

# فیزیک ۱

## فصل ۴ (آینه ها)

**زاویه تابش:** زاویه بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح آینه در نقطه تابش را زاویه تابش می گوئیم که با (i) نشان می دهیم

**زاویه بازتابش:** زاویه بین پرتو بازتابش و خط عمود بازتابش نام دارد که با (r) نشان می دهیم



توجه: زاویه تابش و بازتابش باهم برابر هستند  $i=r$

مثال ۱: یک پرتو نور طوری به یک سطح می تابد که زاویه بین پرتو تابش و بازتابش ۲ برابر زاویه بین پرتو تابش با سطح است زاویه تابش را مشخص کنید؟

پاسخ: این زاویه دو برابر پرتو تابش با سطح

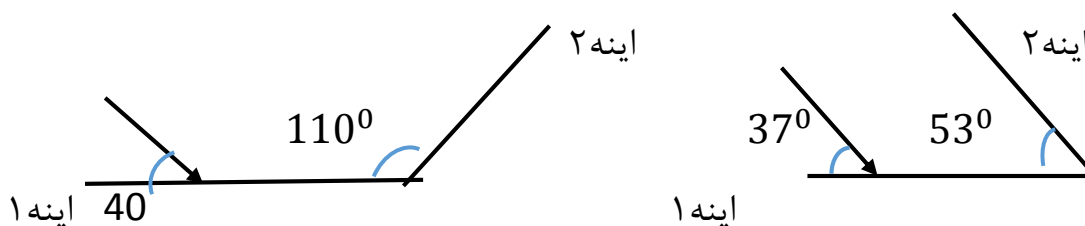


$$i + \alpha = 90 \rightarrow i = 45$$

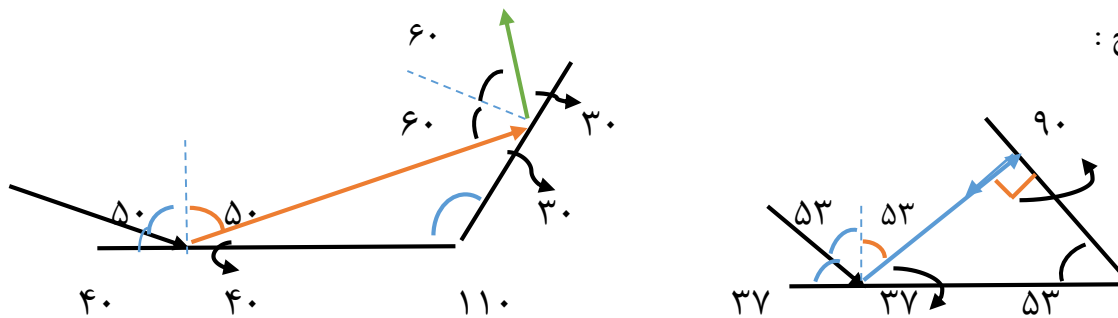
😊 دقت کنید زاویه وسط گفت دو برابر خب زاویه وسط یعنی چی؟!  $i+r \rightarrow i=r$  پس می شود  $2i$  یا  $2r$

چون تابش خواست نوشتیم  $2i$

مثال ۲: در شکل های زیر زاویه تابش و بازتابش در آینه ۱ و ۲ را بگویید



پاسخ :



زاویه تابش چون ۹۰ درجه شد بازتاب هم روی خودش برگشت پیدا کرد و ۹۰ درجه شد

ویژگی تصویر یک جسم در آینه تخت :

۱- مجازی (یعنی پشت آینه دیده میشه) ۲- مستقیم ۳- هم اندازه

۴- وارون جانبی (یعنی جلو آینه میری دست راست بلند می کنی دست چپ رو مبینی بلند

شده) ۵- فاصله تصویر تا آینه برابر فاصله جسم تا آینه است.

تذکر مهم : جهت جابه جایی جسم و تصویر در مقابل آینه تخت خلاف جهت می باشد

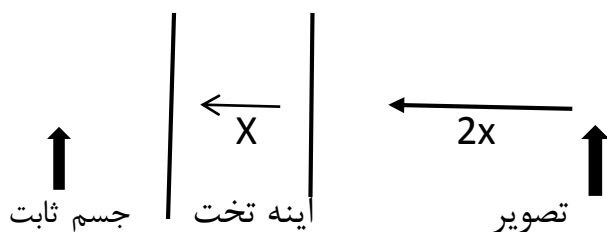
یعنی جسم اگر به اندازه  $X$  به آینه نزدیک بشه تصویر هم به اندازه  $X$  به آینه نزدیک

میشه و اگر دور شود تصویر هم دور میشه



تذکر مهم : اگر جسم ثابت باشد و آینه به اندازه  $X$  جا به جا شود تصویر آن به اندازه

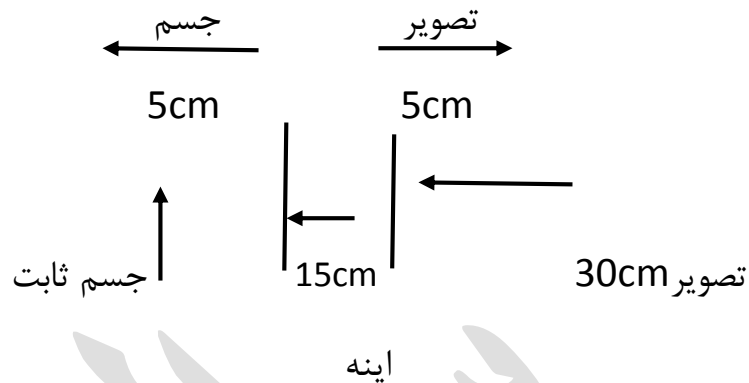
$2X$  جا به جا می شود



مثال ۳ : جسمی در مقابل آینه تختی است اگر جسم ۵ سانتی متر از آینه دور شود و

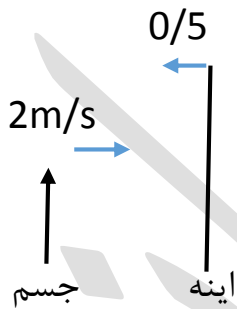
آینه ۱۵cm به جسم نزدیک شود تصویر چند سانتی متر و چگونه جابه جا می شود؟

پاسخ : جسم در ابتدا 5cm دور شد پس تصویر هم 5cm دور می شود. سپس اینه 15cm به جسم نزدیک شد پس تصویر هم 30cm باید به اینه نزدیک شود

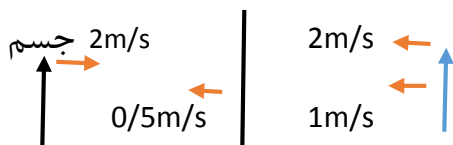


پس در حالت کلی تصویر  $30-5=25\text{cm}$  نزدیک می شود

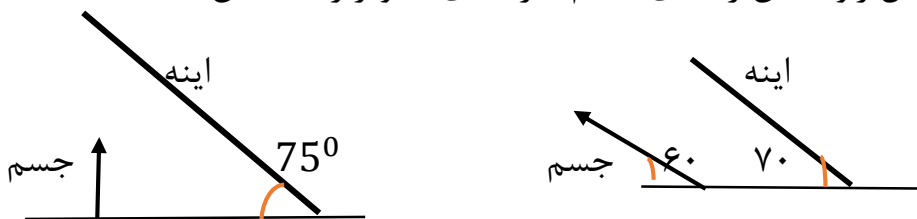
مثال ۴ : جسم با سرعت  $2\text{m/s}$  و اینه تخت با سرعت  $0/5\text{m/s}$  به سمت هم حرکت می کنند. سرعت حرکت تصویر نسبت به محل اول را بگویید.



پاسخ : وقتی جسم  $2\text{m/s}$  به اینه نزدیک می شود تصویر  $2\text{m/s}$  به اینه نزدیک می شود و وقتی اینه  $0/5$  متر بر ثانیه به جسم نزدیک می شود تصویر هم  $1\text{m/s}$  به سمت جسم نزدیک می شود پس در حالت کلی  $2+1=3\text{m/s}$  نسبت به محل اول جابه جا شده است.

