

راهنمای آموزشی فزیک تسریعی ب – دوره دوم

اهداف آموزشی:

- 1_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (نور، خواص نور، انتشار نور، انواع اجسام نظر به تولی و عبور نور، آینه ها) آشنايي کامل دریافت کند.
- 2_ دانش آموزان با موارد استفاده از نور و منابع نوری آگاهی کامل کسب نمایند.
- 3_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات مطرح شده آشنا شوند و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبیق نمایند.

بخش اول: نور (Optic)

مفهوم نور: نور نوعی از انرژی (موج الکترومقناطیسی) است که باعث رویت اشیا می شود سرعت نور سریع ترین سرعت در جهان است اگر وسیله باشد که به این سرعت حرکت کند در یک ثانیه هفت بار به دور زمین می چرخد نور درخالا هم میتواند حرکت کند درگذشته ها انسان فکر می کردند که نور از چشم انسان خارج شده و اشیا را قابل دید می سازد اما تجربه ثابت کرده که یک جسم وقتی قابل دید است که نور آن جسم در چشم انسان برسد.

تعریف نور:

- ☆ نور در لغت از کلمه لاتین Optic به معنی روشنایی گرفته شده است.
- ☆ نور عبارت از انرژی است که سبب رؤییت اجسام، تولید برق، تولید حرارت و تولید انرژی می شود مانند نور آفتاب
- ☆ نور عبارت از انرژی است که باعث می شود انسانها دید و بینایی نسبت به طبیعت کسب نمایند.

ماهیت‌های متفاوت نور

در مورد ماهیت نور یکی از قدیمی‌ترین سؤال این است که نور چیست؟ یونانیان بر ذره‌ی بودن نور عقیده داشتند و نیوتن نیز با آنان موافق بود. اما تجارب اخیر موجی بودن نور را ثابت می‌کند. بنا بر این بر یک مسأله غامض و بدو جواب متناقض می‌رسیم. در این مبحث هردوی این مبحث مورد بررسی قرار گرفته و نتایج مهم آن و تجارب این نظریه‌ها ذکر می‌شود.

نظریه ذره‌ی نور:

اسحاق نیوتن (Isaac Newton) فزیک‌دان و ریاضی‌دان انگلیسی که در سال‌های (1642 – 1727) می‌زیست، عقیده داشت که نور به خط مستقیم انتشار می‌یابد و این موضع را کسوف و خسوف نیز تأیید می‌کردند ولی وقتی که رومر سرعت سیر نور را در خسوف‌های اقمار مشتری اندازه‌گیری می‌نمود تا اندازه‌ی درباره‌ی این اصل تردید حاصل شد. عقیده نیوتن بر این بود که نور دارای خاصیت ذره‌ی می‌باشد، مانند آب و یا صوت، هنگام رسیدن به گوشه‌ی منحرف می‌گردد.

نظریه موجی نور

اولین کسی که بر علیه تیوری نیوتن قد علم کرد و تیوری موجی نور را مطرح ساخت، کریستین هیوگنز (Christian Huygens) فزیک‌دان و ستاره‌شناس هالندی که در سال‌های (1629 – 1695) می‌زیست، عقیده داشت که کلبه پدیده‌های نوری را به وسیله خواص موجی نور به خوبی می‌توان تشریح نمود؛ مثلاً دلیل شکستن نور هنگامی که وارد آب می‌شود اینست که سرعت آن در آب کم‌تر از سرعت نور در هوا است.

نظریه فوتون نور:

آلبرت انشتین (Albert Einstein) فزیک‌دان جرمنی – آمریکایی که در سال‌های سال‌های (1879 – 1955) می‌زیست، در سال 1905م پیشنهاد کرد که امواج نورانی دارای ذرات بسیار ریزی (کوانتم) بنام فوتون هستند و این فرضیه بنام تیوری فوتون نامیده شد، اما نباید تصور شود که نور واقعاً ذره‌ی بود و دیگر نظریه موجی باید حذف شود، بلکه بسیاری از خواص نور با این تیوری نیز قابل تشریح نیست، مثلاً بسیار بیجا خواهد بود که انکسار نور در یک عدسیه را به وسیله تیوری فوتون بخواهیم تشریح کنیم، ولی غیر ممکن هم نیست.

نتیجه گیری: نور نوعی از انرژی می‌باشد که دارای خاصیت دوگانه موجی و ذره‌ی، خاصیت ذره‌ی توسط نیوتن و خاصیت موجی نور توسط هیوگنز ارائه گردیده است.

اجسام منیر و غیرمنیر:

آیا شما گاهی به ساعت شب‌بین، چراغ‌های روشن و یا چشم بعضی حیوانات در شب متوجه شده اید؟ آن‌ها نورانی معلوم می‌شوند، در حالی که چیزهای دیگر وجود دارند که نورانی نیستند.

- ☆ اجسامی که به وسیله نور خودشان دیده شوند، از جمله اجسام منیر مانند: آفتاب، ستاره‌گان، چراغ دستی، گروپ‌ها و ...
- ☆ اجسامی که به وسیله نور اجسام نورانی دیده شوند، اجسام غیرمنیر یاد می‌گردد. مانند: مهتاب، سیاره‌ها، سنگ، چوپ و ... می‌باشند.

نور از نگاه رویت:

نور از نگاه رویت به دو دسته تقسیم شده اند:

- ☆ نور مرئی: نوری که قابل دید باشد
- ☆ نور نامرئی: نوری که قابل دید نباشد

انتشار نور

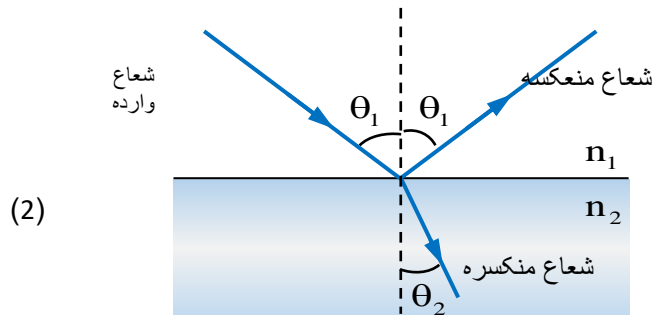
پخش نور از منبع نور در یک محیط را بنام انتشار نور یاد می‌کند در وقت آفتاب برآمد، آن قسمت زمین که به طرف آفتاب واقع است روشن می‌شود. در هنگام شب ما همان چراغ را می‌بینیم که از ما به فاصله زیاد قرار ندارد؛ این که از آفتاب نور به زمین می‌رسد و یا نور چراغ به چشمان ما می‌رسد و آن را می‌بینیم، علت آن این است که از اشیا متذکره نور انتشار می‌یابد و از هوای آزاد عبور می‌نماید.

بسته نوری و انتشار مستقیم‌الخط نور:

نکته مهم: باید بدانید که سریع‌ترین حرکت شناخته شده در جهان سرعت نور است و آن تقریباً برابر به 300000 کیلومتر در یک ثانیه است؛ اگر وسیله وجود می‌داشت که با این سرعت حرکت می‌کرد می‌توانست در یک ثانیه هفت دور به گرد کره زمین که طول محیط آن در حدود چهار هزار کیلومتر است بچرخد.

عمل متقابل نور با ماده :

اگر اشعه نوری بالای جسمی وارد گردد، می‌تواند سه حادثه (انعکاس، انکسار و یا جذب) اتفاق افتد. پس عمل متقابل نور با ماده را به نام انعکاس، انکسار و جذب نور یاد می‌کنند. نظر به شکل (2)، وقتی شعاعات نوری بالای سطح آب برخورد می‌کنند، دو شعاع (منعکسه و منکسره) تشکیل می‌گردد؛ توسط شعاع منعکسه می‌توانیم روی سطح آب تصویر آفتاب و توسط شعاع منکسره که داخل آب روشن به نمایش می‌رسد، ببینیم؛ عملیه انعکاس و آینه‌ها را در این فصل مطالعه خواهیم کرد.



