

Лабораторная работа 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ЛИНЗЫ

Линзы являются составной частью оптических систем, широко применяемых в военных приборах. К числу таких приборов относятся биологические, металлографические, измерительные и другие микроскопы, лупы, бинокли, телескопы, перископы и др. С их помощью можно изменять направления хода световых лучей, получать изображения, размеры которых отличаются от размеров предметов.

Цели лабораторной работы

1. Изучить законы геометрической оптики.
2. Определить экспериментально оптическую силу
а) собирающей линзы;
б) рассеивающей линзы.
3. Определить экспериментально линейное увеличение
а) собирающей линзы;
б) системы линз.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит физический смысл абсолютного показателя преломления вещества? Как изменяется скорость распространения света в среде с увеличением ее оптической плотности? Запишите формулы абсолютного и относительного показателей преломления.

2. Сформулируйте основные законы геометрической оптики: закон прямолинейного распространения света, закон независимости световых лучей, принцип обратимости световых лучей, законы отражения и преломления света.

3. В чем состоит явление полного внутреннего отражения? Какие два условия необходимы для полного отражения света от прозрачной среды? Какой угол называется предельным углом полного внутреннего отражения?

Запишите формулу для предельного угла. В каких оптических приборах используется явление полного внутреннего отражения?

4. Сформулируйте определения понятий «линза», «тонкая линза». Какие различные по форме линзы вы можете назвать? Чем отличаются собирающие и рассеивающие линзы? От чего зависит, рассеивающей или собирающей является линза? Какое изображение называется действительным, какое – мнимым?

5. Сформулируйте определения основных элементов, характеризующих линзу: оптический центр; оптические оси (главная и побочные); фокусы, фокальные плоскости.

6. Какую величину называют фокусным расстоянием; оптической силой линзы. От чего зависят фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы? Запишите формулы для этих величин. Зависят ли они от свойств среды, в которой находится линза? Объясните, каким образом можно, заменив окружающую среду, превратить собирающую линзу в рассеивающую? Чему равна оптическая сила системы линз, сложенных вплотную?

7. Запишите формулу тонкой линзы. В каких случаях каждая из входящих в нее величин считаются положительной, в каких – отрицательной.

8. Какая величина называется линейным увеличением линзы; угловым увеличением?

9. Как условно изображаются собирающие и рассеивающие линзы? Какие лучи обычно применяются для построения изображений в тонких линзах? Изобразите ход этих лучей в собирающей и рассеивающей линзах.

10. Постройте и охарактеризуйте изображения предмета в рассеивающей и собирающей линзах. На каком расстоянии от собирающей линзы нужно расположить предмет, чтобы получить изображение: а) уменьшенное, б) равное предмету, в) увеличенное (прямое и перевернутое).

11. Постройте продолжения лучей, падающих на линзу под различными углами; найдите изображение светящейся точки, расположенной на главной оптической оси.

Краткие сведения из теории

В оптике имеется круг задач, решение которых возможно без учета физической природы света – волновой или корпускулярной. Они рассматриваются в разделе физики "Геометрическая оптика".

Наибольшее приложение законы геометрической оптики получили в оплотехнике, занимающейся теорией, расчетом, конструированием оптических приборов (телескопы, дальномеры, высотомеры, перископы, нивелиры и т. д.); а также для решения задач отражения и рассеяния электромагнитных волн радиочастотного диапазона (в радиолокации, теории антенн и устройств СВЧ и др.).

Основными понятиями геометрической оптики являются *световой пучок* и *световой луч*.

Световой пучок – область пространства, в пределах которой распространяется свет. Различают *параллельный*, *расходящийся* и *сходящийся* световые пучки (рис. 1).

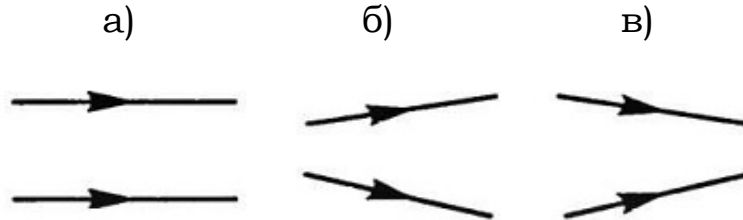


Рис. 1. Световые пучки: а) параллельный; б) расходящийся; в) сходящийся

Световые пучки являются *независимыми*: каждый световой пучок при их взаимном пересечении ведет себя независимо от других пучков и не оказывает влияния на другие пучки света (это справедливо, если речь идет о не очень больших интенсивностях света).

Световой луч – это линия, указывающая направление распространения света (это не тонкий световой пучок).

Геометрическая оптика базируется на следующих законах: *закон прямолинейного распространения света*, *законы отражения и преломления света*, *принцип обратимости световых лучей*.

Свет, как электромагнитная волна, распространяется со скоростью: $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$, где c – скорость света в вакууме ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с); v – скорость света в среде; ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость среды; μ – относительная магнитная проницаемость среды.