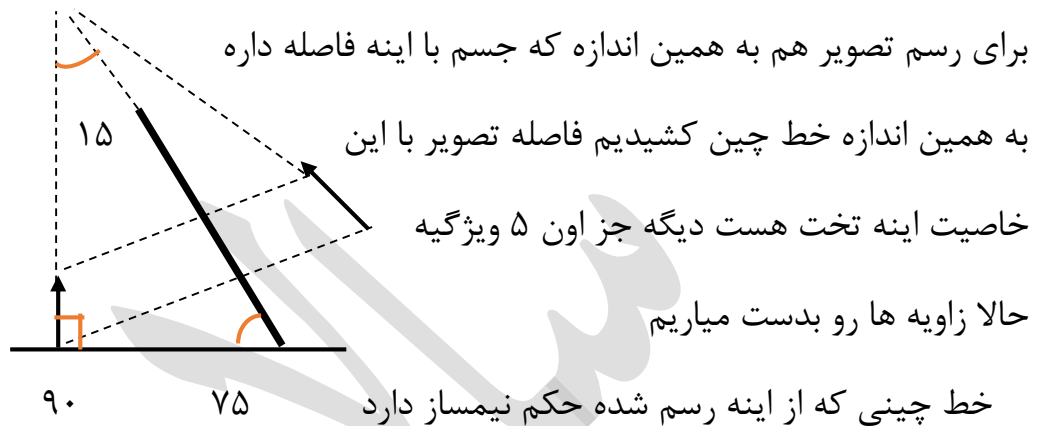


مثال ۵: در شکل مقابل زاویه بین راستای جسم با راستای تصویر را مشخص کنید

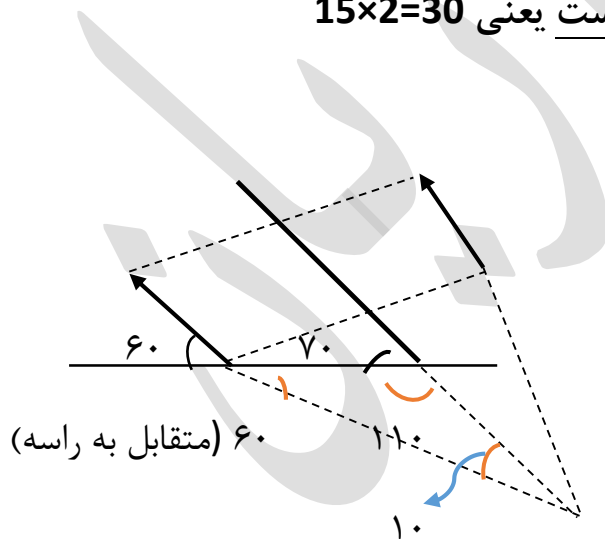


پاسخ : راستای جسم با راستای تصویر یعنی چی !!!

یعنی اینکه اول مشخص کنی تصویر کجاست توی اینه تخت بعدش جسم رو به صورت خط چین ادامه بدی تصویر هم همینطور به صورت خط چین ادامه بدی ببینی کجا همدیگه رو قطع می کنند به اون زاویه میگویند زاویه بین راستای جسم و تصویر



یعنی وقتی زاویه بین جسم و اینه ۱۵ پس زاویه بین تصویر و اینه هم ۱۵ هست پس در حالت کلی زاویه بین جسم و تصویر 30 درجه است یعنی  $15 \times 2 = 30$



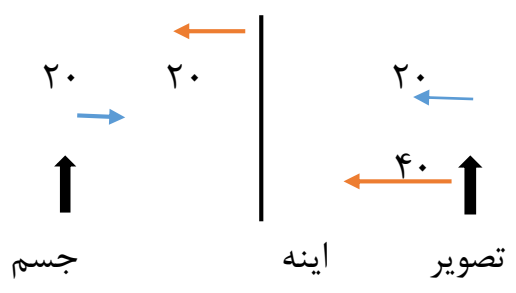
پس راستای جسم و تصویر

$$10 \times 2 = 20$$

تست ۱: شخصی با سرعت 20 سانتی متر بر ثانیه به سمت یک اینه تخت در حرکت است و اینه نیز با سرعت 20 سانتی متر بر ثانیه به سمت شخص حرکت می کند تصویر در هرثانیه چند سانتی متر جابه جا می شود؟ ریاضی ۹۶

۲۰      ۴۰      ۶۰      ۸۰

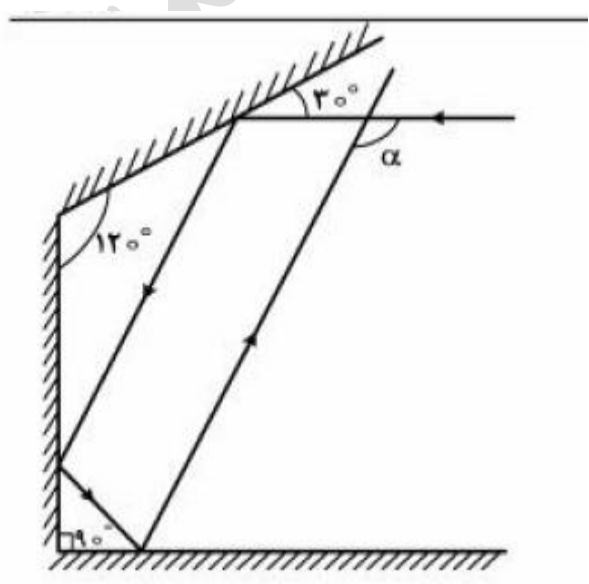
پاسخ :



$$V_{\text{تصویر}} = 20 + 40 = 60$$

تست ۲ : در شکل روبه رو زاویه  $\alpha$  چند درجه است؟ تجربی ۹۵

- ۱۵۰      ۱۳۰      ۱۲۰      ۱۱۰

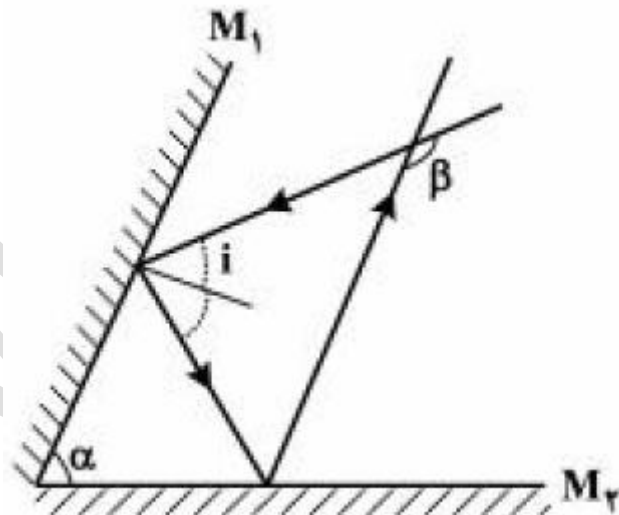


پاسخ :

دو خط که موازی هستن اگر به خط مورب قطع بکنه زاویه تند و باز مکمل یکدیگر می شوند

مواز و تند  $\rightarrow \alpha + 60 = 180$   
 $\alpha = 120^\circ$

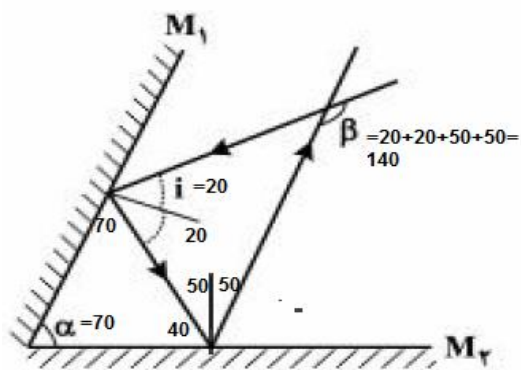
تست ۳: مطابق شکل زیر پرتو نوری تحت زاویه تابش  $i$  ، به اینه تخت  $M_1$  می تابد و پس از بازتاب از اینه  $M_2$  با پرتو اولیه زاویه  $\beta$  را می سازد اگر زاویه تابش  $i$  نصف شود زاویه  $\beta$  چگونه تغییر می کند؟ تجربی ۹۶ ثابت نصف دو برابر چهار برابر



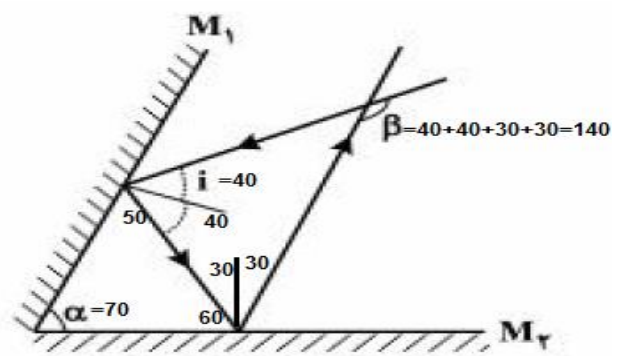
پاسخ: اول سوال رو خوب بخونید شکل سوال رو دیدید نترسید یه سوال تکراری از سال های قبله بهترین راه عدد گذاری هست