انعکاس نور:

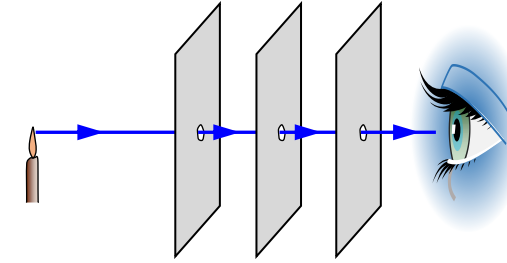
☆ تعریف لغوی: انعکاس در لغت بازگشت نمودن را گویند.

☆ تعریف انعکاس نور: بازگشت اشعه نوری بعد از برخورد به سطح یک موانع را انعکاس نور می‌نامند.

☆ مفهوم انعکاس نور: زمانی که نور با یک سطح کدر مانند سطح آینه، سطح دیوار، سطح کوه برخورد می‌کند دوباره به محیط اول بازگشت می‌کند همین حادثه بازگشت نور را انعکاس نور گویند.

زمانی یک جسم دیده می‌شود، که از آن جسم نور به چشم انسان برسد و نیز یک جسم غیر منیر وقت دیده می‌شود که توسط یک چشمه نور روشن شود؛ وقتی یک جسم غیر منیر در معرض تابش یک چشمه‌ی نور قرار می‌گیرد یک قسمت نورهای تابیده شده به اطراف جسم دوباره پخش می‌گردد، اگر این نورهای پخش شده از جسم غیرمنیر وارد چشم انسان شود، جسم دیده می‌شود، مانند شکل (3).

برای این که بدانیم نور چگونه انتشار می‌نماید، نخست باید بسته نوری و اشعه نوری را بشناسیم؛ اگر سه صفحه که در وسط هر کدام سوراخ کوچک ایجاد شده باشد، را مطابق شکل (1)، طوری قرار دهیم که سوراخ‌ها در امتداد یک خط مستقیم واقع باشند؛ از پیش روی صفحه اول، شعله شمع (یا جسم نورانی دیگر) واقع در پشت صفحه سوم و مقابل سوراخ آن، قابل رویت است. در حالی که اگر سوراخ‌ها در امتداد خط مستقیم واقع نباشند، شعله نورانی دیده نمی‌شود. پس نتیجه می‌گیریم که بسته نوری که دارای مقطع عرضی کوچک است در حقیقت مجموعه اشعه نوری، یک بسته نوری را تشکیل می‌دهد، و نور همیشه به شکل خط مستقیم انتشار می‌نماید.



اجسام شفاف، نیمه‌شفاف و کدر :

اجسام از نگاه عبور و جذب نور به سه دسته تقسیم می‌شوند، :

☆ اجسام شفاف: اجسامی که نور تماماً از آن‌ها عبور می‌کند، بنام اجسام شفاف یاد می‌کنیم؛ مانند: شیشه،

آب صاف، هوا و غیره می‌باشند؛

☆ نیمه‌شفاف: اجسامی که مقدار کمی نور قابل رویت از آن‌ها عبور می‌کند، بنام اجسام نیمه‌شفاف یاد

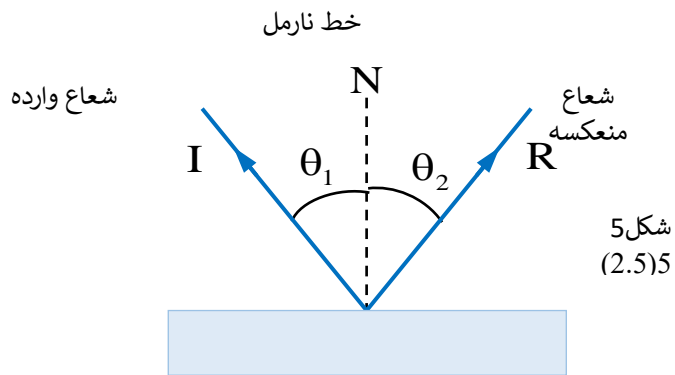
می‌گردد؛ مانند: هوای ابری، پلاستیک، آب ناصاف و غیره. و

☆ کدر (تاریک): اجسامی که هیچ نور قابل رویت از آن‌ها عبور نکند، بنام اجسام کدر یا تاریک یاد می‌کنیم؛

مانند: چوپ، سنگ و غیره.

سرعت نور :

در زمان‌های قدیم که تخنیک زیاد انکشاف نکرده بود، کوشش‌های تعیین سرعت نور ناکام گردیده بودند، زیرا سرعت نور یگانه سرعت بزرگ است؛ مگر زمانی که تخنیک انکشاف نمود، خصوصاً در قرن بیستم، سرعت نور به دقت بهتری تعیین گردید. در وسط قرن بیستم اشتباه تجربی از 0.001 فی‌درصد نیز کاهش یافت. سرعت قبول شده نور در خلا $2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$ می‌باشد، سرعت نور در هوا نسبت به این قیمت اندک کوچک‌تر یعنی $2.99709 \times 10^8 \text{ m/s}$ است؛ که در این‌جا در محاسبات برای هر دو قیمت $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ را بکار می‌برند.

شکل 5
(2.5)5

☆ شعاع وارده: شعاع نوری که بالای سطوح اجسام می‌تابد، (I).

☆ شعاع منعکسه: شعاع برگشته از بالای سطوح اجسام یاد می‌شود، (R).

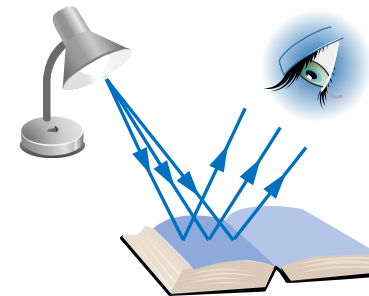
☆ خط نارمل: خط فرضی که در قسمت برخورد شعاع وارده بالای سطح آینه عمود باشد، به سمبول N نمایش می‌دهیم.

☆ زاویه وارده: زاویه بین شعاع وارده و خط نارمل را گویند، $(i \vee \theta_1)$.

☆ زاویه منعکسه: زاویه بین شعاع منعکسه و خط نارمل را گویند، $(r \vee \theta_2)$.

تصویر حقیقی و مجازی:

قبلاً دیدیم که اگر از یک جسم روشن شعاعات نوری مستقیماً و بدون واسطه وارد چشم ما شوند، ما جسم را می‌بینیم، در صورتی که شعاعات پخش شده از جسم به کمک واسطه مثلاً انعکاس از سطح یک آینه وارد چشم ما شوند، به جای جسم تصویر آن دیده می‌شود، تصویر ممکن است، مجازی یا حقیقی باشد؛ فرق تصویر حقیقی و مجازی قرار نمودار (1) زیر داریم.



شکل (3)

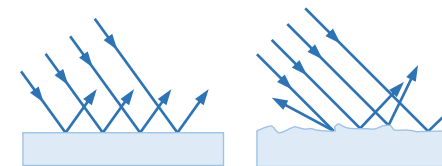
به همین ترتیب تمام جسم‌های غیرمنیر قسمتی از نورهای تابیده شده به خود را بر می‌گرداند، پس برگشت نور از سطح جسم را انعکاس نور می‌نامند. چگونگی منعکس شدن نور از سطح جسم‌ها به وضعیت سطح آن‌ها بستگی دارد. هرچه سطح جسم صاف و صیقلی‌تر باشد، شعاعات تابیده شده به خود را در جهت معین انعکاس می‌دهد.

انواع انعکاس نور:

به صورت عموم انعکاس نور به دو دسته (انعکاس منظم و انعکاس نامنظم) تقسیم می‌گردد.