Оптическая плотность среды характеризуется **абсолютным показателем преломления** (показатель преломления среды относительно вакуума) $n = \frac{c}{v}$, следовательно $n = \sqrt{\epsilon\mu}$. Так как для прозрачных сред магнитная проницаемость $\mu \approx 1$, то $n = \sqrt{\epsilon}$.

При переходе из оптически менее плотной среды в оптически более плотную, частота, как и период колебаний, не изменяются, а скорость уменьшается, значит, уменьшается длина волны ($\lambda = vT$).

В оптике выполняется **принцип Ферма** (1657г.): «Природа всегда следует наикратчайшем путем», т. е. свет всегда распространяется по пути, требующему наименьшего времени (свет распространяется по такому пути, оптическая длина которого минимальна).

Оптическая длина пути – это произведение геометрической длины ds между точками пространства на абсолютный показатель преломления среды, в которой распространяется свет:

$$l = \int_A^B n ds.$$

Из принципа Ферма следует:

- 1) в однородной среде свет распространяется прямолинейно (**закон о прямолинейном распространении света**);
- 2) лучи в прямом и обратном направлении идут по одному и тому же пути (**закон обратимости хода световых лучей**).

Принцип Ферма используется при выводе законов отражения и преломления.

Свет распространяется прямолинейно только в однородной среде. Если свет подходит к границе раздела двух сред, он изменяет направление распространения, кроме того, часть света возвращается в первую среду. Это явление называется *отражением света*.

Закон отражения света: *луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к поверхности раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости; угол отражения β (угол между нормалью и отраженным лучом) равен углу падения α (угол между нормалью и падающим лучом) (рис. 2):*

$$\alpha = \beta.$$

Падающий и отраженный лучи обратимы, т.е. если падающий луч направить по пути отраженного луча, то отраженный луч пойдет по пути падающего.

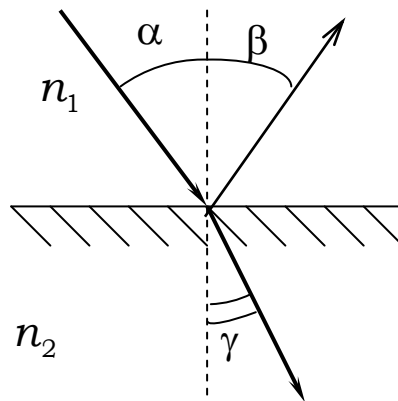


Рис. 2. Отражение и преломление света

α —угол падения луча; β —угол отражения луча; γ —угол преломления луча.

Изменение направления распространения света на границе раздела двух сред при его переходе из одной среды в другую называется *преломлением света*. Луч, проходящий во вторую среду, называется *преломленным лучом*.

Закон преломления света: *луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точку падения, лежат в одной плоскости; угол падения α и угол преломления γ связаны между собой формулой (рис. 2):*

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21},$$

где $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ – относительный показатель преломления

второй среды относительно первой; n_1, n_2 – абсолютные показатели преломления 1-й и 2-й сред, соответственно; v_1, v_2 – скорости света в 1-й и 2-й средах, соответственно.

Если падающий луч перпендикулярен к границе раздела ($\alpha = 0$), то угол преломления равен 0 ($\gamma = 0$), т.е. луч идет, не преломляясь.

Преломлением света объясняется тот факт, что глубина водоема кажется нам меньше, чем на самом деле, а предмет, рассматриваемый через плоскопараллельную пластинку или призму, будет казаться смещенным относительно своего истинного положения, т. к. мы видим не сам предмет, а его мнимое изображение.

При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную (например, из стекла в воздух), когда $n_2 < n_1$, может наблюдаться **явление полного внутреннего отражения**. В этом случае отсутствует преломленный луч, есть только луч отраженный от границы раздела сред (рис. 3).

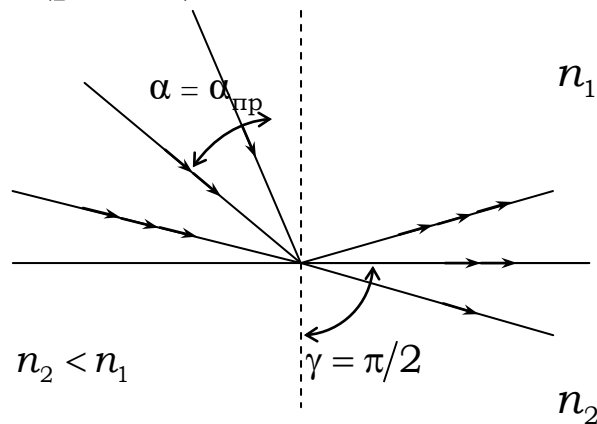


Рис. 3. Полное внутреннее отражение света

Это явление наблюдается при углах падения, превышающих некоторый критический угол $\alpha_{пр}$, который называется **предельным углом полного внутреннего отражения**, и определяется из условия:

$$\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{n_2}{n_1}$$

(при угле преломления $\gamma = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin \gamma = 1$).

Явление полного внутреннего отражения используется в поворотных (рис. 4 а, б) и оборачивающих (рис. 4 в) призмах, которые являются элементами перископов, биноклей и др.; а также в световодах (рис. 5).