ابتدا فرض کنیم زاویه تابش  $40^\circ$  درجه هست و زاویه  $\alpha = 70^\circ$  یک زاویه فرضی هستن

دفعه دوم زاویه تابش را نصف  $20^\circ$  درجه می کنیم  $\alpha = 70^\circ$  هست تغییر ندادیم ضمناً  $\beta$  اگر توی شکل یه زاویه خارجی هست که از مجموع دو زاویه داخلی غیر مجاورش بدست اومد



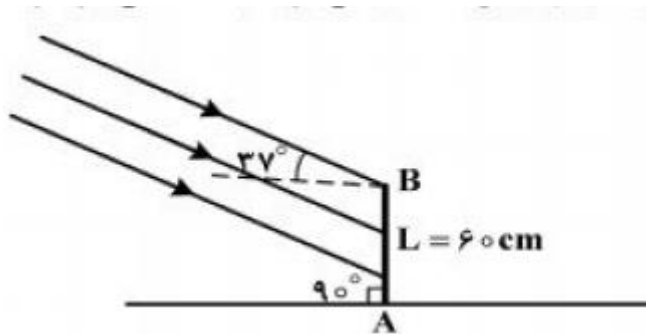
حالت دوم



حالت اول

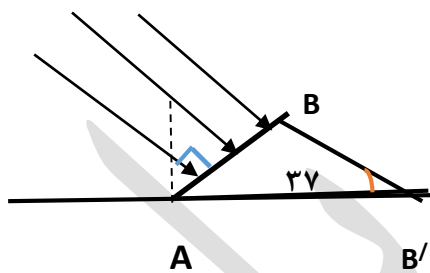
تست ۴: پرتوهای خورشید مطابق شکل زیر به میله قائم AB به طول ۶۰ سانتی متر می تابداگر میله را حول نقطه A در جهت مناسب بچرخانیم. بلندترین طول سایه ای که روی زمین تشکیل می شود چقدر است؟ تجربی ۹۴ ۱۰۰ ۶۰√۲ ۶۰ ۸۰

$\sin 37 = 0.6$



پاسخ: زمانی بلند ترین سایه رو داریم که نور به صورت عمود به یک جسم مایل بتابه

طول سایه است  $AB'$



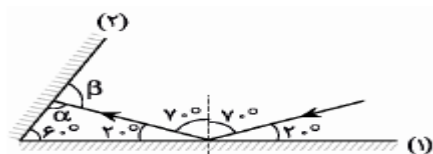
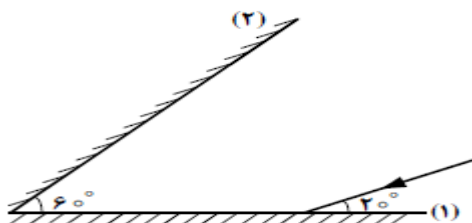
زاویه ۳۷ درجه پایین از کجا اومد همون پرتو نور صورت سوال رو اگر

ادامه بدید تا سطح قطع کنه با زاویه ۳۷ درجه قطع میکنه

$$\sin 37 = \frac{AB}{AB'} \quad \frac{6}{10} = \frac{60}{AB'} \quad AB' = 100 \text{ cm}$$

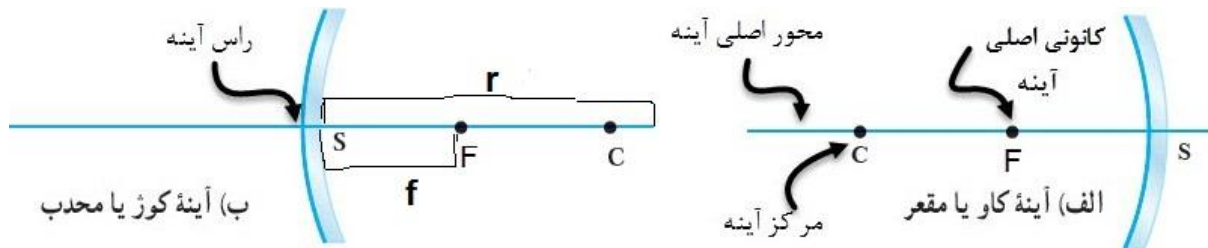
تست ۵: مطابق شکل زیر پرتو نوری با سطح اینه تخت (1) زاویه ۲۰ درجه میسازد این پرتودر اولین برخورد به اینه (2) با سطح ان اینه زاویه چند درجه می سازد؟ تجربی خارج ۹۳

- ۱۰      ۲۰      ۷۰      ۸۰



$\alpha = 100$  و  $\beta = 80$  هر کدام از اینا اگر در گزینه ها باشند درست هستن که ۸۰ هست

## آینه های کروی :



به فاصله S تا F را فاصله کانونی آینه می گوئیم که با f نشان می دهیم

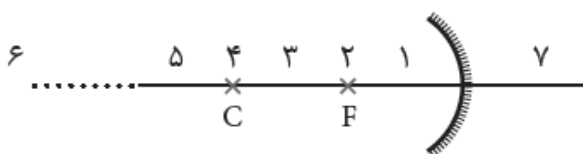
و به فاصله S (راس آینه) تا C مرکز آینه را شعاع انحنا آینه می گوئیم

$$f = \frac{r}{2}$$

## تصویر در آینه های کروی :

- آیندهی مقعر حالت اول: جسم در فاصله‌ی کانونی ← تصویر در پشت آینه، مجازی، بزرگتر، مستقیم
- آیندهی مقعر حالت دوم: جسم روی کانون ← تصویر در بی‌نهایت، حقیقی، بزرگتر، وارونه
- آیندهی مقعر حالت سوم: جسم بین F و C ← تصویر خارج از C، حقیقی، بزرگتر، وارونه
- آیندهی مقعر حالت چهارم: جسم روی مرکز ← تصویر روی C، حقیقی، هم اندازه، وارونه
- آیندهی مقعر حالت پنجم: جسم خارج از C ← تصویر بین F و C، حقیقی، کوچکتر، وارونه
- آیندهی مقعر حالت ششم: جسم در بی‌نهایت ← تصویر روی کانون، حقیقی، کوچکتر، وارونه
- آیندهی محدب: جسم هر جا که باشد ← تصویر در فاصله‌ی کانونی، مجازی، کوچکتر، مستقیم

**نکته کنکوری** با توجه به شکل زیر جسم هر جا که باشد تصویر جایی قرار می‌گیرد که مجموع اعداد برابر ۸ شود.





مثلا در آینه مقعر جسم روی کانون باشد یعنی (2) تصویر در شماره ۶ یعنی

بی نهایت بدست می آید. با این نکته دیگر نیاز نیست وقتی بهتون گفتن اگر جسم فلان جا باشه تصویر کجا میشه رو حفظ کنید فقط محل اعداد که به ترتیب هم هست یادتون باشه کافیه

این نکته هم برای آینه مقعر و هم آینه محدب صدق میکنه

نکته: بیشترین فاصله تصویر از آینه محدب برابر فاصله کانونی است

روابط آینه کروی:

P: فاصله جسم تا آینه      q: فاصله تصویر تا آینه      f: فاصله کانونی

	آینه مقعر	آینه محدب	m: بزرگ نمایی
تصویر	$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$	$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{-1}{f}$	$m = \frac{\text{فاصله تصویر}}{\text{فاصله جسم}} = \frac{\text{اندازه تصویر}}{\text{اندازه جسم}}$
مجازی، مستقیم			
حقیقی، وارونه	$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$		

نکته: اگر آینه مقعر باشد f مثبت و اگر آینه محدب باشد f منفی

نکته: تنها تصویر مجازی داخل آینه دیده می شود.