☆ انعکاس منظم: انعکاسی است که صفحه صیقل شده کاملاً هم‌وار بوده و اشعه موازی به صفحه وارده شده دوباره موازی منعکس گردد، مانند شکل (2.4 الف)

☆ انعکاس غیرمنظم: انعکاسی است که صفحه صیقل شده کاملاً هم‌وار نبوده، اشعه موازی به صفحه صیقل شده وارد شده و دوباره موازی منعکس نگردد، مانند شکل (2.4 ب).



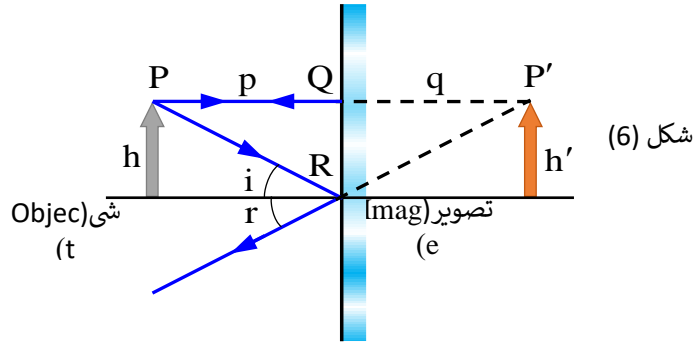
شکل (4)

قوانین انعکاس نور

انعکاس نور دارای دو قانون می‌باشد؛

1 شعاع وارده، شعاع منعکسه و خط نارمل در یک مستوی قرار دارند.

2 زاویه وارده مساوی به زاویه منعکسه است، $(\theta_1 = \theta_2)$

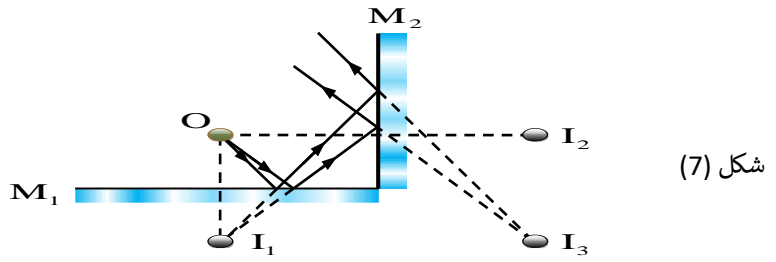


خواص تصویر در آینه‌ی مستوی :

- ① فاصله تصویر از آینه مساوی به فاصله جسم از آینه است؛ $(p = q)$
- ② طول تصویر مساوی به طول جسم است؛ $(h = h')$
- ③ تصویر در آینه‌های مستوی مجازی است.
- ④ هر نقطه تصویر متناظر همان نقطه جسم است (چپ را در طرف راست و راست را در طرف چپ می‌بینیم).
- ⑤ بزرگ‌نمایی در آینه‌ی مستوی مساوی به یک است؛ $(m = 1)$

آینه‌های متلاقی :

آینه‌های را می‌گویند که بین هم یک زاویه را تشکیل داده باشد، مانند شکل (7)؛ و در آینه‌های متلاقی نظر به زاویه متشکله بین آن‌ها تعداد تصاویر نیز فرق می‌کند، در شکل (7)، زاویه بین دو آینه 90 درجه است، در این صورت تعداد تصاویر آن به 3 عدد می‌رسد.



پس تعداد تصاویر در آینه‌های متلاقی از رابطه ذیل به دست می‌آید.

تصویر مجازی	تصویر حقیقی
از تقاطع امتداد یافته شعاعات منعکسه تشکیل می‌گردد	از تقاطع شعاعات منعکسه تشکیل می‌گردد
روی پرده گرفته نمی‌شود	روی پرده گرفته می‌شود
معمولاً سرراسته تشکیل می‌شود	معمولاً سرچپه تشکیل می‌شود
در عقب آینه تشکیل می‌شود	پیش روی آینه تشکیل می‌شود
نمودار (1.2)	

آینه‌ی مستوی :

تعریف: صفحه صیقل شده‌ی که نور را منعکس بسازد، بنام آینه نامیده می‌شود؛ یعنی شیشه را گرفته یک طرف آن را جیوه (نقره را ذوب نموده به یک طرف شیشه آن را می‌ریزیم) نموده از آن آینه تیار می‌سازند.

نمونه‌ها: سطح آب، آینه‌های معمولی و آینه‌های که در منازل برای دیدن روی آن‌ها استفاده می‌شود، نمونه‌ی از آینه‌ی مستوی می‌باشد؛ پس تمام آینه‌ی که دارای سطوح هم‌وار و نور را به صورت منظم انعکاس دهند؛ به نام آینه‌ی مستوی یاد می‌کنیم.

تشکیل تصویر در آینه‌ی مستوی :

برای تشکیل تصویر در آینه‌های مستوی از دو شعاع ذیل استفاده می‌نماییم.

- ① شعاع که بالای آینه عمود می‌تابد، به روی خودش منعکس می‌شود.
- ② شعاع که تحت یک زاویه به آینه می‌تابد، طبق قانون دوم انعکاس منعکس می‌شود؛ مانند شکل (6).

حل: در صورتی که زاویه بین دو آئینه متلاقی را بیابیم، داریم

$$n = \frac{360^\circ}{\theta} - 1 \Rightarrow \theta = \frac{360^\circ}{n+1} = \frac{360^\circ}{39+1} = \frac{360^\circ}{40} \Rightarrow \theta = 9^\circ$$

مثال (3): تعداد تصاویر بین دو آئینه موازی به چند عدد می‌رسد.

حل: زاویه بین دو آئینه موازی صفر درجه است؛ پس داریم

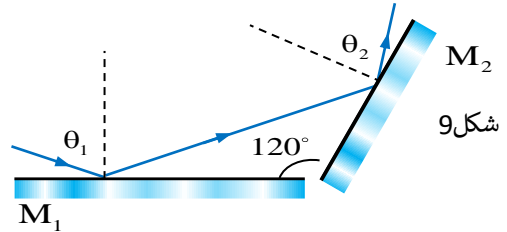
$$n = \frac{360^\circ}{0^\circ} - 1 = \frac{360^\circ}{0^\circ} - 1 = \infty - 1 = \infty$$

مثال (4): زاویه بین دو آئینه متلاقی 100° است؛ اگر نور به آئینه اول بتابد، طوری که منعکسه آن به آئینه دوم برخورد کند؛ شعاع نور چه مقدار تغییر جهت می‌دهد.

حل: در مثال فوق می‌دانیم که مقدار $\theta = 100^\circ$ است؛ پس β را داریم

$$\beta = 360^\circ - 2\theta = 360^\circ - 2 \cdot 100^\circ = 160^\circ$$

مثال (5): در شکل (9)، تغییر جهت شعاع وارده را دریابید.



حل: میدانیم که $\theta = 120^\circ$ است؛ پس داریم

$$\beta = 360^\circ - 2\theta = 360^\circ - 2 \cdot 120^\circ = 120^\circ$$

مثال (2.4): اگر زاویه بین دو آئینه متلاقی θ باشد؛ در صورتی که نور به آئینه اول بتابد، طوری که منعکسه آن به آئینه دوم برخورد کند؛ شعاع نوری 135° تغییر جهت می‌نماید؛ مقدار θ را دریابید.