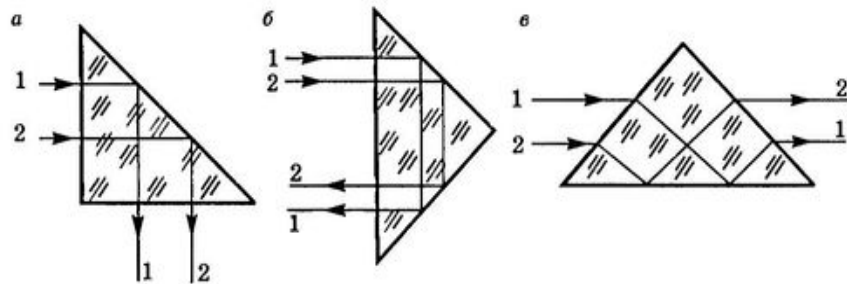
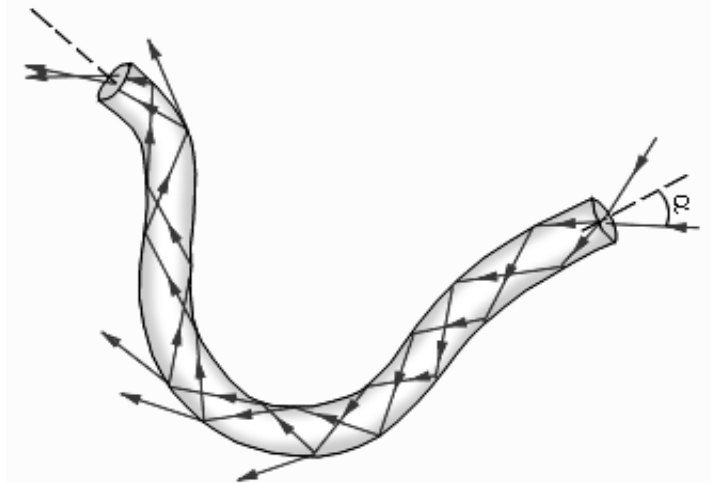


Рис. 4. Полное внутреннее отражение в равнобедренной прямоугольной стеклянной призме

Рис. 5. Распространение света в волоконном световоде

Световоды служат для передачи не только света, но и изображения предмета. Качество изображения, передаваемого по волоконному световоду, зависит от диаметра



волокон, от плотности их укладки, в частности, по многожильным световодам и пучкам гибких волокон. Распространение света на большие расстояния в волоконном световоде возможно благодаря полному внутреннему отражению (стенки волокна имеют меньший по-

казатель преломления, чем сердцевина). Световоды широко используются в медицине для освещения и наблюдения участков внутренних органов; в современной технике связи и в промышленности.

Преломление света на сферической поверхности (рис. 6) описывается формулой:

$$\frac{n_1}{a_1} - \frac{n_2}{a_2} = \frac{n_1 - n_2}{R},$$

где n_1 , n_2 – абсолютные показатели преломления сред; R – радиус кривизны поверхности; a_1 – расстояние от источника S_0 света до сферической поверхности; a_2 – расстояние от сферической поверхности до изображения S .

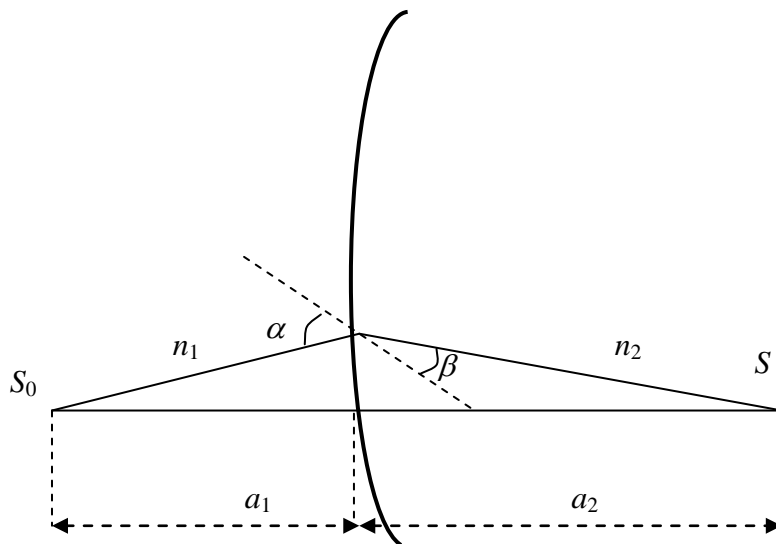


Рис. 6. Преломление света на сферической поверхности

Линза – прозрачное однородное тело, ограниченное поверхностями, из которых хотя бы одна имеет кривизну, отличную от нуля.

Линзы способны формировать изображение предметов, светящихся собственным или отраженным светом. Обычно поверхности, ограничивающие линзу, являются сферическими (или сфера и плоскость), изготавливаются линзы из стекла, кварца, высокотехнологичного пластика, гидрогеля и других прозрачных веществ.