تست ۶: شعاع انحنای دو آینه مقعر و محدب هر کدام 40cm است اگر شمع روشنی را یکبار روی

محور اصلی در ۱۰ سانتی متری آینه مقعر قرار دهیم و بار دیگر همین شمع را در همین فاصله از

آینه محدب قرار می دهیم. طول تصویر در آینه مقعر چند برابر طول تصویر در آینه محدب

خواهد شد؟ تجربی خارج ۹۴       $\frac{2}{3}$        $\frac{3}{2}$       ۲      ۳

پاسخ: اول اینکه دقت کنید فاصله جسم تا آینه با عوض کردن آینه ها تغییر نکرده ولی فاصله

تصویر هم فرق کرده چون توی آینه مقعر یه تصویر میشه توی محدب یه تصویر دیگه میده

وقتی میگه طول تصویر این طول تصویر داخل فرمول بزرگ نمایی هستش

$$\frac{m_{\text{مقعر}}}{m_{\text{محدب}}} = \frac{\frac{\text{اندازه تصویر مقعر}}{\text{اندازه جسم مقعر}}}{\frac{\text{اندازه تصویر محدب}}{\text{اندازه جسم محدب}}} \longrightarrow \frac{m_{\text{مقعر}}}{m_{\text{محدب}}} = \frac{\text{اندازه تصویر مقعر}}{\text{اندازه تصویر محدب}}$$

اندازه جسم ها در دو آینه تغییر نکرد بر این خط میخورند

راه حل تستی:  $m = \frac{f}{|p \pm f|}$  مثبت برای وقتی که آینه محدبه و منفی برای وقتی که آینه مقعر

$$f = \frac{r}{2} = \frac{40}{2} = 20 \quad m_{\text{مقعر}} = \frac{20}{|10-20|} = 2 \quad m_{\text{محدب}} = \frac{20}{10+20} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{m_{\text{مقعر}}}{m_{\text{محدب}}} = 3$$

اگر بخای از اون رابطه آینه مقعر محدب بنویسی هم میشه یکم طولانی تر فقط میشه !!!

تست ۷: یک آینه کروی از شمع روشنی که در مقابل ان قرار دارد. تصویری به بزرگی ۵ برابر شمع روی پرده تشکیل داده است اگر فاصله بین شمع و تصویرش ۴۸ سانتی متر باشد فاصله

کانونی آینه چند سانتی متر است؟ تجربی ۹۴ ۵ ۶ ۱۰ ۱۱

$$q=5p \quad q-p=48 \longrightarrow 5p-p=48 \longrightarrow 4p=48 \quad p=12\text{cm} \quad q=60\text{cm}$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{12} + \frac{1}{60} = \frac{1}{f} \quad f=10\text{cm}$$

توجه مهم: ببینید اگر تصویر شما حقیقی و وارونه و جلو آینه تشکیل بشه

$$\text{فاصله جسم و تصویر} = q-p$$

اگر تصویر شما مجازی و مستقیم باشه و پشت آینه تشکیل بشه

$$\text{فاصله جسم و تصویر} = q+p$$

اینجا گفت تصویر روی پرده تشکیل شده که خیلی بی دقت بچها از کنارش رد میشند تصویر های حقیقی فقط روی پرده تشکیل می شوند برای همین کم شد بینش

**تست ۸:** نقطه روشنی را جلوی یک اینه کروی جابه جا می کنیم ملاحظه می شود که بیشترین جابه جایی ممکن برای تصویر 40cm است حال اگر جسمی را مقابل این اینه در فاصله 120cm ان قرار دهیم فاصله بین جسم و تصویر چند سانتی متر می شود؟ ریاضی ۹۶

۱۸۰                      ۱۵۰                      ۹۰                      ۳۰

**پاسخ:** چون جابه جایی تصویر حداکثر ۴۰ سانتی متره پس اینه حتما محدبیه چون اینه مقعر که تصویر تا بی نهایت هم جابه جا میشه نکته دو صفحه قبل گفتیم و ضمنا بیشترین فاصله هم فاصله

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{-1}{f} \quad f=40 \text{ همیشه}$$

$$\text{جای } f \text{ و } q \text{ رو عوض کردیم} \Rightarrow \frac{1}{120} + \frac{1}{40} = \frac{1}{q} \Rightarrow q=30$$

$$\text{فاصله تصویر و جسم محدب (مجازی)} = q+p=30+120=150$$

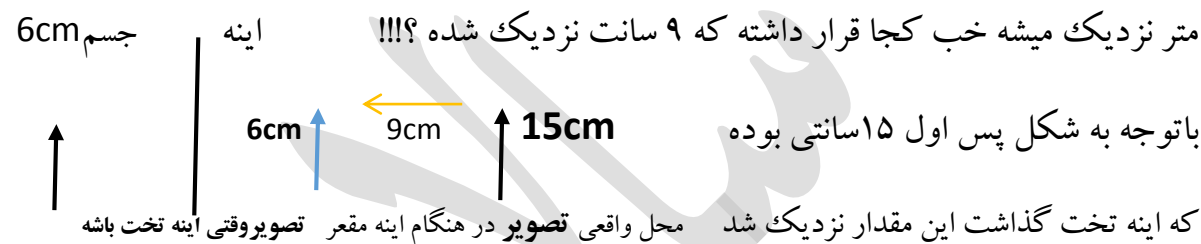
**تست ۹:** اینه مقعری به شعاع ۱۰ سانتی متر رو به خورشید قرار داده شده است اگر از موقعیت مناسبی نگاه کنیم و نقطه نورانی (تصویر خورشید) را بینیم ان نقطه را کجا می بینیم و فاصله اش تا اینه چند سانتی متر است؟ تجربی ۹۶      جلو اینه ۵،      جلو اینه ۱۰،  
پشت اینه ۵،      پشت اینه ۱۰،

**پاسخ:** سوال خیلی اسون جسم در بی نهایت هستش خورشید بی نهایت دیگه اینم فکر کردن داره پس تصویر میوفته در فاصله کانونی، فاصله کانونی هم شعاع نصف بشه.  $f = \frac{r}{2}$  جواب گزینه ۱

**تست ۱۰:** یک اینه مقعر از جسمی که به فاصله 6cm از ان و عمود بر محور اصلی قرار دارد. تصویری مجازی می دهد. اگر به جای یک اینه مقعر یک اینه تخت درست در جای اینه مقعر

قرار دهیم. تصویر در مقایسه با حالت اول به اندازه ۹ سانتی متر به اینه نزدیک می شود. شعاع انحنای اینه مقعر چند سانتی متر است؟ تجربی ۹۲ ۶ ۱۲ ۱۰ ۲۰

**پاسخ:** از شما شعاع خواسته خب باید فاصله کانونی بدست بیارید دو برابر کنید. برای فاصله کانونی هم نیاز به دونستن محل جسم و تصویر داریم. جسم که گفته 6cm برای تصویر میگه اینه مقعر بگیر جاش اینه تخت بزار خب اینه تخت همون اندازه که فاصله جسم تا اینه هست همون فاصله تصویر تا اینه هم میشه ۶ سانتی متر اما قسمت مهمش اینجاست میگه این تخت بزاری ۹ سانتی متر نزدیک میشه خب کجا قرار داشته که ۹ سانت نزدیک شده !!!؟



$$\text{فرمول حالت مجازی} \quad \frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{6} - \frac{1}{15} = \frac{1}{f}$$

اینه مقعر

$$f=10\text{cm} \quad r=20\text{cm}$$

**تست ۱۱:** شعاع انحنای یک اینه مقعر ۴۰ سانتی متر است و جسمی عمود بر محور اصلی در فاصله ۲۴ سانتی متر از آن قرار دارد. جسم را چگونه جا به جا کنیم تا تصویر ۲۰ سانتی متر به اینه نزدیک شود؟ تجربی ۹۵ ۴ سانتی متر از اینه دور کنیم

یک سانتی متر از اینه دور کنیم

۴ سانتی متر به اینه نزدیک کنیم

**پاسخ:** اول باید فاصله تصویر مون رو بدست بیاریم

$$r=40\text{cm} \quad f=20\text{cm} \quad p_1=24$$

با دقت کردن به فاصله جسم و فاصله کانونی میند تصویر حقیقی هستش اگر فاصله جسم کمتر

از فاصله کانونی بود مجازی میشد حالا حقیقی شده پس فرمول اینه  $\frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f}$

$$\frac{1}{24} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{20} \quad q_1 = 120\text{cm}$$

حالا گفته جسم چقدر تغییر بدیم تا تصویر ۲۰ سانتی به نزدیک بشه پس تصویر چقدر میشه؟!

$$q_2 = 120 - 20 = 100 \text{ cm}$$

حالا بریم ببینیم با این تصویر چه فاصله جسم پیدا میکنه؟  $\frac{1}{p_2} + \frac{1}{100} = \frac{1}{20}$

$P_2 = 25 \text{ cm}$  چقدر تغییر کرد نسبت به قبش؟ اول ۲۴ بود حالا ۲۵ یکسانتی متر دور شده

