌شود.

**نکته:** در آینه‌های محدب هرچه تصویر به آینه نزدیک‌تر شود، اندازه‌ی آن بزرگ‌تر می‌شود.

**تست:** اگر یک شئ از فاصله‌ی دور به‌تدریج به آینه‌ی محدبی نزدیک شود، تصویر آن در آینه چگونه تغییر می‌کند؟

۱) به کانون نزدیک‌تر و بزرگ‌تر می‌شود.
۲) از کانون دورتر و کوچک‌تر می‌شود.
۳) از کانون دورتر و بزرگ‌تر می‌شود.
۴) به کانون نزدیک‌تر و کوچک‌تر می‌شود.

**پاسخ:** گزینه‌ی ۳

هنگامی‌که جسم در فاصله‌ی دور قرار دارد تصویر آن در کانون تشکیل می‌شود و از جسم کوچک‌تر است. وقتی جسم به آینه‌ی محدب خیلی نزدیک می‌شود تصویر از کانون دور و به آینه نزدیک می‌شود و تقریباً با جسم هم‌اندازه می‌شود، پس در این جابه‌جایی تصویر بزرگ‌تر می‌شود.

**تست:** در یک آینه کاو فاصله جسم و تصویر حقیقی آن $60cm$ و طول تصویر $\frac{1}{4}$ طول جسم است. فاصله جسم تا آینه چند سانتی‌متر است؟

۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۸۰

**پاسخ:** گزینه ۴

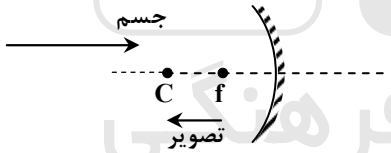
$$\begin{cases} m = \frac{1}{4} = \frac{q}{p} \Rightarrow q = \frac{p}{4} \\ p - q = 60 \Rightarrow p - \frac{p}{4} = \frac{3p}{4} = 60 \Rightarrow p = 80cm \end{cases}$$

**تست:** یک شیء را از فاصله خیلی دور به تدریج تا مرکز آینه کاوی نزدیک می‌کنیم. تصویر آن چگونه تغییر می‌کند؟

۱) از آینه تا کانون ۲) از کانون تا آینه ۳) از مرکز تا کانون ۴) از کانون تا مرکز

**پاسخ:** گزینه ۴

جسم که در $\infty$ باشد، تصویر در کانون است و جسم که در مرکز باشد، تصویر در مرکز است لذا تصویر از کانون تا مرکز جابه‌جا می‌شود.




**تست:** شعاع آینه محدبی $R$ است. جسمی را در مقابل آینه و به فاصله $R$ از آن قرار می‌دهیم. بزرگ‌نمایی آینه در این‌حالت کدام است؟

۱) $\frac{1}{3}$ ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) ۱ ۴) $\frac{1}{2}$

**پاسخ:** گزینه ۱

$$m = \frac{f}{p+f} \quad , \quad p = 2f \Rightarrow m = \frac{1}{3}$$

**تست:** یک آینه کاو از یک شیء تصویر مجازی می‌دهد که طولش دو برابر طول شیء است. نسبت شعاع آینه به فاصله جسم از آینه کدام است؟

۱) $\frac{1}{4}$ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) $\frac{1}{2}$

**پاسخ:** گزینه ۳

$$m = 2 \ , \ m = \frac{f}{f-p} \Rightarrow 2 = \frac{f}{f-p} \Rightarrow 2f - 2p = f \Rightarrow f = 2p \Rightarrow \frac{R}{p} = \frac{2f}{p} = \frac{4p}{p} = 4$$

**تست:** یک آینه کروی از جسمی حقیقی، تصویری مجازی داده است که طول آن ۴ برابر طول جسم است. در صورتی‌که $f = 4cm$ باشد، نوع آینه چیست؟ فاصله‌ی تصویر از آینه چند سانتی‌متر است؟

۱) کاو – ۱۲ ۲) کوژ – ۱۲ ۳) کوژ – ۶ ۴) کاو – ۶

**پاسخ: گزینه ۱**

تصویر مجازی با بزرگ‌نمایی بزرگ‌تر از یک بوده، بنابراین آینه مقعر (کاو) است.

$$m = \left|\frac{q}{p}\right| = 4 \Rightarrow q = -4p$$

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{4p} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{3}{4p} = \frac{1}{4} \Rightarrow p = 3 \Rightarrow q = 12cm$$

**تست:** در یک آینه کاو بزرگ‌نمایی $\frac{1}{4}$ است. اگر جسم را به اندازه $12cm$ به آینه نزدیک کنیم، بزرگ‌نمایی $\frac{1}{2}$ می‌شود. فاصله کانونی آینه چند سانتی‌متر است؟

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۲۴

**پاسخ: گزینه ۲**

$$m = \frac{f}{p-f} = \frac{1}{4} \Rightarrow p = 5f$$

$$p' = p - 12 \Rightarrow m' = \frac{1}{2} = \frac{f}{p'-f} \Rightarrow p' = 3f \Rightarrow 3f = 5f - 12 \Rightarrow 2f = 12 \Rightarrow f = 6cm$$

**تست:** نقطه نورانی از فاصله بسیار دور با سرعت $V$ و در امتداد محور اصلی یک آینه مقعر تا مرکز آینه به آن نزدیک می‌شود. تصویر این نقطه نورانی در آینه چگونه تغییر می‌کند؟

۱) با سرعتی بزرگ‌تر از $V$ از آینه دور می‌شود. ۲) با سرعتی بزرگ‌تر از $V$ به آینه نزدیک می‌شود.