Линза называется **тонкой**, если ее толщина много меньше радиусов кривизны ограничивающих ее поверхностей.

Прямая проходящая через центры кривизны поверхностей линзы называется *главной оптической осью*. В случае тонких линз приближенно можно считать, что главная оптическая ось пересекается с линзой в одной точке, которую называют *оптическим центром линзы* (точка O). Луч света проходит через оптический центр линзы, не изменяя первоначального направления. Прямые, проходящие через оптический центр и не совпадающие с главной оптической осью линзы, называются *побочными оптическими осями*.

Линзы различаются расположением центров ограничивающих их сферических поверхностей, радиусами кривизны и показателями преломления вещества, из которого сделаны линзы.

Линзы могут быть в середине толще, чем у краев (выпукло-вогнутые, плосковыпуклые, двояковыпуклые – рис. 7а, б, в, соответственно); могут быть в середине тоньше, чем у краев (вогнуто-выпуклые, плосковогнутые, двояковогнутые – рис. 7г, д, е, соответственно).

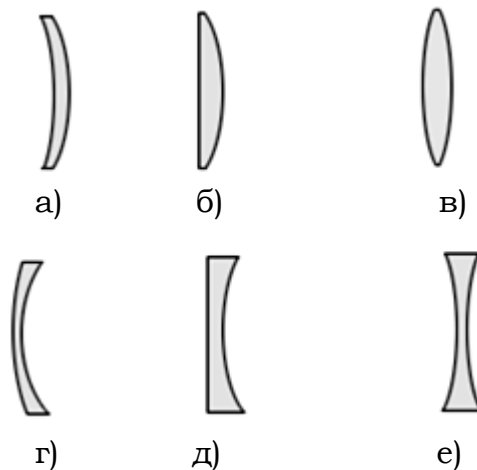


Рис. 7. Линзы, различные по форме

Линзы сделанные из вещества, оптически более плотного, чем окружающая среда ($n_{\Delta} > n_{\text{ср}}$) (например, линзы из стекла в воздухе), будут *собирающими*, если в середине они толще, чем у краев (рис. 7 а, б, в), и *рассеивающими*, если в середине они тоньше, чем у краев (рис. 7 г, д, е).

И наоборот, линзы из вещества, оптически менее плотного, чем окружающая среда ($n_{\lambda} < n_{\text{ср}}$) (например, воздушная полость в воде или стекле), будут собирающими, если в середине они тоньше, чем у краев (рис. 7 г, д, е), и *рассеивающими*, если в середине они толще, чем у краев (рис. 8 а, б, в).

Собирающей линзой называется линза, которая отклоняет проходящие через нее лучи в сторону оптической оси. *Рассеивающей линзой* называется линза, которая отклоняет лучи от оптической оси. Обозначения собирающей и рассеивающей линз показаны на рис. 8а и б, соответственно.

Лучи, падающие на собирающую линзу параллельно главной оптической оси, после преломления пересекаются в одной точке F , лежащей на главной оптической оси, называемой *главным фокусом* линзы. Расстояние OF от оптического центра до фокуса называется *фокусным расстоянием* F (рис. 8). Для рассеивающей линзы главный фокус F – точка, в которой пересекаются продолжения преломленных лучей, если падающие лучи параллельны главной оптической оси. У собирающей линзы главный фокус *действительный*, у рассеивающей линзы – *мнимый*, так как в нем пересекаются не сами преломленные лучи, а их продолжения.

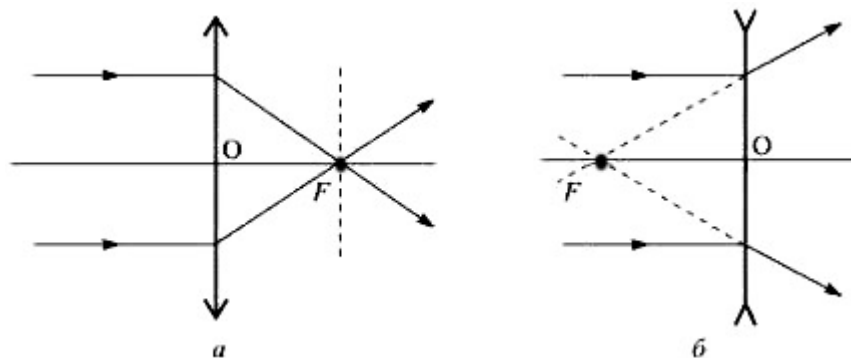


Рис. 8. Условные обозначения, фокусы линз и ход лучей в линзах
а) собирающая, б) рассеивающая линза

У линзы два главных фокуса: *передний и задний*, так как она преломляет свет, падающий на нее с двух сторон. Оба фокуса расположены симметрично относительно точки O .

Прошедший линзу луч пойдет параллельно ее главной оптической оси, если линия его падения проходит через передний фокус собирающей линзы (фокус, лежащий перед линзой), или через задний фокус рассеивающей линзы (фокус, лежащий за линзой) (рис.9).