**تست ۱۲:** اگر جسمی با سرعت ثابت  $V$ ، روی محور اصلی از فاصله کمتر از فاصله کانونی به اینه مقعر نزدیک شود تصویر آن با سرعت..... تجربی ۹۱

(۱) بزرگتر از  $V$  از اینه دور می شود. (۲) کوچکتر از  $V$  از اینه دور می شود

(۳) متوسط کوچکتر از  $V$  به اینه نزدیک می شود (۴) متوسط بزرگتر از  $V$  به اینه نزدیک میشود

**درسنامه خیلییی مهم این سبک سوالات:**

**مقدار جابه جایی جسم و تصویر و سرعت تصویر و جسم در اینه مقعر:**

جابه جایی جسم	جابه جایی تصویر	
جسم از بی نهایت تا مرکز $C \rightarrow \infty$	تصویر از کانون تا مرکز $F \rightarrow C$	حالت اول
جسم از مرکز تا کانون $C \rightarrow F$	تصویر مرکز تا بینهایت $\infty \rightarrow C$	حالت دوم
جسم از کانون تا اینه $F \rightarrow$ اینه	تصویر بی نهایت تا اینه اینه $\infty \rightarrow$ اینه	حالت سوم

$$V_{\text{تصویر}} > V_{\text{جسم}} \text{ حالت اول}$$

$$V_{\text{تصویر}} > V_{\text{جسم}} \text{ حالت سوم} \quad V_{\text{تصویر}} > V_{\text{جسم}} \text{ حالت دوم}$$

**پاسخ تست:** بریم سراغ حل تست گفته از فاصله کمتر از فاصله کانونی به اینه نزدیک میشود میشه حالت سوم از کانون به اینه نزدیک میشه حالت سوم سرعت تصویر بزرگتر از جسم هست پس یا گزینه ۱ هست یا گزینه ۴ گزینه که میگه تصویر از اینه دور میشه ولی جدول میگه داره از بی نهایت به اینه نزدیک میشه پس جواب گزینه ۴ هست

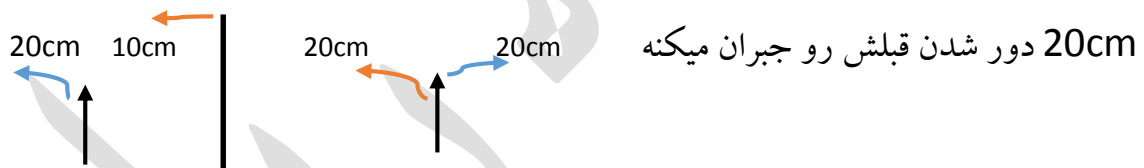
**تست ۱۳:** جسم AB به فاصله ۵۰ سانتی متر یک آینه تخت و به موازات آن قرار دارد و تصویری از آن تشکیل شده است اگر جسم را به موازات خود ۲۰ سانتی متر از آینه دور کنیم برای آنکه محل تصویر تغییر پیدا نکند. باید آینه را چه اندازه و در چه جهتی جابه جا کنیم؟ تجربی ۹۳

۱۰ سانتی متر از جسم دور کنیم      ۲۰ سانتی متر از جسم دور کنیم

۱۰ سانتی متر به طرف جسم انتقال دهیم      ۲۰ سانتی متر به طرف جسم انتقال دهیم

**پاسخ:** ۵۰ سانتی متر اول به جور فرمالیته هست جسم ۲۰cm از آینه دور میشه خب تصویر هم ۲۰cm از آینه دور میشه حالا میخام تصویر دور نشه چیکار باید کنیم (:

آینه رو ۱۰ cm به طرف جسم ببریم انوقت تصویر ۲۰cm به طرف جسم نزدیک میشه که اون



**تست ۱۴:** جسم کوچکی روی محور اصلی آینه مقعر قرار دارد و فاصله تصویر مستقیم آن تا جسم ۴۸ سانتی متر است طول تصویر ۵ برابر طول جسم است فاصله بین جسم و کانون چند سانتی متر است؟ تجربی ۹۵ خارج (مشابه تجربی ۹۴) ۲ ۴ ۶ ۸

نکته داشتیم اگر تصویر مستقیم باشه فاصله جسم تا تصویر برابر:  $q+p =$  فاصله جسم و تصویر

طول تصویر ۵ برابر طول جسم یعنی  $q=5p$        $p=8$        $6p=48$        $5p+p=48$        $q+p=48$

$$q=40$$

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{8} - \frac{1}{40} = \frac{6-1}{40}$$

$$f=10$$

جواب از شما فاصله فاصله جسم و کانون خواست یعنی  $10-8=2$

**تست ۱۵:** یک آینه مقعر از یک جسم تصویری معکوس با طولی به بزرگی دو برابر طول جسم می دهد اگر جسم را ۵ سانتی از آینه دور کنیم طول تصویر با طول جسم برابر می شود. شعاع انحنای آینه چند سانتی متر است؟ تجربی ۹۰

$$20 \quad 10 \quad \frac{20}{3} \quad \frac{10}{3} \quad 90$$

پاسخ: در حالت اول  $q=5p$   $\frac{3f}{2} = p$   $\frac{1}{p} + \frac{1}{2p} = \frac{3}{2p} = \frac{1}{f}$   $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$

حالت دوم  $q=p$   $2f = p$   $\frac{1}{p} + \frac{1}{p} = \frac{2}{p} = \frac{1}{f}$   $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$

حالا فرق حالت دوم اول آینه که ۵ سانتی متر باهم اختلاف دارند، جابه جا شده است یعنی

$$p_{\text{حالت دوم}} - p_{\text{حالت اول}} = 5 \Rightarrow 2f - \frac{3f}{2} = 5 \Rightarrow f=10 \Rightarrow r=20$$

**توجه مهممممم** 😊

در کنکور سراسری از فصل آینه و شکست جمعا سه سوال میاد که معمولا ۲ سوال از آینه و یک سوال از عدسی ولی گاهی اوقات دو سوال از عدسی و یک سوال از آینه هم ممکن است بیاید. در سال های اخیر دوسوال از فصل آینه و به طور کلی به هر سه سوال دانش آموزان می توانستند پاسخ دهند.

دوسوال آینه: یک سوال آینه تخت یک سوال آینه کروی که سعی شود حتما زده شود دو یا یک سوال شکست: اگر یه سوال باشه بدون عدسی همگرا و اگر هست که اسونه میزنید حتما ولی اگر دوتا سوال بودیه سوال که عدسی هست می زنید سوال دوم معمولا از منشور یا عمق واقعی ظاهری سوال میاد که سخت هستن نباید در کنکور زد به همین علت در فصل شکست منشور ها رو توضیح ندادیم.

۹۰	۹۱	۹۲	۹۳	۹۴	۹۵	۹۶	
۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	آینه ها
۲	۲(منشور)	۲	۱	۱	۱	۱	شکست

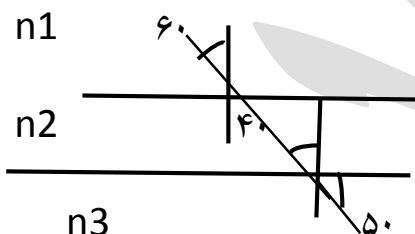
## شکست نور (فصل 5)

علت شکست نور: سرعت نور وقتی از محیط وارد محیط دیگر می شویم تغییر می کند

$$V = \frac{c}{n}$$

سرعت نور در محیط شفاف =  $V$  ضریب شکست نور  $n = 3 \times 10^8$  = سرعت نور  $C$ :

مثال: پرتو نور تابیده شده ضریب شکست سه محیط مشخص شده را با هم مقایسه کنید

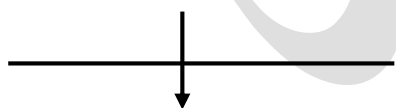


نکته: هر چه زاویه کمتر ضریب شکست بیشتر و سرعت کمتر پس

$$n_2 > n_3 > n_1 \quad \rightarrow \quad V_2 < V_3 < V_1$$

رابطه زاویه تابش و زاویه شکست:

1- اگر پرتو تابش عمود بر سطح مشترک بین دو محیط باشد، (یعنی زاویه آن با خط عمود برابر صفر باشد) در این صورت نور بدون شکست وارد محیط دوم شده و منحرف نمی شود.