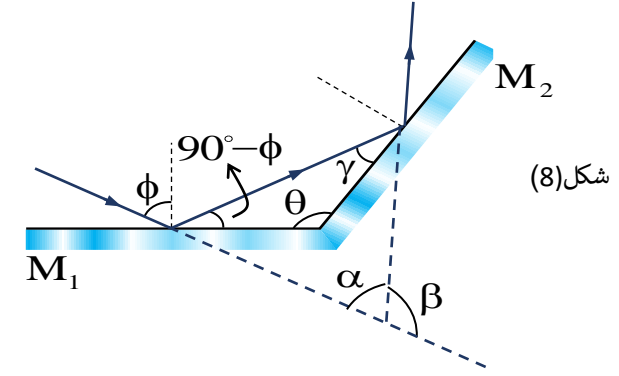
حل: اگر $\beta = 135^\circ$ باشد؛ پس با در نظر داشت فورمول داریم که

$$\beta = 360^\circ - 2\theta \Rightarrow 135^\circ = 360^\circ - 2\theta \Rightarrow \theta = 112.5^\circ$$

آئینه‌های کروی :

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

و اگر بخواهیم که شعاع نور به آئینه اول بتابد، طوری که منعکسه آن به آئینه دوم برخورد کند، در این صورت شعاع منعکسه از آئینه دوم به اندازه β تغییر جهت می‌دهد؛ که می‌توان این تغییر جهت را قرار ذیل نظر به شکل (8) محاسبه نمود.



به اساس قانون انعکاس و مجموع زوایای داخلی یک مثلث زاویه γ مساوی است به

$$\gamma = 180^\circ - (90^\circ - \phi) - \theta = 90^\circ + \phi - \theta$$

و نیز می‌توانیم بنویسیم که

$$\alpha + 2\gamma + 2(90^\circ - \phi) = 180^\circ \Rightarrow \alpha = 2(\phi - \gamma)$$

و برای تغییر جهت اشعه منعکسه زاویه β را قرار ذیل محاسبه می‌کنیم

$$\beta = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - [2(\phi - \gamma)]$$

$$\beta = 180^\circ - 2[\phi - (90^\circ + \phi - \theta)] = 360^\circ - 2\theta$$

پس برای تغییر جهت اشعه وارده β را داریم.

$$\beta = 360^\circ - 2\theta$$

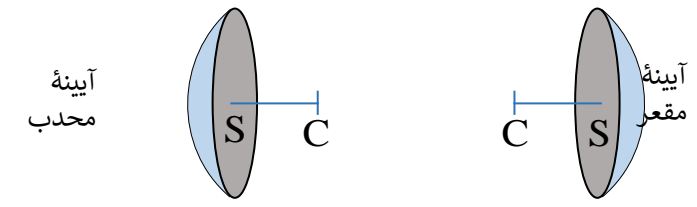
مثال (1): تعداد تصاویر را بین دو آئینه متلاقی دریابید، در صورتی که زاویه بین آن‌ها 20 درجه باشد.

حل: با قیمت‌گذاری زاویه داریم که:

$$n = \frac{360^\circ}{\theta} - 1 = \frac{360^\circ}{20^\circ} - 1 = 18 - 1 \Rightarrow n = 17$$

مثال (2): اگر تعداد تصاویر بین دو آئینه متلاقی به 39 عدد برسد، زاویه بین این دو آئینه را دریابید.

آینه‌های کروی که از نام شان پیداست؛ شکل یک قسمت کره را دارد، یعنی تمام نقاط آینه از یک نقطه که به نام مرکز آینه یاد می‌شود، عین فاصله را دارند، پس قسمتی از سطح کره‌ی میان خالی که نور را انعکاس داده بتواند، آینه‌ی کروی گفته می‌شود؛ که بدو دسته (آینه‌های مقعر و آینه‌های محدب) تقسیم می‌شود.



شکل 10

کمیات اساسی آینه‌های کروی:

شامل یک محور، سه نقطه و دو فاصله می‌باشد.

- ☆ محور اصلی: مستقیم که مرکز انحناء را به رأس آینه وصل می‌دهد.
- ☆ رأس آینه (نقطه S): نقطه‌ی که از محیط آینه فواصل مساوی را داشته باشد.
- ☆ محراق اصلی (نقطه F): نقطه‌ی تنصیف شعاع انحناء می‌باشد.
- ☆ مرکز انحناء (نقطه C): مرکز کره‌ی که آینه از آن تشکیل شده است.
- ☆ فاصله محراق ($FS=F$): فاصله بین محراق و رأس آینه را گویند.
- ☆ شعاع انحناء ($CS=R$): شعاع کره‌ی که آینه آن تشکیل گردیده است.

آینه‌های مقعر:

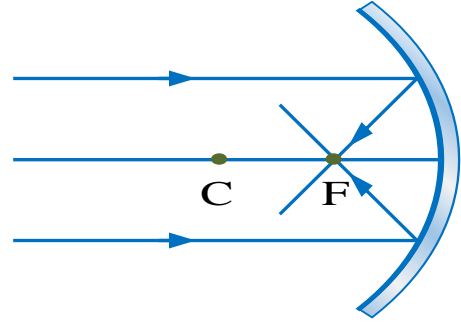
اگر سطح داخلی آینه‌ی کروی انعکاس‌دهنده و سطح خارجی آن صیقل شده باشد؛ آینه را مقعر یا متقارب گویند. اگر یک دسته شعاعات موازی با محور اصلی بالای سطح آینه وارد گردند، شعاعات منعکسه به هم نزدیک شده و هم‌دیگر را در یک نقطه، پیش روی آینه به نام محراق آینه قطع می‌کند؛ محراق در این نوع آینه‌ها حقیقی بوده و فاصله آن مثبت در نظر گرفته می‌شود.

تشکیل تصویر در آینه‌ی مقعر: برای تشکیل تصویر در آینه‌ی مقعر از دو یا سه شعاع استفاده می‌نماییم؛ که در این جا چهار شعاع را مطالعه می‌کنیم.

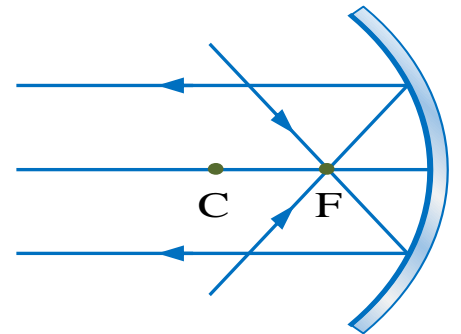
ترسیم اشعه در آینه‌های کروی مقعر: 4 حالت دارد.....

- ① شعاع که موازی به محور اصلی بالای سطح آینه وارد گردد، منعکسه آن از محراق می‌گذرد، مانند شکل (11)

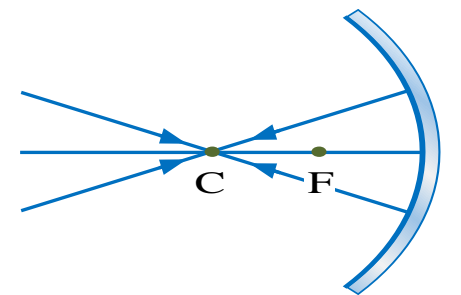
شکل (11)



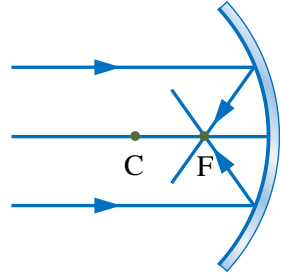
- ② شعاع که از محراق گذشته به آینه وارد شود، منعکسه آن موازی به محور اصلی باز می‌گردد، مانند شکل (12)

شکل 12
(2.12)

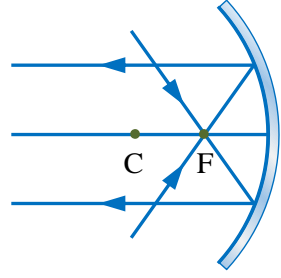
- ③ شعاع که از مرکز انحناء گذشته به آینه وارد گردد، دوباره بروی خود منعکس می‌شود، مانند شکل (13)

شکل 13
(2.12)

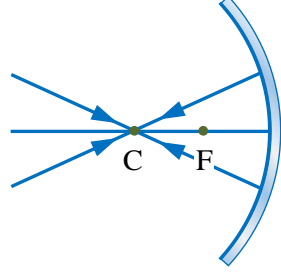
- ④ شعاع که تحت یک زاویه به رأس آینه بتابد طبق قانون انعکاس منعکس می‌شود، مانند شکل (14)



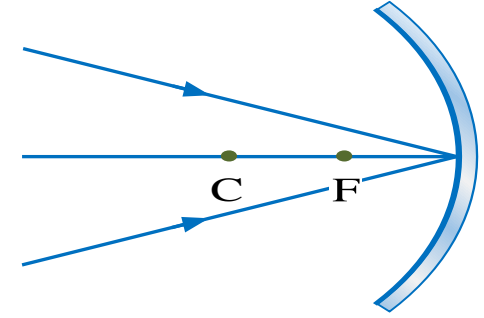
② شعاع که از محراق گذشته به آینه وارد شود، منعکسه آن موازی به محور اصلی باز می‌گردد، مانند شکل زیر...