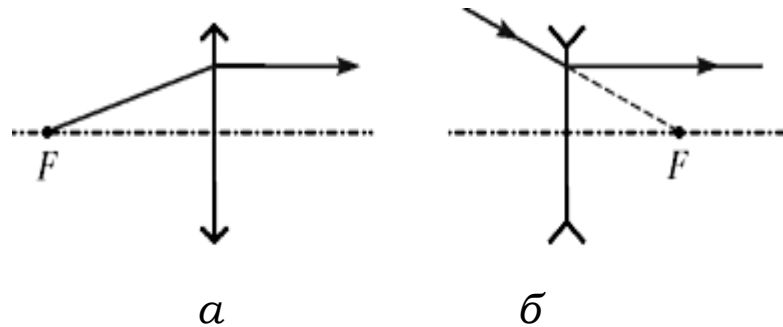


Рис. 9. Ход лучей в линзе
а) собирающая линза, б) рассеивающая линза

Пучки лучей, параллельных любой из побочных оптических осей, после прохождения через линзу фокусируются в *побочном фокусе* – точке F_1 , которая является пересечением данной побочной оси с *фокальной плоскостью*, т. е. плоскостью, перпендикулярной главной оптической оси и проходящей через главный фокус (рис. 10).

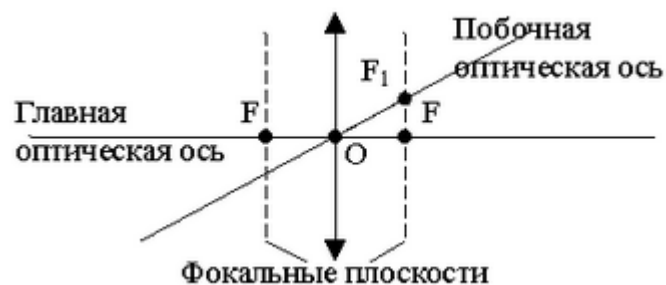


Рис. 10. Ход лучей в собирающей линзе

Используя закон преломления света, можно получить формулу для **фокусного расстояния линзы**:

$$F = \frac{1}{\left(\frac{n_{\Delta} - 1}{n_{\text{ср}}}\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)},$$

где n_{Δ} – показатель преломления вещества линзы, $n_{\text{ср}}$ – показатель преломления среды, окружающей линзу

(в воздухе $n_{\text{ср}} \approx 1$), R_1 , R_2 – радиусы кривизны ограничивающих линзу поверхностей.

Основное свойство линз – способность давать изображения предметов. Опыт показывает, что параксиальные (приосевые) лучи света, выходящие из одной светящейся точки, после прохождения через линзу сходятся также в одной точке, которая является *изображением* светящейся точки.

Изображения бывают *прямыми* и *перевернутыми*, *действительными* и *мнимыми*, *увеличенными* и *уменьшенными*. *Действительное изображение* – изображение, получаемое на пересечении отраженных (или преломленных) лучей. *Мнимое изображение* – изображение, получаемое при пересечении не самих отраженных (или преломленных) лучей, а их продолжений. Мнимое изображение нельзя получить непосредственно на экране.

Для построения изображения точки достаточно взять два луча из тех лучей, ход которых после преломления в линзе заранее известен: 1 – луч, идущий через оптический центр; 2 – луч, параллельный главной оптической оси; 3 – луч, проходящий через передний фокус (для собирающей линзы), или продолжение луча, проходящего через задний фокус (для рассеивающей линзы).

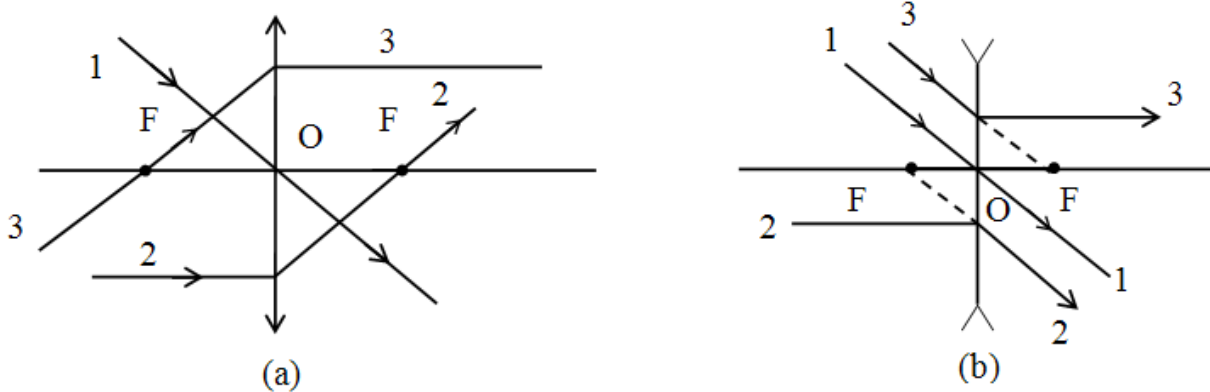
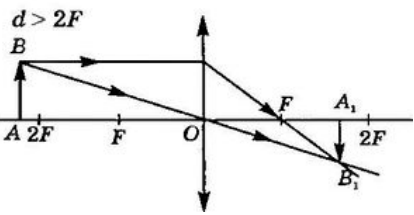
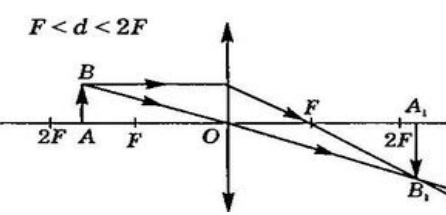
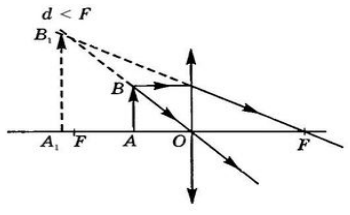
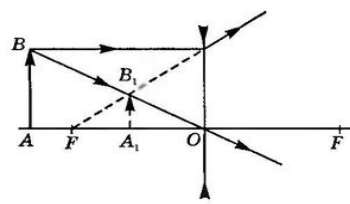