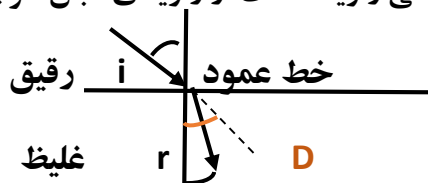
زاویه تابش: زاویه ای بین پرتو تابش و خط عمود (i)

زاویه شکست: زاویه ای بین پرتو شکست و خط عمود (r)

زاویه انحراف شکست که از امتداد پرتو تابش با خط عمود بدست می آید (D)

2- اگر پرتو تابش از محیط رقیق (مانند هوا) وارد محیط غلیظ (مانند آب یا شیشه) شود در این

حالت پرتو شکست به خط عمود نزدیک می شود یعنی زاویه شکست از زاویه ی تابش کوچک

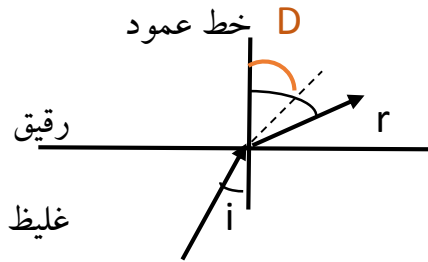


$$D = i - r$$

تر می شود.



۳- هرگاه نور از محیط غلیظ (مانند آب یا شیشه) وارد محیط رقیق شود در این حالت پرتو شکست از خط عمود دور می شود.



قوانین شکست نور :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

توجه مهم : در فرمول بالا محیطی که پرتو تابش در آن قرار دارد محیط اول و محیطی که پرتو شکست در آن است محیط دوم در نظر گرفته می شود.

مثال : پرتو نوری از مایعی شفاف به ضریب شکست  $\sqrt{3}$  با زاویه تابش  $i$  به سطح جدایی مایع و هوا میتابد اگر پرتو پس از شکست در هوا  $30^\circ$  درجه منحرف شود.  $i$  چند درجه است؟  $n_{\text{هوا}} = 1$

پاسخ : چون مایع از محیط شفاف یعنی غلیظ وارد محیط رقیق یعنی هوا شده پرتو از خط عمود دور شده. برای حل ابتدا اطلاعات مسئله را بنویسید.

$$D=30 \Rightarrow D=r-i \Rightarrow r=D+i$$

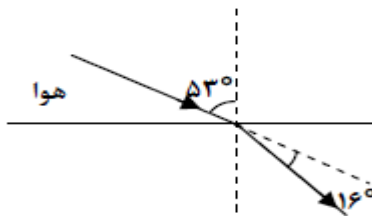
$$r = 30+i \quad \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin(30+i)} = \frac{n_{\text{هوا}}}{n_{\text{مایع}}}$$

$$\frac{\sin i}{\sin(30+i)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \longrightarrow \quad \text{اگر } 30^\circ \text{ درجه بزرایم جواب ما } \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ میشود}$$

**تست ۱:** شکل مقابل پرتو نوری را نشان می دهد. که تحت زاویه تابش ۵۳ درجه از هوا وارد محیط شفاف می شود و ۱۶ درجه منحرف می شود ضریب شکست محیط شفاف چقدر است؟

تجربی ۸۷  $\sin 53 = 0/8$   $\cos 53 = 0/6$

$\frac{7}{5}$        $\frac{6}{5}$        $\frac{4}{3}$        $\frac{3}{2}$



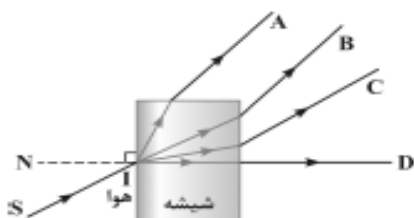
پاسخ: از شما  $n_2$  را خواسته  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$  ،  $i = 53$  را باید بدست بیاریم

$D = i - r$        $16 = 53 - r$        $r = 37$        $\frac{\sin 53}{\sin 37} = \frac{n_2}{1}$        $\frac{0/8}{0/6} = n_2$        $n_2 = \frac{4}{3}$

توجه: حواستون باشه  $\sin 37 = \cos 53$  برابر هست و ضریب  $n_1$  که هوا یک هست

**تست ۲:** پرتو نور تک رنگ از هوا بر شیشه می تابد پرتو شکست کدام است؟ **تجربی ۹۰**

D      C      B      A



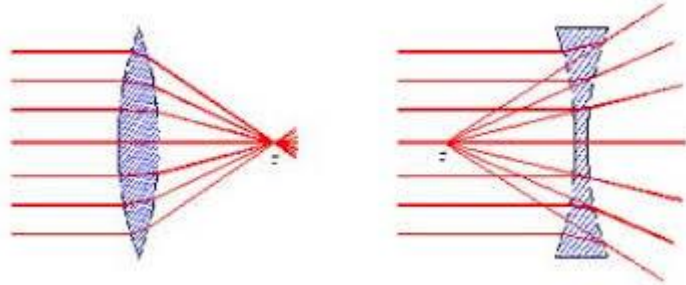
پاسخ: نور از هوا به شیشه وارد می شود یعنی از محیط رقیق به محیط غلیظ پس باید به خط عمود نزدیک شود سپس باز از شیشه (غلیظ) به هوا (رقیق) وارد اینبار باید از خط عمود دور شود



## عدسی ها (همگرا و واگرا)

همگرا (نور رو جمع می‌کنه یه نقطه)

واگرا (نور پخش می‌کنه)



به عدسی همگرا: کوژ یا محدب هم می‌گویند تمام روابط و قوانینی که برای اینه مقعر صادق بود اینجا برای عدسی همگرا (محدب یا کوژ) صادق یعنی در اینه مقعر جسم و تصویر به شیش حالت جابه جا میشد و اونجا ما  $F$  فاصله کانونی ما بود و  $C$  مرکز اینه اینجا هم  $F$  فاصله کانونی ما هست و به جای  $C$  می‌گوییم  $2F$

~~آینمی مستقیم~~ حالت اول: جسم در فاصله‌ی کانونی  $\leftarrow$  تصویر در پشت آینه، مجازی، بزرگتر، مستقیم  
عدسی همگرا (محدب)

~~آینمی مقعر~~ حالت دوم: جسم روی کانون  $\leftarrow$  تصویر در بی‌نهایت، حقیقی، بزرگتر، وارونه

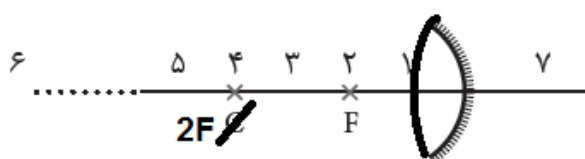
~~آینمی مستقیم~~ حالت سوم: جسم بین  $F$  و  $2F$   $\leftarrow$  تصویر خارج از  $2F$ ، حقیقی، بزرگتر، وارونه

~~آینمی مقعر~~ حالت چهارم: جسم روی مرکز  $2F$   $\leftarrow$  تصویر روی  $2F$ ، حقیقی، هم اندازه، وارونه

~~آینمی مقعر~~ حالت پنجم: جسم خارج از  $2F$   $\leftarrow$  تصویر بین  $F$  و  $2F$ ، حقیقی، کوچکتر، وارونه

~~آینمی مقعر~~ حالت ششم: جسم در بی‌نهایت  $\leftarrow$  تصویر روی کانون، حقیقی، کوچکتر، وارونه

**نکته**  
کنکوری با توجه به شکل زیر جسم هر جا که باشد تصویر جایی قرار می‌گیرد که مجموع اعداد برابر ۸ شود.



هم در عدسی واگرا هم عدسی همگرا این قانون مجموع هشت صادق

به عدسی واگرا: کاو یا مقعر هم می گویند

اینجا هم تمام روابط و فرمول هایی که برای آینه محدب به کار بردیم برای عدسی واگرا به کار میره

~~آینهی محدب: جسم هر جا که باشد~~ ← تصویر در فاصله‌ی کانونی، مجازی، کوچکتر، مستقیم

تمام فرمول ها اینه مقعر میشه برای عدسی همگرا و تمام فرمول های آینه محدب میشه برای عدسی واگرا

نکته: بیشترین فاصله تصویر از عدسی واگرا برابر فاصله کانونی است  
روابط عدسی:

P: فاصله جسم تا عدسی    q: فاصله تصویر تا عدسی    f: فاصله کانونی

	عدسی واگرا عدسی همگرا		m: بزرگ نمایی
تصویر	$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$	$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{-1}{f}$	
مجازی، مستقیم			
حقیقی، وارونه	$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$		$m = \frac{\text{اندازه تصویر}}{\text{اندازه جسم}} = \frac{\text{فاصله تصویر}}{\text{فاصله جسم}}$