③ شعاع که از مرکز انحناء گذشته به آینه وارد گردد، دوباره بروی خود منعکس می‌شود، مانند شکل زیر...



④ شعاع که تحت یک زاویه به رأس آینه بتابد طبق قانون انعکاس منعکس می‌شود، مانند شکل زیر.....



شکل 14

راهنمای آموزشی فزیک صنف دهم (دور چهارم)

اهداف آموزشی:

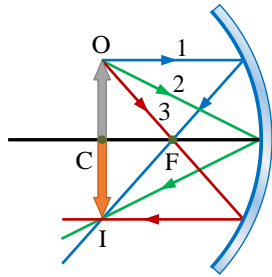
- 1_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (آینه‌های مقعر، تشکیل تصویر در آینه مقعر، آینه‌های محدب، تشکیل تصویر در آینه محدب و معادلات آینه‌های کروی، بزرگنمایی) آشنا و کامل دریافت کنند.
- 2_ دانش آموزان با موارد استفاده از آینه و بزرگنمایی آگاهی کامل کسب نمایند.
- 3_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات هذا آشنا شده و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبیق نمایند.

بخش اول: آینه‌های مقعر

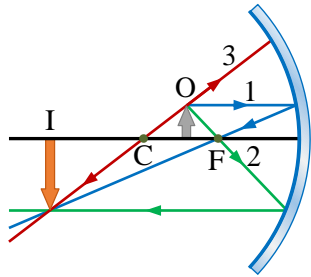
اگر سطح داخلی آینه کروی انعکاس دهنده و سطح خارجی آن صیقل شده باشد؛ آینه را مقعر یا متقارب گویند. اگر یک دسته شعاعات موازی با محور اصلی بالای سطح آینه وارد گردند، شعاعات منعکسه به هم نزدیک شده و هم‌دیگر را در یک نقطه، پیش روی آینه به نام محراق آینه قطع می‌کند؛ محراق در این نوع آینه‌ها حقیقی بوده و فاصله آن مثبت در نظر گرفته می‌شود.

تشکیل تصویر در آینه مقعر: برای تشکیل تصویر در آینه مقعر از دو یا سه شعاع استفاده می‌نماییم؛ که در این جا چهار شعاع را مطالعه می‌کنیم.

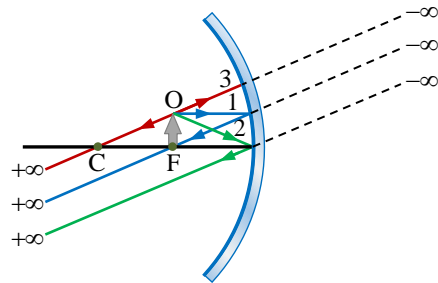
- ① شعاع که موازی به محور اصلی بالای سطح آینه وارد گردد، منعکسه آن از محراق می‌گذرد، مانند شکل زیر.....



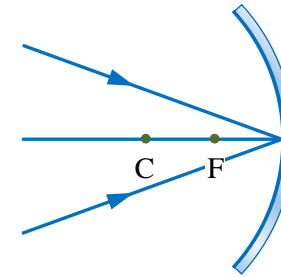
④ در صورتی که جسم بین محراق و مرکز آینه قرار گیرد، تصویر آن بین مرکز و بی نهایت، حقیقی سرچپه و $m > 1$ تشکیل می شود، مانند شکل زیر....



⑤ اگر موقعیت جسم در محراق باشد، تصویر آن در بی نهایت قابل دید نیست، مانند شکل (2.19).

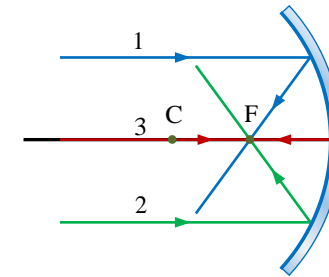


⑥ اگر جسم بین محراق و رأس آینه قرار داده شود، تصویر آن در عقب آینه، بین رأس و بی نهایت، مجازی سرراسته و $m > 1$ تشکیل می گردد، مانند شکل زیر....

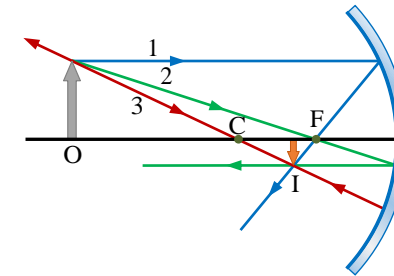


دریافت موقعیت تصویر در آینه مقعر:

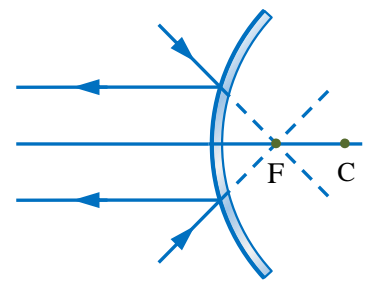
① اگر جسم در بی نهایت باشد، تصویر آن در محراق، حقیقی نقطه‌ای و $m < 1$ تشکیل می گردد، مانند شکل زیر....



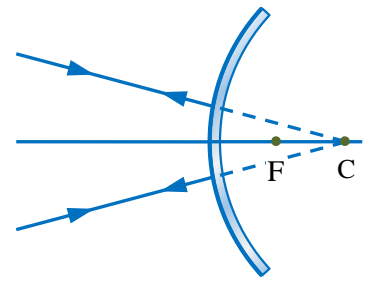
② در صورتی که جسم بین مرکز و بی نهایت باشد، تصویر آن بین محراق و مرکز، حقیقی سرچپه و $m < 1$ تشکیل می گردد، مانند شکل زیر....



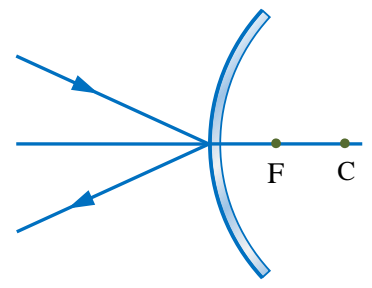
③ اگر جسم در مرکز انحناء قرار داشته باشد، تصویر آن در مرکز انحناء، حقیقی سرچپه و $m = 1$ تشکیل می گردد، مانند شکل زیر....



③ شعاع که امتداد یافته آن از مرکز انحناء آئینه بگذرد، دوباره به روی خود منعکس می‌شود، مانند شکل زیر...

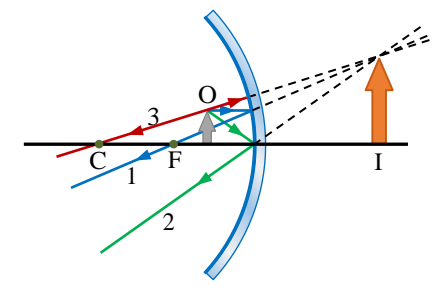


④ شعاع که تحت یک زاویه به رأس آئینه بتابد، طبق قانون انعکاس منعکس می‌شود، مانند شکل زیر....