۳) با سرعتی کم‌تر از $V$ از آینه دور می‌شود. ۴) با سرعتی کم‌تر از $V$ به آینه نزدیک می‌شود.

**پاسخ: گزینه ۳**

جسم از بی‌نهایت تا مرکز به آینه نزدیک می‌شود و تصویر تنها از کانون تا مرکز جابه‌جا شده، بنابراین سرعت تصویر کم‌تر بوده است.

**تست:** طول تصویر یک جسم در آینه محدب برابر $\frac{1}{5}$ طول جسم است. اگر جسم را $10cm$ به آینه نزدیک کنیم، طول تصویر $\frac{1}{3}$ طول جسم می‌شود. اندازه شعاع آینه چند سانتی‌متر است؟

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۵ ۴) ۴

**پاسخ: گزینه ۱**

$$m = \frac{f}{p+f} = \frac{1}{5} \Rightarrow p = 4f$$

$$m' = \frac{1}{3} = \frac{f}{p'+f} \Rightarrow p' = 2f, p' = p - 10 \Rightarrow 2f = 4f - 10 \Rightarrow f = 5cm, R = 10cm$$

**تست:** اگر فاصله جسمی تا آینه کاو (مقعر) به اندازه $\frac{3}{4}$ شعاع آینه باشد، بزرگ‌نمایی آینه و نوع تصویر کدام است؟

۱) ۰/۴ و حقیقی ۲) ۰/۴ و مجازی ۳) ۲ و حقیقی ۴) ۲ و مجازی

**پاسخ: گزینه ۳**

$$p = \frac{3}{4}R = \frac{3}{4}(2f) = \frac{3}{2}f$$

تصویر حقیقی : $m = \frac{f}{p-f} = \frac{f}{\frac{3}{2}f - f} = 2$

**تست:** یک آینه کاو به فاصله کانونی $f$ را در چه فاصله‌ای از یک نقطه نورانی قرار دهیم تا تصویر حقیقی آن نقطه روی خودش تشکیل شود؟

۱) $1/5f$ ۲) $f$ ۳) $2f$ ۴) $0/5f$

**پاسخ: گزینه ۳**

در این حالت جسم روی مرکز آینه است و تصویر حقیقی آن نیز در مرکز تشکیل می‌شود.

**تست:** شیء کوچکی عمود بر محور اصلی آینه کاوی (مقعر) به شعاع ۱۵cm و به فاصله ۱۰cm از آن قرار دارد. اگر بخواهیم طول تصویر ۲ برابر و حقیقی شود، شیء را باید چند cm از آینه دور یا به آن نزدیک کنیم؟

۱) ۱/۲۵ – دور ۲) ۱/۲۵ – نزدیک ۳) ۳ – دور ۴) ۳ – نزدیک

**پاسخ:** گزینه ۱

$$m' = ۲ = \frac{f}{p'-f} = \frac{۷/۵}{p'-۷/۵} \Rightarrow p' = ۱۱/۲۵cm \Rightarrow p' = p + ۱/۲۵$$

جسم باید ۱/۲۵ سانتی‌متر از آینه دور شود.

**تست:** آینه مقعری از جسمی که در فاصله ۳۰cm آن است، تصویری حقیقی به اندازه‌ی جسم تشکیل می‌دهد. جسم را در فاصله چند سانتی‌متری آینه قرار دهیم تا طول تصویر حقیقی آن دو برابر طول جسم شود؟

۱) ۴۵ ۲) ۱۵ ۳) ۲۲/۵ ۴) ۶۰

**پاسخ:** گزینه ۳

با توجه به یکسان بودن طول جسم و تصویر داریم:

$$۲f = ۳۰ \Rightarrow f = ۱۵cm$$

$$m = ۲ = \frac{f}{p'-f} = \frac{۱۵}{p'-۱۵} \Rightarrow p' = ۲۲/۵cm$$

**تست:** یک آینه کروی از یک جسم حقیقی که در فاصله ۳۰cm از آینه قرار دارد تصویری مستقیم می‌دهد که طول آن $\frac{۲}{۳}$ طول جسم است.