Рис. 12. Ход лучей в собирающей (a) и рассеивающей (b) линзах

Положение изображения предмета (расстояние f от линзы до изображения) и его размеры (высота H) зависят

от положения предмета относительно линзы (расстояние d от предмета до линзы) (табл. 1).

Таблица 1

Собирающая линза	
 <p>При $d > 2F$ изображение действительное, перевернутое, уменьшенное, $F < f < 2F$. При $d = 2F$ высота изображения равна высоте предмета.</p>	 <p>При $F < d < 2F$ изображение действительное, перевернутое, увеличенное, $f > 2F$.</p>
 <p>При $d < F$ изображение мнимое, прямое, увеличенное, $f > d$.</p>	
Рассеивающая линза	
	<p>В рассеивающей линзе изображение действительного предмета всегда мнимое, прямое, уменьшенное, находится между линзой и ее фокусом со стороны изображаемого предмета, $f < d$</p>

Формула тонкой линзы связывает фокусное расстояние линзы F и расстояния, от предмета и его изображения до оптического центра линзы:

$$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f},$$

где F – фокусное расстояние линзы, d – расстояние от предмета до оптического центра линзы; f – расстояние от линзы до изображения. Фокусное расстояние F берут со знаком «+» для собирающей линзы и со знаком «-» для рассеивающей линзы; d – со знаком «+» для действительного предмета и «-» для мнимого предмета; f – со знаком «+», если изображение действительное и со знаком «-», если оно мнимое.

Оптической силой линзы называется величина, обратная фокусному расстоянию:

$$D = \pm \frac{1}{F},$$

где знак «+» – для собирающих линз; «-» – для рассеивающих; $[D] = 1$ дптр (диоптрия).

Во многих оптических приборах свет последовательно проходит через две или несколько линз (рис. 14). Изображение предмета S' , даваемое первой линзой, служит предметом (действительным или мнимым) для второй линзы, которая дает второе изображение предмета. Это второе изображение также может быть действительным или мнимым.

Так как фокусное расстояние и оптическая сила рассеивающей линзы отрицательны, то с помощью такой линзы нельзя получить действительное изображение, однако к рассеивающей линзе можно подобрать такую собирающую, что система этих линз даст действительное изображение S'' .

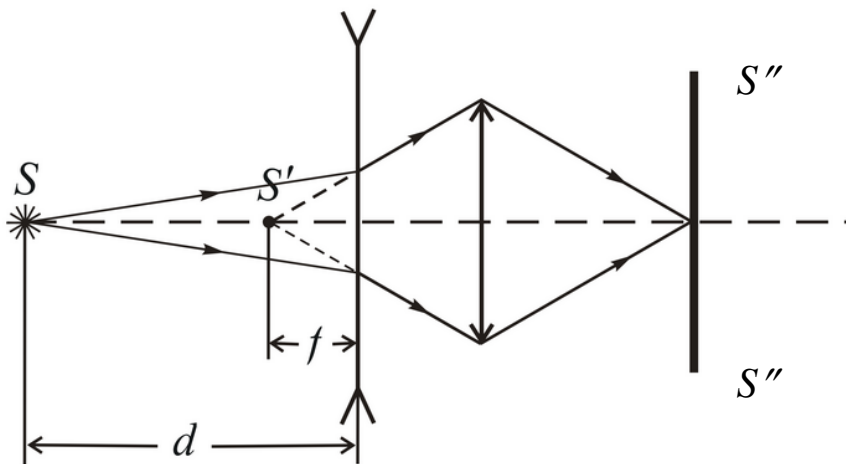


Рис. 13. Ход лучей в системе рассеивающей и собирающей линз

Оптическая сила системы из двух тонких линз с совпадающими главными осями, сложенных вплотную, определяется формулой:

$$D = D_1 + D_2,$$

где D – оптическая сила системы линз, $D_1 = 1/F_1$ – оптическая сила линзы с фокусным расстояни-

ем F_1 , $D_2 = 1/F_2$ – оптическая сила линзы с фокусным расстоянием F_2 .