نکته: اگر عدسی همگرا باشد f مثبت و اگر عدسی واگرا باشد f منفی

توجه مهم این دو نکته برعکس آینه ها هستش

اگر تصویر شما حقیقی و وارونه و روی پرده تشکیل بشه

$$\text{فاصله جسم و تصویر} = q+p$$

$$\text{اگر تصویر شما مجازی و مستقیم باشه: } q-p = \text{فاصله جسم و تصویر}$$

**تست ۳:** یک عدسی از جسمی که در فاصله ۲۰ سانتی متر از آن قرار دارد تصویر به اندازه جسم تشکیل می دهد. اگر جسم را ۱۵ سانتی متر به عدسی نزدیک کنیم. بزرگنمایی عدسی چقدر خواهد شد؟ **تجربی ۹۱**

$$6 \quad 2 \quad \frac{2}{3} \quad \frac{3}{2}$$

**پاسخ:** در حالت اول گفته تصویر به اندازه جسم خب کجا تصویر و جسم یکی هستن؟ روی 2F

$$p=2f \Rightarrow 20=2f \Rightarrow f=10\text{cm} \text{ جسم روی } 2F \text{ هست یعنی}$$

حالت دوم گفت جسم ۱۵ سانتی متر نزدیک کنیم یعنی  $P_2=20-15=5\text{cm}$  خب این فاصله

$$5\text{cm} \text{ کجا میشه؟ میاد تو } \underline{\text{فاصله کانونی}} \text{ اونجا هم مجازیه فرمول میشه } \frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{5} - \frac{1}{q_2} = \frac{1}{10} \Rightarrow q_2=10\text{cm} \Rightarrow m_2 = \frac{q_2}{p_2} = \frac{10}{5} = 2\text{cm}$$

**تست ۴:** توان یک عدسی ۵- دیوپتر است. اگر جسمی به فاصله ۲۰cm عدسی و روی محور

اصلی آن و در سمت راست عدسی قرار داشته باشد تصویر در فاصله ..... سانتی متری عدسی و

سمت ..... آن تشکیل می شود. **تجربی ۹۲** ۱۰، چپ ۱۰، راست ۴۰، چپ ۴۰، راست

**درسنامه:**  $f = \frac{1}{D} \times 100 = \dots \text{cm}$  ، D یعنی توان بر حسب دیوپتر (همون متر خودمونه)

دقت کنید با ضرب کردن در ۱۰۰ فاصله کانونی بر حسب سانتی متر بدست می آید

**درسنامه:** در عدسی ها اگر تصویر مجازی باشد در سمت راست عدسی می افتد و اگر تصویر

حقیقی باشد در سمت چپ عدسی می افتد

$$f = \frac{1}{-5} \times 100 = -20\text{cm} \quad \text{پاسخ:}$$

f منفی شده پس عدسی واگرا تصویر مجازی و در سمت راست است فرمول

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{-1}{f} \quad \frac{1}{20} - \frac{1}{q} = \frac{-1}{20} \quad q=10$$

**تست ۵:** فاصله کانونی یک عدسی واگرا،  $f$  است و جسمی مقابل آن عمود بر محور اصلی در فاصله  $f$  از عدسی قرار دارد اگر جسم را به اندازه  $\frac{f}{2}$  به عدسی نزدیک کنیم تصویر به اندازه.....

**تجربی ۹۳**

$\frac{f}{3}$  به عدسی نزدیک می شود از عدسی دور می شود  $\frac{f}{3}$

$\frac{f}{6}$  از عدسی دور می شود به عدسی نزدیک می شود  $\frac{f}{6}$

پاسخ:  $\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{-1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} - \frac{1}{q} = \frac{-1}{f} \Rightarrow \frac{1}{q_1} = \frac{2}{f} \Rightarrow q_1 = \frac{f}{2}$  حالت اول

حالت دوم  $\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{-1}{f} \Rightarrow \frac{1}{\frac{f}{2}} - \frac{1}{q} = \frac{-1}{f} \Rightarrow \frac{1}{q_2} = \frac{3}{f} \Rightarrow q_2 = \frac{f}{3}$

حالا تصویر چقدر تغییر کرد؟!  $q_2 - q_1 = \frac{f}{3} - \frac{f}{2} = \frac{f}{6}$

دور شد یا نزدیک؟! از آینه ها یادتون بوده جسم نزدیک می کردیم تصویر هم

نزدیک میشد به آینه اینم همونه دیگه 😊 تصویر نزدیک میشه به عدسی

**تست ۶:** شخصی عینکی به چشم زده است که اگر از روبه رو به آن نگاه کنیم چشمان او درشت

تر دیده می شود نوع عدسی عینک شخص کدام است؟ و چشم شخص در کدام منطقه عدسی

قرار دارد؟ تجربی خارج ۹۴ همگرا- داخل فاصله کانونی واگرا- داخل فاصله کانونی

همگرا- خارج فاصله کانونی واگرا- خارج از فاصله کانونی

**پاسخ: گزینه ۱ کاربرد عدسی همگرا یا محدب:**

• عینک افراد دوربین: جسم (چشم ما) در نزدیک ترین فاصله به عدسی عینک قرار دارد پس فاصله کانونی

• عدسی چشمی و شیئی میکروسکوپ

• ساخت نورافکن ها

• ساخت پروژکتور

• ماشین فتوکپی

• دوربین عکاسی

• ساخت تلسکوپ

**تست ۷:** توان یک عدسی همگرا ۵ دیوپتر است. این عدسی از جسمی به طول 2cm که در مقابل آن قرار دارد. تصویری روی پرده تشکیل داده است. که طول آن 8cm است. فاصله جسم

تا تصویر چند cm است؟ **تجربی ۹۴** ۷۰ ۷۵ ۱۲۰ ۱۲۵

پاسخ: فاصله جسم تا تصویر رو خواست در عدسی همگرا و روی پرده هم هست حقیقه یعنی:

$$q+p$$

$$f = \frac{1}{D} \times 100 \quad f = \frac{1}{5} \times 100 = 20\text{cm}$$

$$m = \frac{\text{فاصله تصویر}}{\text{اندازه تصویر}} = \frac{\text{فاصله جسم}}{\text{اندازه جسم}} \rightarrow \frac{8}{2} = \frac{q}{p} \rightarrow q=4p$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{p} + \frac{1}{4p} = \frac{1}{20} \rightarrow \frac{5}{4p} = \frac{1}{20} \rightarrow P=25 \quad q=100$$

$$q+p=100+25=125$$

**تست ۸:** شمعی در فاصله ۴۴ سانتی متر یک دیوار و موازی با آن قرار دارد. و یک عدسی همگرا که توان آن  $\frac{100}{11}$  دیوپتر است از شمع تصویری روی دیوار تشکیل داده است فاصله بین عدسی و

شمع چند سانتی متر است و بزرگنمایی در این حالت چقدر است؟ **تجربی ۹۵**

$$1,22 \quad 2,22 \quad 3,11 \quad \frac{1}{3}, 11$$

$$f = \frac{1}{D} \times 100 \quad f = \frac{1}{\frac{100}{11}} \times 100 = 11\text{cm} \quad \text{پاسخ:}$$

چقدر این سوال خوب طرح شده ☺

دانش آموزا عزیز فاصله بین عدسی و جسم همون P ما هست P فاصله جسم بود تا عدسی دیگه

به شما داخل سوال گفته جسم در فاصله ۴۴ سانتی دیوار و تصویر هم روی دیوار خب می فهمیم

که تصویر حقیقی هست حالا طبق گفته سوال تصویر روی دیوار باشه فاصله جسم تا



این فرمول برای کمتر شدن راه حل ها پیشنهاد میشه :  $f = \frac{md}{(m \pm 1)^2}$

$d$  = فاصله جسم تا تصویر هست . در این فرمول هر کدام از این سه مولفه  $d, m, f$  مجهول باشه همیشه بدست آورد. که اینجا  $m$  مجهول هست. (+) زمانی که تصویر حقیقی و (-) زمانی که

$$11 = \frac{m \cdot 44}{(m+1)^2} \quad \text{تصویر مجازی هست اینجا حقیقی هست و مثبت میشه}$$