نوع آینه چیست و شعاع آن چند سانتی‌متر است؟

۱) کاو – ۶۰ ۲) کاو – ۱۲۰ ۳) کوژ – ۶۰ ۴) کوژ – ۱۲۰

**پاسخ:** گزینه ۴

آینه کوژ تصویر مجازی با بزرگنمایی کم‌تر از یک می‌دهد.

$$m = \frac{f}{p+f} \Rightarrow \frac{۲}{۳} = \frac{f}{۳۰+f} \Rightarrow f = ۶۰cm \ , \ R = ۲f = ۱۲۰cm$$

**تست:** طول تصویر حقیقی در آینه مقعر دو برابر جسم است. اگر فاصله جسم تا آینه را ۴cm بیش‌تر کنیم، طول تصویر با طول جسم برابر می‌شود. فاصله کانونی آینه چند سانتی‌متر است؟

۱) ۸ ۲) ۱۰ ۳) ۱۲ ۴) ۴۰

**پاسخ:** گزینه ۱

در حالت دوم چون طول تصویر با طول جسم برابر شده، لذا $p' = ۲f$ است.

$$m = \frac{f}{p-f} = ۲ \Rightarrow p = \frac{۳}{۲}f$$

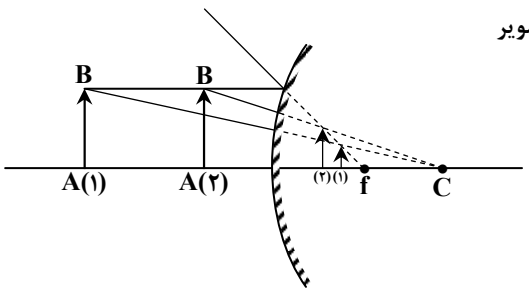
$$p' = p + ۴ = ۲f \Rightarrow \frac{۳}{۲}f + ۴ = ۲f \Rightarrow f = ۸cm$$

**تست:** اگر در یک آینه محدب فاصله بین شیء و آینه کاهش یابد، فاصله بین تصویر تا آینه چگونه تغییر می‌کند؟

۱) پیوسته کاهش ۲) پیوسته افزایش ۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش ۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش

**پاسخ:** گزینه ۱

با توجه به شکل مقابل کاملاً واضح است که فاصله کاهش یافته است و تصویر بزرگ‌تر شده است.



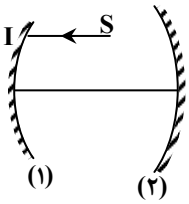
**تست:** آینه کروی از یک جسم تصویر حقیقی تشکیل می‌دهد که طول آن ۳ برابر طول جسم است. اگر فاصله جسم از تصویر ۱۲۰cm باشد، شعاع آینه چند سانتی‌متر است؟

۱) ۶۰ ۲) ۴۵ ۳) ۹۰ ۴) ۱۸۰

**پاسخ:** گزینه ۳

$$f = \frac{m\Delta}{|1-m^2|} = \frac{3\times 120}{|1-9|} = 45 \Rightarrow R = 90cm$$

**تست:** در شکل مقابل فاصله کانونی آینه مقعر (۱) برابر ۱۰cm و فاصله کانونی آینه مقعر (۲) برابر ۲۰cm است. محور اصلی دو آینه بر هم منطبق است. فاصله دو آینه از هم چند سانتی‌متر باشد تا پرتوی نور SI پس از بازتابش از دو آینه روی خودش باز گردد؟



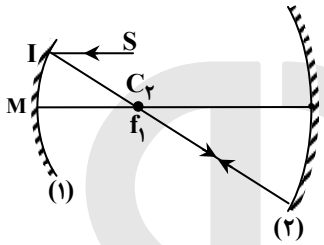

۱) ۲۵

۲) ۳۰

۳) ۳۵

۴) ۵۰

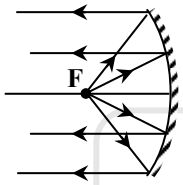
**پاسخ:** گزینه ۴



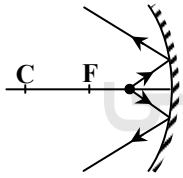

$$MM' = f_1 + R_2 = 10 + 40 = 50cm$$

**توجه:**

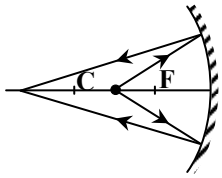
**I)** با یک نقطه نورانی و یک آینه مقعر می‌توان یک دسته پرتو نور موازی ساخت، در این صورت نقطه نورانی باید روی کانون آینه باشد.




**II)** با یک نقطه نورانی و یک آینه مقعر می‌توان یک دسته پرتو واگرا تشکیل داد، در این صورت نقطه نورانی باید در فاصله کانونی باشد.




**III)** با یک نقطه نورانی و یک آینه مقعر می‌توان یک دسته پرتو همگرا تشکیل داد، در این صورت نقطه نورانی باید خارج از فاصله کانونی باشد.




مؤسسه آموزشی فرهنگی