Изображение, получаемое в линзах, может быть увеличенным или уменьшенным. *Линейное увеличение Γ* линзы – это отношение линейных размеров изображения H к линейным размерам предмета h (рис. 14):

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}.$$

Для увеличенного изображения $\Gamma > 1$, для уменьшенного $\Gamma < 1$.

Линейное увеличение Γ системы из двух линз равно произведению линейных увеличений обеих линз:

$$\Gamma = \Gamma_1 \Gamma_2.$$

Угловым увеличением Γ_φ линзы называется отношение тангенсов углов φ_2 и φ_1 (рис. 14), составляемых лучом выходящим из линзы, и лучом, падающим на линзу с оптической осью:

$$\Gamma_\varphi = \frac{\text{tg } \varphi_2}{\text{tg } \varphi_1}$$

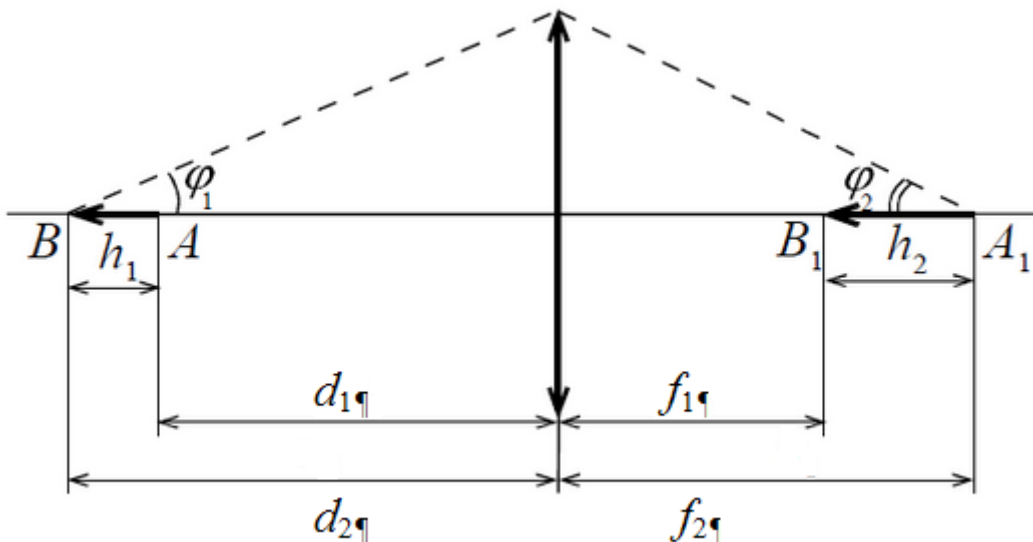


Рис. 14. Определение линейного и углового увеличения линзы

Угловое увеличение линзы Γ_φ есть величина, обратная линейному увеличению Γ :

$$\Gamma_{\varphi} = \frac{1}{\Gamma}.$$

Чем больше линейные размеры изображения (линейное увеличение), тем менее широки пучки световых лучей, образующих изображение.

Описание лабораторной установки. Методика эксперимента

Для выполнения работы используется экспериментальная установка, представленная на рис. 15, включающая:

- оптическую скамью 1;
- линейку 2;
- источник света 3;
- вкладыш с прорезью 4;
- экран, на котором получают изображение предмета 5;
- собирающую линзу в оправе 6;
- систему линз, состоящую из собирающей и рассеивающей линз, в оправе 7.

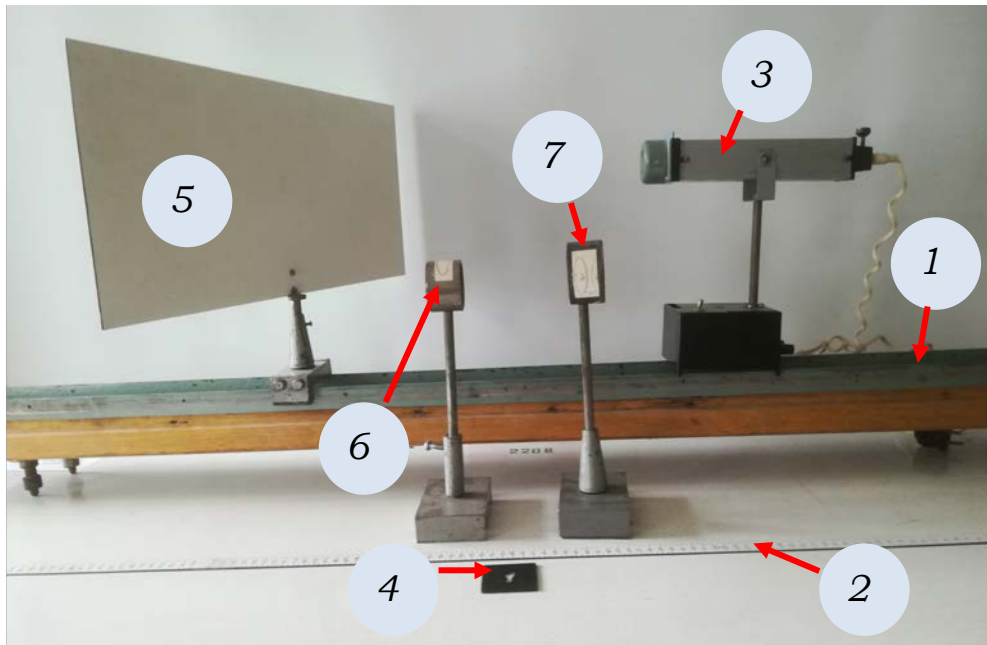


Рис. 15. Лабораторная установка для определения оптической силы линзы (системы линз)

Методика измерений заключается в следующем.