دریافت موقعیت تصویر در آئینه محدب:

① اگر جسم در پی‌نهایت باشد، تصویر آن در محراق، مجازی نقطه‌ی $m < 1$ تشکیل می‌گردد، مانند شکل زیر...

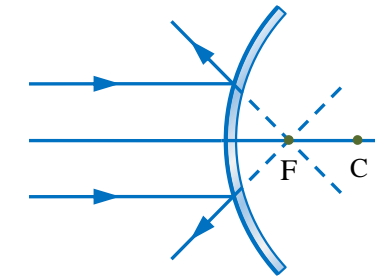


آئینه‌های محدب

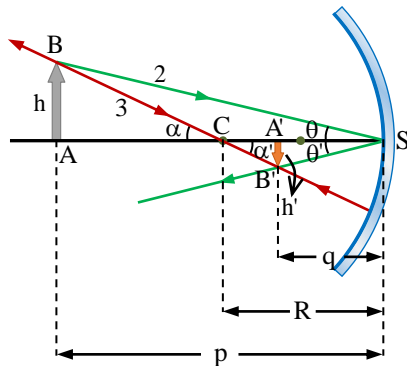
اگر سطح خارجی آئینه کروی انعکاس‌دهنده و سطح داخلی آن صیقل شده باشد؛ آئینه را محدب یا متباعد گویند. اگر یک تعداد شعاعات موازی به محور اصلی به آئینه بتابد پس از انعکاس از هم‌دیگر دور می‌شوند و امتداد یافته شعاعات منعکسه آن هم‌دیگر خود را در یک نقطه در عقب آئینه قطع می‌کند که این نقطه محراق آئینه محدب است، محراق در این نوع آئینه‌ها مجازی بوده و فاصله آن منفی در نظر گرفته می‌شود.

تشکیل تصویر در آئینه محدب: برای تشکیل تصویر در آئینه محدب نیز از دو یا سه شعاع استفاده می‌کنیم؛ که در این جا چهار نوع شعاع را مطالعه خواهیم کرد.

① شعاع که موازی به محور اصلی بالای سطح آئینه بتابد، امتداد یافته شعاع منعکسه آن از محراق می‌گذرد، مانند شکل زیر....



② شعاع که امتداد یافته آن از محراق بگذرد، منعکسه آن موازی به محور اصلی باز می‌گردد، مانند شکل زیر...



با استفاده از مثلث قائم‌الزاویه $\triangle ABS$ می‌توانیم بنویسیم که

$$\tan \theta = \frac{AB}{AS} = \frac{h}{p}$$

و از مثلث $\triangle A'B'S$ داریم که

$$\tan \theta' = \frac{A'B'}{A'S} = \frac{h'}{q}$$

چون $\theta = \theta'$ است، پس یک طرف این دو رابطه باهم مساوی می‌شوند و می‌توانیم بنویسیم که

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{h'}{h} = \frac{q}{p} = m$$

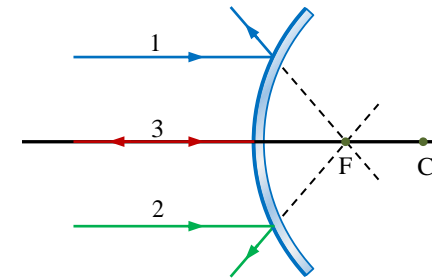
هم‌چنان بروی مثلث‌های که دارای زاویه مانند α می‌باشد، می‌توانیم بنویسیم که

$$\tan \alpha = \frac{h}{p-R}, \quad \tan \alpha' = \frac{h'}{R-q}$$

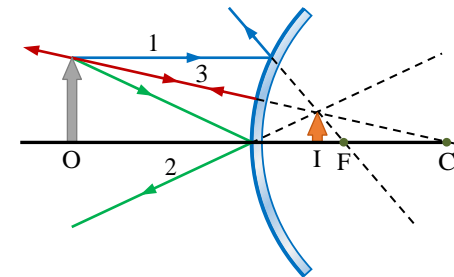
نظر به قانون دوم انعکاس $\alpha = \alpha'$ است، پس یک طرف این دو رابطه باهم مساوی می‌شوند و چنین می‌نویسیم

$$\frac{h}{p-R} = \frac{h'}{R-q} \Rightarrow \frac{R-q}{p-R} = \frac{h'}{h} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{R-q}{p-R} = \frac{q}{p}$$

$$pR - pq = pq - qR \Rightarrow pR + qR = 2pq \Rightarrow \frac{pR}{pq} + \frac{qR}{pq} = \frac{2pq}{pq}$$



② در صورتی که جسم را بین رأس و بی‌نهایت قرار دهیم، تصویر آن بین محراق و رأس، مجازی سرراسته و $m < 1$ تشکیل می‌گردد؛ مانند شکل زیر...

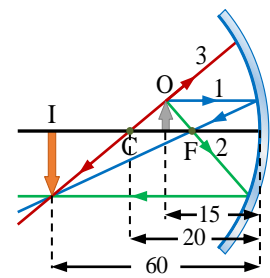


معادلات آینه‌های کروی

در شکل زیر دیده می‌شود، که فاصله شی، فاصله تصویر و شعاع انحناء با یکدیگر رابطه دارند، هرگاه فاصله شی از آینه و شعاع انحنای آینه را بشناسیم، هم‌چنان می‌توانیم با شناخت فاصله شی و فاصله تصویر از آینه، شعاع انحنای آینه را دریافت نماییم. معادله ذیل که رابطه بین فاصله شی p ، فاصله تصویر q و شعاع انحناء R را نشان می‌دهد، به نام معادله آینه یاد می‌شود.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{R} \quad \vee \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

ثبوت هندسی معادله آینه: معادله آینه را می‌توانیم با استفاده از طریقه تسریع هندسی که پیدا کردن تصویر یک شی در آینه کروی مقعر ثبوت نماییم، برای این مقصد شکل را در نظر می‌گیریم و مطابق به قرارداد فاصله شی از نقطه رأس آینه را به p و فاصله تصویر را به q و هم‌چنان شعاع انحنای آینه را توسط R نشان می‌دهیم، شکل زیر دو شعاع را نشان می‌دهد که از نوک شی پخش می‌گردد، یک اشعه از مرکز انحنای آینه (C) عبور کرده، بالای سطح آینه طور عمود می‌تابد و واپس بالای خود شعاع منعکس می‌گردد، شعاع دوم بالای رأس آینه می‌تابد و مطابق به قانون انعکاس منعکس می‌شود. تصویر این نقطه در محلی تشکیل می‌گردد که این شعاع‌ها یکدیگر را قطع می‌نمایند،



مثال (2): یک شی از آئینه به فاصله 9 سانتی متر قرار می دهیم، آئینه از این شی تصویر مجازی به فاصله 12 سانتی متر در عقب آئینه واقع می باشد، شعاع آئینه و نوعیت آئینه را محاسبه کنید.

حل: چون تصویر مجازی است، باید در معادله فاصله تصویر را با علامه منفی وضع نماییم

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{9} + \frac{1}{-12} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{4-3}{36} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 36 \text{ cm}$$

چون شعاع انحناء دو برابر فاصله محراقی است پس داریم

$$R = 2f = 2(36 \text{ cm}) \Rightarrow R = 72 \text{ cm}$$

دیده می شود که $f > 0$ است، پس نوعیت آئینه مقعر می باشد.

مثال (3): یک شی از آئینه محدب به فاصله 20 سانتی متر واقع است، اگر شعاع انحنای آئینه محدب 10 سانتی متر باشد، فاصله تصویر از آئینه را معلوم نمایید.