با جایگذاری گزینه ها می بینید که در اینجا  $m=1$  صدق می کند

خب وقتی بزرگنمایی ۱ هست یعنی فاصله جسم تا عدسی با فاصله تصویر تا عدسی برابر هست

$$P+q=44 \quad \Rightarrow \quad P=q \quad \Rightarrow \quad 2p=44 \quad p=22$$

**تست ۹:** یک عدسی واگرا در فاصله یک متری از پرده ای قرار دارد. یک دسته پرتو تک رنگ

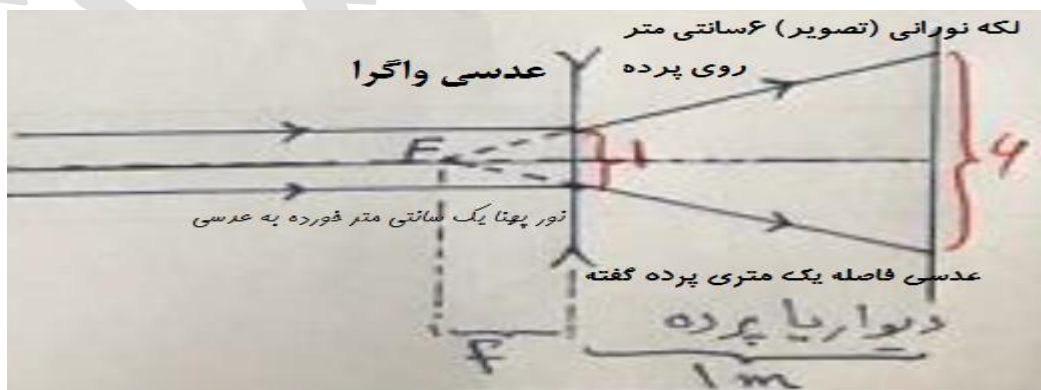
به پهنای یک سانتی متر به موازات محور اصلی بر عدسی می تابند و به صورت واگرا از عدسی

خارج شده و لکه نورانی به قطر ۶ سانتی متر روی پرده تشکیل می دهد. توان این عدسی چند

دیوپتر است؟ **تجربی ۹۶**      +4      -4      +5      -5

**پاسخ:** این سوال وقتی اولین بار با آن در کنکور سراسری مواجه می شویم سخت هستن و جز سوالات سخت در

کنکور دسته بندی می شوند دانش آموزان که درصد ۵۰ در فیزیک می خواهند این است از اینگونه سوالات گذر کنند



تشابه (قضیه تالس):  $\frac{1}{6} = \frac{f}{f+1}$        $f+1=6f$        $5f=1$        $f=\frac{1}{5}m$        $D=\frac{1}{f}$  یا  $D=\frac{1}{D}$

قضیه تالس چی بود؟! نسبت جزبه جز یا جز به کل       $D=\frac{1}{\frac{1}{5}}=5$

**اما جواب منفی ۵ است چون عدسی واگرا است در عدسی های واگرا فاصله کانونی و توان ها منفی هستن ص ۲۰ بوددیگه**



**تست ۱۰:** یک عدسی از یک جسم تصویری روی پرده تشکیل داده است که بزرگی آن ۴ برابر بزرگی جسم است. اگر فاصله جسم تا تصویر ۱۲۵ سانتی متر باشد. توان عدسی چند دیوپتر است؟

تجربی ۹۶ خارج کشور 2 2/5 4 5

پاسخ:  $q=4p$  راه حل تستی: چون تصویر حقیقی مثبت فرموله  $f = \frac{md}{(m+1)^2}$

$$m = \frac{q}{p} = \frac{4p}{p} = 4 \quad d = \text{فاصله جسم تا تصویر هست}$$

$$f = \frac{4 \times 44}{(4+1)^2} \quad f = 20 \text{cm}$$

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0/2} = 5 \quad \leftarrow \text{این بر حسب متره پس باید } f \text{ که سانتی متره به متر تبدیل بشه}$$

**توجه توجه:** دانش آموزای عزیز این سبک فرمول ها خیلی پر کاربرد هستن که در عدسی فرمول بالا و در آینه ها هم این فرمول به این شکل وجود دارد:

$$\left. \begin{array}{l} \text{آینه مقعر} \\ \text{آینه محدب} \end{array} \right\} f = \frac{md}{m^2 - 1} \quad f = \frac{md}{1 - m^2}$$

$d$  همان فاصله جسم تا عدسی هست. تست ۷ ص ۱۰ آینه ها با این روش تستی قابل حل شدن سریعتر هست که ما مخصوصا با فرمول اصلی حل کردیم که اگر فرمول یادتان می رود حداقل با فرمول اصلی حل کنید.

**تست ۱۱:** یک عدسی را روبه خورشید، تصویر حقیقی خورشید در ۲۰ سانتی متری عدسی

تشکیل می شود. نوع عدسی کدام است و توان آن چند دیوپتر است؟ **تجربی خارج ۹۵**

همگرا، +0/05    واگرا، -0/05    همگرا، +5    واگرا، -5

پاسخ: سوال های تکراری که فقط هر دفعه یک از هفت حالت عدسی همگرا و واگرا رو طراحان مورد عنایت خودشون قرار میدن 😊 چون جسم در بی نهایت قرار دارد پس تصویر آن روی کانون تشکیل می شود. و این حالت یکی از حالت های عدسی همگرا است.

$$P=\infty \quad q=20$$

$$D = \frac{1}{0/2} = 5$$

مگه ننگتیم تصویر روی کانونه پس  $f=20\text{cm}$  ☹️

بازم حواستون نبود فاصله کانونی سانتی متر رو به متر تبدیل کنید!!!!!!

**تست ۱۲:** یک عدسی همگرا از یک جسم تصویری واضح روی پرده ای که به فاصله ۱۲ سانتی متری عدسی و موازی ان است تشکیل می دهد اگر عدسی را ۲ سانتی متر از جسم دور کنیم، باید پرده را ۲ سانتی متر به جسم نزدیک کنیم تا دوباره تصویری واضح از جسم روی پرده تشکیل شود. فاصله کانونی عدسی چند سانتی متر است؟ **تجربی ۹۵**

۴                      ۶                      ۸                      ۹

پاسخ: این سوال جز سوالات تقریباً دشوار (متوسط به بالا) رده بندی میشوند

بینید یک حالت وقتی هست که تصویر در ۱۲ سانتی متری پرده ایجاد می شود حالت دوم هم وقتی که تغییرات ایجاد میشه به تصویر و به فاصله برای جسم بدست میاد با ایجاد این تغییرات فاصله کانونی ما تغییری درش ایجاد نمیشه چون گفته فاصله کانونی چقدره؟ دیگه نگفته فاصله کانونی چقدر تغییر کرده !!! پس در دو حالت به فاصله کانونی داریم.

حالت اول	{	$q_1 = 12\text{cm}$ $\frac{1}{q_1} + \frac{1}{p_1} = \frac{1}{f}$	}	راه حل : $q_2 = 12 - 2 - 2 = 8$	
		$P_1 =$ نداریم	{	حالت دوم $P_2 = P_1 + 2$	$\frac{1}{q_2} + \frac{1}{p_2} = \frac{1}{f}$

در حالت دوم چرا اینجوری شد؟! تصویر در حالت دوم به بار گفت پرده را دو سانتی متر به جسم نزدیک کنیم که در حالت اول تصویر ۱۲ سانت با پرده فاصله داشت حالا پرده بیاد دو سانت نزدیک بشه یعنی ۲ سانت فاصله کمتر شده  $q_2 = 12 - 2$ . به بار دیگه هم گفته عدسی دو سانتی متر از جسم دور شود عدسی دو سانت بیاد بره عقبتر فاصله جسم نسبت به حالت اول پس دو سانت بیشتر شده  $(p_2 = P_1 + 2)$  و عدسی دو سانت دور تر بشه تصویر دو سانت نزدیک تر میشه این خاصیت تصویر در عدسی هاست  $q_2 = 12 - 2 - 2 = 8$ .

حالا در حالت اول و دوم هر دو طرف  $\frac{1}{f}$  هست برابر هستن پس طرف دیگه هم برابر باشند

$$\frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{q_2} \quad \frac{1}{p_1} + \frac{1}{12} = \frac{1}{p_1 + 2} + \frac{1}{8}$$

با مخرج مشترک کردن گرفتن و طرفین وسط  $P_1(p_1+2) = 48$   $P_1=6$

حالا این مقدار در هر از حالت یک یا دو ذخیره کنید یک فاصله کانونی بدست می اید

با جایگذاری در حالت اول  $f=4\text{cm}$  بدست آمد  $\frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{1}{f}$

مستعدان  
رابطان