Перемещая собирающую линзу вдоль оптической скамьи, нужно получить на экране четкое увеличенное или уменьшенное изображение предмета, которым является прорезь на вкладыше, устанавливаемом на креплении источника света.

Измерить при помощи линейки на оптической скамье значения d (расстояние между предметом и линзой) и f (расстояние между линзой и экраном), при которых это изображение получено.

Измерить высоту прорези на вкладыше h и высоту полученного на экране изображения H .

По данным этих измерений можно рассчитать *оптическую силу собирающей линзы* D_c :

$$D_c = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (1)$$

Определить *оптическую силу рассеивающей линзы* посредством аналогичных измерений невозможно, так как с ее помощью непосредственно нельзя получить действительное изображение на экране.

Чтобы определить оптическую силу рассеивающей линзы, собирается система из рассеивающей и собирающей линз. С ее помощью получают действительное изображение предмета на экране и, произведя измерения d и f , рассчитывают оптическую силу системы линз:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (2)$$

Собирающая линза, входящая в систему, имеет такую же оптическую силу, как и собирающая линза, используемая в описанных выше измерениях. Поэтому, можно определить оптическую силу рассеивающей линзы D_p по формуле:

$$D_p = D - D_c.$$

Зная высоту предмета h и измеряя высоту изображения H для каждого положения линзы (системы линз), определяется линейное увеличение Γ :

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}.$$

10. Для каждого положения экрана рассчитать линейное увеличение собирающей линзы Γ_1 по формуле $\Gamma_1 = \frac{H}{h}$ и Γ_2 по формуле $\Gamma_2 = \frac{f}{d}$ и записать в табл. 2. Сравнить значения Γ_1 и Γ_2 .

Упражнение 2. Определение оптической силы рассеивающей линзы, входящей в систему двух линз.

1. Установить на оптическую скамью между источником света и экраном систему линз.

2. Перемещая систему линз вдоль оптической оси, получить на экране четкое изображение предмета.

3. Определить и записать в табл. 3 расстояние между предметом и системой линз d и расстояние между системой линз и изображением f , а также высоту изображения H на экране.

4. Изменить расстояние между предметом и экраном и выполнить пункты 2–3 еще два раза.

5. Выключить источник света.

8. Рассчитать для каждого положения экрана оптическую силу системы линз D по формуле (2) и ее среднее значение $\langle D \rangle$:

$$\langle D \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}.$$

5. Определить среднее значение оптической силы рассеивающей линзы:

$$\langle D_p \rangle = \langle D \rangle - \langle D_c \rangle,$$

где $\langle D \rangle$ – среднее значение оптической силы системы линз, $\langle D_c \rangle$ – среднее значение оптической силы собирающей линзы.

6. Рассчитать для каждого положения экрана линейное увеличение системы линз Γ_1 по формуле $\Gamma_1 = \frac{H}{h}$ и Γ_2

по формуле $\Gamma_2 = \frac{f}{d}$. Сравнить значения Γ_1 и Γ_2 .

Таблица 3

№	h м	d м	f м	H м	D , дптр	$\langle D \rangle$, дптр	$\langle D_p \rangle$, дптр	Γ_1	Γ_2
1									
2									
3									

Сформулировать выводы по работе

Вопросы для анализа результатов лабораторной работы и формулировки выводов:

1. Каким образом экспериментально можно определить оптическую силу и фокусное расстояние собирающей линзы?

2. При скольких положениях собирающей линзы можно, перемещая ее между предметом и экраном (при фиксированном расстоянии между предметом и экраном) получить на экране четкое действительное изображение предмета.

3. При каких условиях действительное изображение, получаемое с помощью собирающей линзы, является увеличенным?

4. Можно ли на экране получить изображение предмета с помощью рассеивающей линзы? Каким образом, используя систему из собирающей и рассеивающей линз, можно определить оптическую силу и фокусное расстояние рассеивающей линзы? Какова формула оптической силы системы линз, сложенных вплотную?

5. Во всех ли случаях (при любых ли оптических силах собирающей и рассеивающей линз) такая система линз даст на экране действительное изображение? В каком соотношении должны находиться модули оптических сил собирающей и рассеивающей линз, чтобы на экране система из этих линз давала действительное изображение предмета?

6. Какие линзы имеют положительную оптическую силу, какие – отрицательную? Подтвердили ли Ваш ответ результаты эксперимента.

7. Получено ли в результате расчетов выполнение равенства $\Gamma_1 = \Gamma_2$? Объясните причину в случае невыполнения.