حل: نوعیت آئینه محدب است، پس فاصله محراقی آن که نصف شعاع انحناء است با علامه منفی در معادله آئینه وضع می کنیم، پس داریم

$$f = \frac{R}{2} = \frac{10 \text{ cm}}{2} = 5 \text{ cm}, \quad f = -5 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{20} + \frac{1}{q} = \frac{1}{-5} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{5} - \frac{1}{20}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{-4-1}{20} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{-5}{20} \Rightarrow q = -4 \text{ cm}$$

فاصله تصویر از آئینه علامه منفی نشان می دهد که تصویر مجازی است.

پس از اختصار به $\frac{R}{q} + \frac{R}{p} = 2$ تبدیل شده است، اگر دو طرف را به $\frac{1}{R}$ ضرب نماییم، پس معادله را داریم

که

$$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{2}{R} \quad \vee \quad \frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

اگر فاصله جسم از محراق به x و فاصله تصویر از محراق به x' نشان دهیم، پس فورمول نیوتن را در محاسبه فاصله محراقی داریم که

$$f^2 = x \times x' \quad \vee \quad f = \sqrt{x \times x'}$$

و نظر به شکل (2.27) می توانیم چنین بنویسیم

$$p = x + f, \quad q = x' + f$$

مثال (1): یک شی از آئینه مقعر به فاصله 20 سانتی متر واقع است، اگر شعاع آئینه 30 سانتی متر باشد؛ فاصله تصویر را از آئینه و نوعیت تصویر را تعیین کنید، و نیز شکل آن را ترسیم کنید.

حل: برای دریافت فاصله تصویر از آئینه، فاصله محراقی آن را نیاز داریم، پس با داشتن شعاع انحناء داریم که

$$f = \frac{R}{2} = \frac{30 \text{ cm}}{2}, \quad f = 15 \text{ cm}$$

به اساس معادله آئینه داریم

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{20} + \frac{1}{q} = \frac{1}{15} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{15} - \frac{1}{20} = \frac{4-3}{60}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{60} \Rightarrow q = 60 \text{ cm}$$

چون q مثبت است، بنابراین تصویر حقیقی می باشد، مانند شکل زیر...



حل: در رابطه بزرگنمایی آینه داریم

$$\frac{h'}{h} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{2h}{h} = \frac{q}{p} \Rightarrow q = 2p$$

پس در معادله آینه چنین می‌نویسیم

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p} + \frac{1}{2p} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{3}{2p} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{2}{3}p$$

اگر فاصله بین جسم و آینه را 4 سانتی‌متر بیشتر سازیم، جسم در مرکز انحنا قرار می‌گیرد، پس $p = q$ می‌گردد، در این صورت داریم

$$\frac{1}{p+4} + \frac{1}{p+4} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{2}{p+4} = \frac{3}{2p} \Rightarrow 4p = 3p + 12$$

$$\Rightarrow p = 12, f = \frac{2}{3}p = \frac{2}{3}(12) = 8 \Rightarrow f = 8 \text{ cm}$$

مثال (8): جسمی به طول 8 سانتی‌متر بین محراق و رأس آینه کروی قرار دارد، تصویر جسم به طول 80 سانتی‌متر و به فاصله‌ی 45 سانتی‌متری آینه دیده می‌شود؛ فاصله محراق آینه را دریابید.

حل: نظر به فورمول بزرگنمایی داریم

$$\frac{h'}{h} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{80 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = \left| \frac{-45 \text{ cm}}{p} \right| \Rightarrow p = 4.5 \text{ cm}$$

اکنون در معادله آینه داریم

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{4.5} + \frac{1}{-45} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{10}{45} - \frac{1}{45} = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{9}{45} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 5 \text{ cm}$$

مثال (9): آینه مقعری از یک شی حقیقی تصویر تشکیل می‌دهد که طول آن برابر سه چند طول شی و تصویر نسبت به جسم مستقیم است، اگر فاصله‌ی شی از آینه 20 سانتی‌متر باشد، شعاع آینه چند سانتی‌متر است.

حل: تصویر نسبت به جسم مستقیم است، بنابراین نوعیت تصویر مجازی و پشت آینه تشکیل می‌شود، پس نظر به رابطه بزرگنمایی داریم

مثال (4): یک آینه مقعر از جسمی که در فاصله 60 سانتی‌متر آن است، تصویر حقیقی در فاصله 30 سانتی‌متری آینه تشکیل می‌دهد، اگر جسم 20 سانتی‌متر به آینه نزدیک شود، تصویر آن در چند سانتی‌متری آینه تشکیل خواهد شد.

حل: در قدم نخست از فاصله جسم و تصویر فاصله محراق آینه را تعیین می‌کنیم داریم

$$\frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{60} + \frac{1}{30} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1+2}{60} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 20 \text{ cm}$$

پس اگر جسم 20 سانتی‌متر نزدیک گردد، یعنی در فاصله 40 سانتی‌متری آینه قرار می‌گیرد، پس داریم

$$\frac{1}{p_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{40} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{20} \Rightarrow \frac{1}{q_2} = \frac{1}{20} - \frac{1}{40}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{q_2} = \frac{2-1}{40} \Rightarrow \frac{1}{q_2} = \frac{1}{40} \Rightarrow q_2 = 40 \text{ cm}$$

مثال (5): جسمی در فاصله 4 سانتی‌متر از محراق یک آینه کروی قرار دارد و تصویر نسبت به جسم معکوس است، اگر فاصله جسم از تصویر 12 سانتی‌متر باشد، فاصله محراق آینه را بدست آورید.

حل: در صورتی که تصویر معکوس باشد، پس نوعیت تصویر حقیقی و نوعیت آینه مقعر است، در این صورت جسم بین محراق و مرکز آینه قرار دارد، پس داریم

$$x' = x + 12 \text{ cm} \Rightarrow x' = 4 \text{ cm} + 12 \text{ cm} = 16 \text{ cm}$$

$$f^2 = x \cdot x' \Rightarrow f^2 = (4 \text{ cm})(16 \text{ cm}) \Rightarrow f = 8 \text{ cm}$$

مثال (6): جسمی مقابل یک آینه مقعر واقع است و تصویر مجازی از آن در آینه سه برابر جسم دیده می‌شود، اگر فاصله جسم از تصویر 40 سانتی‌متر باشد، فاصله محراق آینه چند سانتی‌متر است.

حل: چون تصویر مجازی است، بنابراین جسم و تصویر در دو طرف آینه هستند، در نتیجه داریم

$$h' = 3h \rightarrow \frac{h'}{h} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{3h}{h} = \frac{q}{p} \Rightarrow q = 3p$$

$$\Rightarrow p + q = 40 \Rightarrow p + 3p = 40 \Rightarrow p = 10 \text{ cm}, q = -30 \text{ cm}$$

پس اکنون در معادله آینه داریم

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{10} + \frac{1}{-30} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{3-1}{30} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 15 \text{ cm}$$

مثال (7): طول تصویر حقیقی جسم در آینه مقعر دو برابر طول جسم است، اگر فاصله بین جسم و آینه را 4 cm بیشتر کنیم، طول جسم با طول تصویر برابر می‌شود؛ فاصله محراق آینه چند سانتی‌متر است.



$$\frac{q_2}{p_2} = m_2 \Rightarrow \frac{q_2}{p_2} = \frac{1}{3} \Rightarrow q_2 = \frac{1}{3}p_2$$

می‌دانیم که $p_2 = p_1 - 10$ می‌گردد پس در $\frac{1}{p_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f}$ وضع می‌کنیم

$$\frac{1}{p_1 - 10} + \frac{1}{\frac{1}{3}(p_1 - 10)} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p_1 - 10} + \frac{3}{p_1 - 10} = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{4}{p_1 - 10} = \frac{1}{f} \dots (ii)$$

با مساوی ساختن معادله اول و دوم را داریم

$$\frac{6}{p_1} = \frac{4}{p_1 - 10} \Rightarrow 6p_1 - 60 = 4p_1 \Rightarrow 2p_1 = 60 \Rightarrow p_1 = 30 \text{ cm}$$

اکنون مقدار بدست آمده را در معادله اول وضع می‌کنیم

$$\frac{6}{p_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{6}{30 \text{ cm}} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 5 \text{ cm}$$

پس نظر به $R = 2f$ مقدار $R = 10 \text{ cm}$ بدست می‌آید.

مثال (12): فاصله جسم از تصویرش در یک آئینه محدب 16 cm و طول جسم 3 برابر طول تصویر آن است، فاصله محراق آئینه چند سانتی‌متر است.

حل: می‌دانیم که در آئینه محدب فاصله جسم از تصویر شان $p + q = 16 \text{ cm}$ می‌گردد، پس نظر به رابطه بزرگ‌نمایی داریم

$$\frac{h'}{h} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{h'}{3h'} = \frac{q}{p} \Rightarrow p = 3q$$

پس در رابطه $p + q = 16 \text{ cm}$ داریم

$$3q + q = 16 \text{ cm} \Rightarrow 4q = 16 \text{ cm} \Rightarrow q = 4 \text{ cm}, p = 12 \text{ cm}$$

اکنون در معادله آئینه با منفی بودن فاصله تصویر، وضع می‌کنیم

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{12} - \frac{1}{4} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1-3}{12} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = -6 \text{ cm}$$

در معادله آئینه با مجازی بودن تصویر $\frac{h'}{h} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{3h}{h} = \frac{q}{p} \Rightarrow q = 3p \Rightarrow q = 3(20) \Rightarrow q = -60 \text{ cm}$

چنین می‌نویسیم

$$\frac{1}{20} + \frac{1}{-60} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{3-1}{60} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{2}{60} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 30 \text{ cm}$$

اکنون می‌دانیم که $R = 2f$ است، پس $R = 60 \text{ cm}$ می‌گردد.

مثال (10): جسمی به فاصله 9 سانتی‌متر از آئینه محدب به شعاع 36 سانتی‌متر قرار دارد؛ فاصله تصویر این جسم تا محراق آئینه چند سانتی‌متر است.

حل: در قدم نخست فاصله تصویر از سطح آئینه را محاسبه می‌کنیم

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{9} + \frac{1}{q} = \frac{1}{-18} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{9} - \frac{1}{18}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{-2-1}{18} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{-3}{18} \Rightarrow q = -6 \text{ cm}$$

حالا در معادله $q = x' + f$ استفاده می‌کنیم؛ طوری که فاصله محراقی و فاصله تصویر را منفی در نظر می‌گیریم و داریم

$$q = x' + f \Rightarrow -6 \text{ cm} = x' + (-18 \text{ cm}) \Rightarrow x' = 12 \text{ cm}$$

مثال (11): هنگامی که جسمی به اندازه 10 سانتی‌متر به سطح آئینه محدب نزدیک شود، بزرگ‌نمایی تصویر آن از $\frac{1}{3}$ به $\frac{1}{5}$ تغییر می‌کند، شعاع انحنای آئینه چند سانتی‌متر است.

حل: نظر به معادله آئینه و بزرگ‌نمایی داریم

$$\frac{q_1}{p_1} = m_1 \Rightarrow \frac{q_1}{p_1} = \frac{1}{5} \Rightarrow q_1 = \frac{1}{5}p_1$$

$$\frac{1}{p_1} + \frac{1}{\frac{1}{5}p_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{p_1} + \frac{5}{p_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{6}{p_1} = \frac{1}{f} \dots (i)$$

نظر به بزرگ‌نمایی بعد از انتقال جسم چنین می‌نویسیم



وسایل لازم:

- کاغذ خطدار یا شطرنجی
- قلم، پرگار
- خط کش

مراحل تمرین:

1. آینه مقعر و محدب را روی کاغذ رسم کنید.
2. نقطه‌ای را به عنوان جسم انتخاب کرده، سه اشعه اصلی را رسم نمایید.
3. محل تصویر را به کمک امتداد اشعه‌ها مشخص سازید.

پرسش:

- تصویر چگونه است؟ واقعی یا خیالی، مستقیم یا وارونه، بزرگ یا کوچک
- از این نوع آینه در کجاها استفاده می‌شود؟

♦ تمرین سوم: حل سوالات محاسباتی در مورد آینه‌ها

هدف: آموزش استفاده از فرمول‌های علمی در حل سوالات

فرمول‌ها:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$M = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

مثال تمرینی: جسمی در فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یک آینه مقعر با فاصله کانونی ۱۰ سانتی‌متر قرار دارد:

1. فاصله تصویر را حساب کنید.
2. نوع تصویر را تعیین کنید.
3. مقدار بزرگنمایی را پیدا کنید.

♦ فعالیت چهارم: کاربرد آینه‌ها در زندگی روزمره

هدف: پیوند دادن درس فزیک با زندگی واقعی

مثال (13): در یک آینه کروی مقعر اگر فاصله جسم از آینه 3 برابر شعاع انحناء آینه باشد؛ بزرگنمایی آن را دریابید.

حل: در قدم نخست فاصله محراقی را از جنس فاصله جسم از آینه دریافت می‌کنیم؛ پس داریم

$$p = 3R \Rightarrow p = 3(2f) \Rightarrow p = 6f \Rightarrow f = \frac{1}{6}p$$

اکنون در معادله آینه وضع می‌کنیم تا رابطه بین p و q بدست آوریم

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{\frac{1}{6}p} \Rightarrow \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{6}{p} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{6}{p} - \frac{1}{p}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{5}{p} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{q}{p} \Rightarrow m = \frac{1}{5}$$

♦ فعالیت اول: شناخت عملی آینه‌های مقعر و محدب

هدف: آشنایی شاگردان با آینه‌های مقعر و محدب و طرز تشکیل تصویر در آن‌ها

وسایل مورد نیاز:

- دو قاشق فلزی یکی برای سطح مقعر، یکی برای سطح محدب
- شمع یا چراغ قوه کوچک
- کاغذ سفید
- قلم و خط کش

روش اجرا:

1. از شاگردان بخواهید تصویر خود را در طرف داخلی و بیرونی قاشق مشاهده کنند.
2. در فاصله‌های مختلف تصویر شمع یا چراغ را ببینند و یادداشت کنند که تصویر چگونه دیده می‌شود: مستقیم یا وارونه، بزرگ یا کوچک.
3. از مشاهدات خود نتیجه‌گیری نمایند که آینه‌ها چگونه تصویر تشکیل می‌دهند.

♦ تمرین دوم: رسم اشعه‌های نورانی در آینه‌های کروی

هدف: درک بهتر طرز تشکیل تصویر از طریق رسم اشعه نور

روش کار: شاگردان در گروه‌های کوچک موضوعات زیر را بررسی کرده و در صنف ارائه کنند:

- آینه مقعر در چراغ موتور، تلسکوپ، معاینات دندان پزشکی
- آینه محدب در آینه عقبی موتور، سرک‌های پریچ و خم
- نقش بزرگنمایی در آینه‌های آرایشی یا معاینات طبی

وظیفه خانگی: هر شاگرد یک نمونه از زندگی خود بیاورد که از یکی از این آینه‌ها استفاده کرده و توضیح دهد چرا مهم است.

◆ فعالیت پنجم: ساخت پوستر آموزشی

هدف: تقویت خلاقیت و بازگو نمودن آموخته‌ها

وظیفه: شاگردان به شکل انفرادی یا گروهی یک پوستر طراحی نمایند که شامل موارد زیر باشد:

- تعریف آینه مقعر و محدب
- رسم طرز تشکیل تصویر در هر کدام
- یادداشت کاربردهای آن‌ها در زندگی روزمره
- پوسترها در صنف نصب شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند