

Н. Н. Галкин

Пособие по подбору очков

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 613.89:613.7/.9
ББК 51.204
Н11

Н11 **Н. Н. Галкин**
Пособие по подбору очков / Н. Н. Галкин – М.: Книга по Требованию, 2012. –
184 с.

ISBN 978-5-458-51125-4

Издание второе, исправленное и дополненное.

ISBN 978-5-458-51125-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Глава I. ОЧКОВАЯ ОПТИКА

Скорость распространения света в различных средах неодинакова. Быстрее всего свет распространяется в безвоздушном пространстве (скорость его равна приблизительно $300\,000\text{ км/сек.}$). Чем плотнее среда, тем медленнее в ней распространяются лучи света. В воздухе скорость света равна приблизительно скорости его в безвоздушном пространстве, в воде — около $225\,000\text{ км/сек.}$, в стекле — около $200\,000\text{ км/сек.}$

Свет в оптически однородной среде распространяется по прямым линиям; при переходе света из менее плотной среды в более плотную (или наоборот) луч света отклоняется от прямолинейного направления. Плотность среды характеризуется показателем преломления. Последний представляет собой отношение скорости света в безвоздушном пространстве (или в воздухе) к скорости света в данной среде, а так как скорость распространения света в любой среде медленнее, чем в безвоздушном пространстве, то показатель преломления всякой среды будет больше единицы. Для воды он равен $\frac{300\,000}{225\,000} = 1,3$; для стекла он равен $\frac{300\,000}{200\,000} = 1,5$,¹ для стекловидного тела глаза равен 1,336.

Отклонение луча света от прямолинейного направления, наступающее при переходе луча из среды с одним показателем преломления в среду с другим показателем, называется преломлением света.

Если к поверхности раздела между двумя средами h_1 и h_2 (рис. 1 и 2) в месте падения луча света A вос-

¹ В зависимости от химического состава стекла показатель преломления его колеблется от 1,464 до 1,608.

ставить перпендикуляр BAC , обозначить линией DA падающий луч и линией AE — луч преломленный, то угол α будет углом падения, а угол β — углом преломления:

Характер преломления света будет зависеть от разницы в показателях преломления. Если луч света вступает из среды с меньшим показателем преломле-

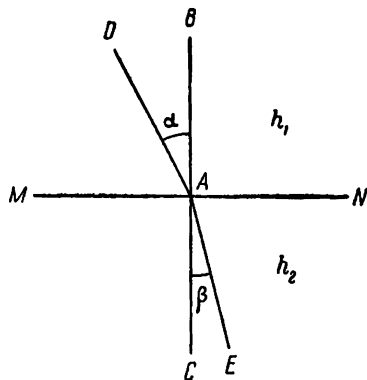


Рис. 1. Преломление луча света при переходе из среды с меньшим показателем преломления в среду с большим показателем преломления.

h_1 и h_2 — показатели преломления; DA — падающий луч; AE — преломленный луч; α — угол падения; β — угол преломления.

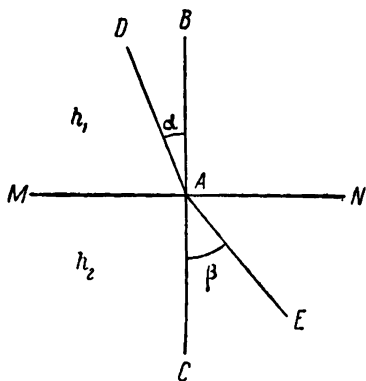


Рис. 2. Преломление луча света при переходе из среды с большим показателем преломления в среду с меньшим показателем преломления.

h_1 и h_2 — показатели преломления; DA — падающий луч; AE — преломленный луч; α — угол падения; β — угол преломления.

ния в среду с большим показателем, т. е. h_1 меньше h_2 , то угол преломления будет меньше угла падения и луч света приблизится к перпендикуляру BAC (рис. 1). При обратном отношении, когда луч света вступает из среды более плотной в менее плотную, т. е. h_1 больше h_2 , угол преломления будет больше угла падения и луч света отдалится от перпендикуляра BAC (рис. 2). В обоих случаях разница между углом падения и углом преломления тем больше, чем больше разница между показателями преломления сред, в которых свет распространяется.

Большое значение для преломления света, кроме разницы в показателях преломления сред, имеет форма пограничных поверхностей между обеими средами.

Если h_2 больше, чем h_1 , а поверхность раздела в одном случае будет плоская, а в другом сферическая (рис. 3), то во втором случае отклонение луча при переходе из одной среды в другую будет более резким, чем в первом, и угол преломления β будет меньше угла падения α . Зависимость между преломлением света и

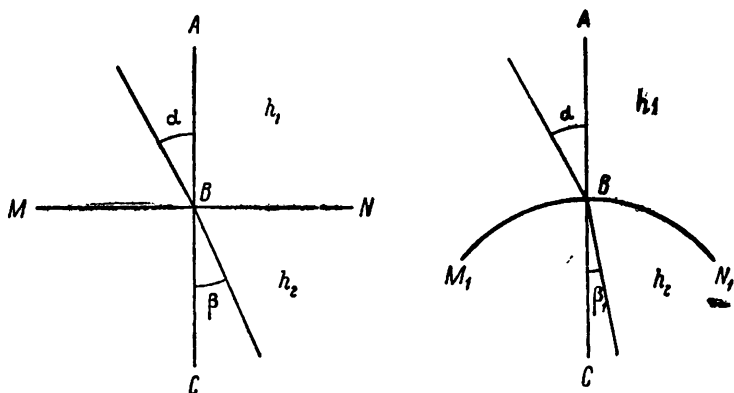


Рис. 3. Зависимость между преломлением света и кривизной преломляющей поверхности.

h_1 и h_2 — показатели преломления; MN — горизонтальная поверхность раздела; M_1N_1 — сферическая поверхность раздела; α — угол падения; β и β_1 — угол преломления.

кривизной преломляющей поверхности выражается в том, что преломление света усиливается по мере уменьшения радиуса кривизны преломляющей поверхности. Таким образом, преломление света тем больше, чем больше разница в показателях преломления сред, в которых свет распространяется, и чем меньше радиус кривизны преломляющей сферической поверхности.

Если луч света проходит через среду, ограниченную параллельными плоскостями, то направление выходящего луча параллельно направлению падающего луча (рис. 4). Если в точке D находится глаз, то точка A , находящаяся по ту сторону стеклянной пластинки, кажется передвинутой в сторону. Чем острее угол, под которым глаз смотрит через стекло, тем сильнее смещение точки, из которой выходит луч, но сам луч

обязательно имеет направление, параллельное падающему лучу.

Луч света, проходя через призму, преломляется по направлению к основанию призмы (при входе в призму он приближается к перпендикуляру, восставленному к точке падения луча, при выходе удаляется от перпендикуляра, восставленного к точке его выхода).

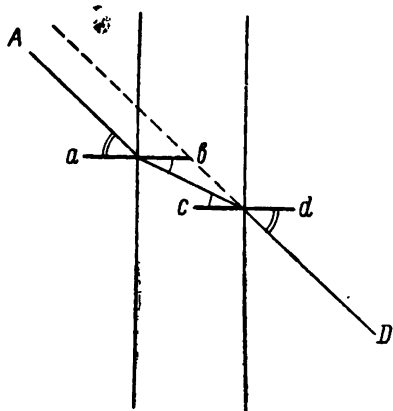


Рис. 4. Преломление света в средах, ограниченных параллельными плоскостями. Луч света, выходящий из точки A , после преломления в среде с параллельными плоскостями не изменяет своего направления.

Если глаз смотрит на какой-нибудь предмет через призму, то этот предмет кажется ему отклоненным к преломляющему углу

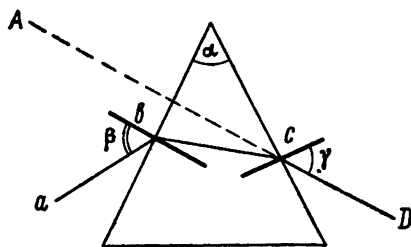


Рис. 5. Преломление света в призмах.

ab — луч падающий; cd — луч преломленный; α — угол преломления призмы; β — угол падения луча; γ — угол преломления луча.

призмы (рис. 5). Если глаз, находящийся в точке D , смотрит на предмет a , то он видит этот предмет смещенным в точку A .

Величина отклонения зависит от величины преломляющего угла призмы α , от величины угла падения β и показателя преломления среды, т. е. материала, из которого сделана призма.

Из двух последних рисунков и объяснительного текста к ним видно, что среды, ограниченные параллельными плоскостями оптически недействительны, они не изменяют направления проходящих через них лучей; только среды, имеющие строение призмы, преломляют проходящие через них лучи, отклоняя их в сторону основания призмы.

В физике считается, что оптическое действие сферических линз зависит от того, что они имеют скрытое строение призмы. Выпуклая линза как бы состоит из двух призм, соединенных вместе основаниями. Каж-

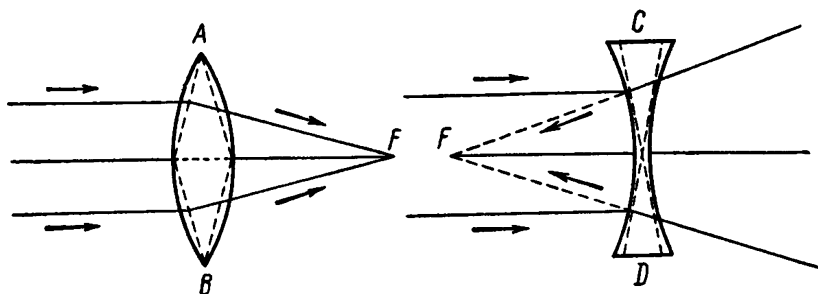


Рис. 6. Преломление лучей в сферических линзах.
AB — выпуклая сферическая линза; *CD* — вогнутая сферическая линза;
F — главный фокус.

дая призма будет преломлять падающие на нее лучи в сторону основания призмы, т. е. к оптической оси линзы, где и будут собираться в фокусе преломленные в линзе лучи. Вогнутая линза состоит из призм,

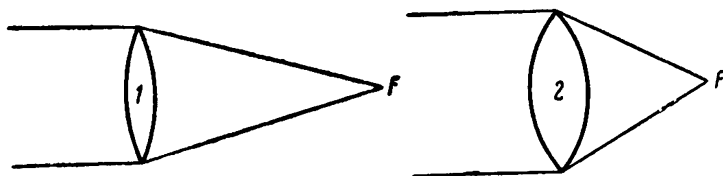


Рис. 7. Зависимость между преломлением света и длиной фокусного расстояния сферической линзы.
 Линза 1 с большим радиусом кривизны; линза 2 с меньшим радиусом кривизны;
F — главные фокусы.

соединенных вместе вершинами; каждая призма будет преломлять падающие на нее лучи в направлении к основанию призмы (рис. 6), получится рассеивающее действие линзы; лучи будут расходящимися.

Величина преломляющей силы может быть определена на основании измерения фокусного расстояния. Если мы возьмем две двояковыпуклые линзы, сделанные из стекла с одним и тем же показателем преломления, но с разной кривизной преломляющих поверхностей (рис. 7), то, на основании вышеизложенного,

линза, поверхность которой будет иметь меньший радиус кривизны, будет обладать большей преломляющей силой. Поэтому параллельные лучи после преломления во второй линзе (рис. 7) сильнее отклонятся от своего первоначального направления и соберутся в точке, расположенной ближе к линзе, т. е. эта линза будет иметь более короткое фокусное расстояние, чем линза первая. Параллельные лучи в первой линзе преломятся слабее и соберутся в точке, более далеко отстоящей от линзы. Отсюда видно, что между преломляющей силой линзы и длиной ее главного фокусного расстояния существует обратно пропорциональная зависимость, выражаемая следующей формулой:

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

где F обозначает длину главного фокусного расстояния, а D — преломляющую силу. Эту формулу следует читать так: преломляющая сила оптической системы обратно пропорциональна главному фокусному расстоянию.

Преломляющая сила измеряется в диоптриях. В качестве единицы измерения предложено стекло с фокусным расстоянием в 1 метр. Преломляющая сила такого стекла равна одной диоптрии, как это видно из следующего расчета:

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{1} = 1,0 \text{ D}.$$

Для линз с фокусным расстоянием в 0,5 м (50 см), 0,4 м (40 см), 0,25 м (25 см) и т. д. преломляющая сила будет соответственно равна 2,0 D; 2,5 D; 4,0 D и т. д. Для стекол с фокусным расстоянием в 2 м, 4 м преломляющая сила будет 0,5 D; 0,25 D. Следовательно, зная фокусное расстояние стекла, мы получаем его преломляющую силу в диоптриях; зная преломляющую силу стекла в диоптриях, легко находим его фокусное расстояние. В первом случае надо 1 разделить на линейную величину, соответствующую фокусному расстоянию, выраженному в метрах, во втором случае надо 1 разделить на число, выражающее преломляющую силу стекла в диоптриях.

Гульстранд расширил понятие о диоптрии, и, по

его предложению, диоптриями измеряют не только преломляющую силу оптических систем, но и конвергенцию падающих и преломленных лучей. Если на линзу $+2,0 D$ падают параллельные лучи, которые после преломления в линзе соберутся в главном фокусе на расстоянии $0,5\text{ м}$ от стекла, то степень конвергенции преломленных лучей будет также $2,0 D$. Если возьмем линзу $+4,0 D$, то параллельные лучи после преломления в этой линзе соберутся в главном фокусе уже на расстоянии в два раза короче, т. е. в $0,25\text{ м}$ от стекла. Конвергенция этих преломленных лучей будет в два раза сильнее, т. е. $4,0 D$. Степень конвергенции лучей и фокусное расстояние — величины обратно пропорциональные. Следовательно, под $1,0 D$ подразумевают не только величину, обратную фокусному расстоянию, но и величину степени конвергенции падающих и преломленных лучей.

Измерение главного фокусного расстояния, равно как измерение ряда других расстояний в оптической системе, производят от главных плоскостей системы. В каждой линзе, в каждой оптической системе имеются две главные плоскости, из которых одна — передняя, другая — задняя. Эти плоскости являются сопряженными и удовлетворяют следующим соотношениям: величина объекта в первой из них равна величине изображения во второй; при этом во второй главной плоскости получается прямое изображение. Главные плоскости перпендикулярны к главной оптической оси и пересекают ее в главных точках. Главная оптическая ось представляет собой прямую линию, проходящую через центры кривизны всех преломляющих сред системы.

Для примера возьмем симметричную двояковыпуклую линзу (равновыпуклые и равновогнутые сферические линзы называются симметричными линзами). В такой линзе обе главные плоскости проходят внутри линзы на равном расстоянии от поверхности стекла — первая ближе к объекту, вторая ближе к изображению (рис. 8). Переднее фокусное расстояние измеряется от передней главной плоскости, заднее — от задней главной плоскости.

Фокусное расстояние и, следовательно, преломля-

ющую силу оптических систем расценивают не только по величине, но и по знаку.

В оптике при всех вычислениях принято считать, что источник света находится слева и что все расстояния всегда исчисляются от оптической системы до

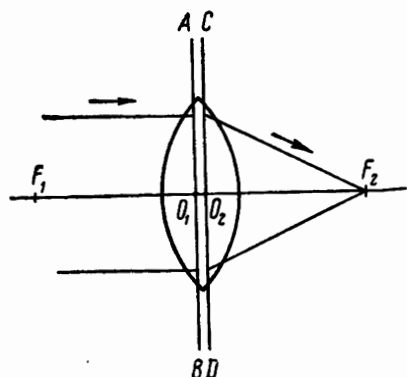


Рис. 8. Главные фокусы и главные плоскости в положительной симметричной линзе.

AB — передняя главная плоскость; CD — задняя главная плоскость; O₁ и O₂ — передняя и задняя главные точки; F₁ и F₂ — передний и задний главные фокусы.

светящейся точки или до объекта, причем установлено, что все расстояния, идущие по направлению падающего луча, т. е. слева направо, положительные, а расстояния, отсчитываемые в обратном направлении, — отрицательные.

Возьмем двояковыпуклое стекло. Параллельные лучи, идущие слева направо, после преломления в двояковыпуклом стекле собираются в заднем главном фокусе F₂ (рис. 8), за стеклом. Фокусное расстояние (O₂F₂) измеряется от задней главной плоскости до главного фокуса в направлении падающего луча света, т. е. слева направо, поэтому оно положительное, и преломляющая сила этой линзы будет величиной положительной:

$$D = \frac{1}{+F} = +\frac{1}{F}.$$

В двояковогнутой линзе параллельные лучи, идущие слева направо, после преломления в ней становятся расходящимися и кажутся исходящими из точки мнимого их пересечения F₂; эта точка называется задним главным фокусом, она расположена впереди стекла на той же стороне, откуда исходит свет; фокусное расстояние (O₂F₂) измеряется от задней главной плоскости до точки F₂ справа налево, против направления падающего луча света, поэтому оно отрицательное,

и преломляющая сила этой линзы будет величиной отрицательной.

$$D = \frac{1}{-F} = -\frac{1}{F}$$

При оценке знака конвергенции лучей поступают аналогичным образом: если точка конвергенции лежит вправо от линзы, то конвергенция будет положитель-

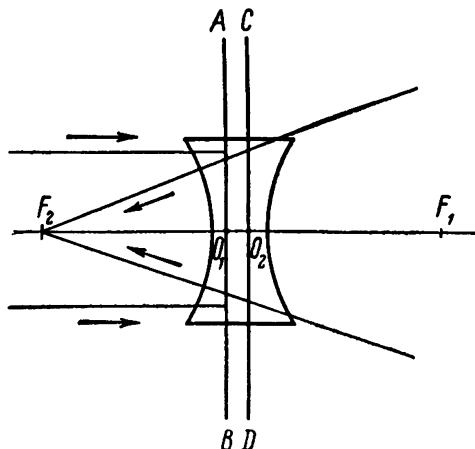


Рис. 9. Главные фокусы и главные плоскости в отрицательной симметричной линзе.

AB и *CD* — главные плоскости; *O*₁ и *O*₂ — передняя и задняя главные точки; *F*₁ и *F*₂ — главные фокусы.

ной (со знаком +), если влево, то отрицательной (со знаком —) (см. рис. 9).

Отсюда понятно, почему двояковыпуклые линзы обозначаются знаком плюс (+), а двояковогнутые — знаком минус (—).

В оптике допускается измерение преломляющей силы (рефракции) оптических систем не от главных точек, а от преломляющей поверхности; такая рефракция названа вершинной рефракцией в отличие от главной рефракции, которая измеряется от главных точек.

Для иллюстрации положения главных точек и раз-

ницы между главной и вершинной рефракциями в различных линзах на рис. 10 приведены соответствующие схемы.

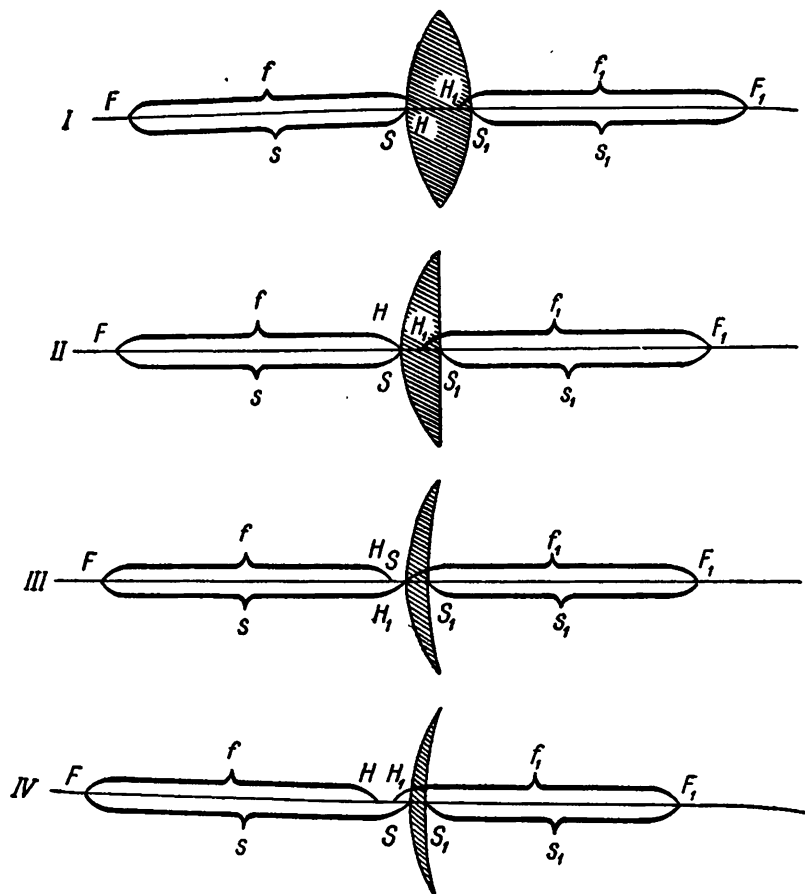


Рис. 10. Главные и вершинные рефракции (по Л. Г. Белляринову и А. И. Мерцу).

I — в двояковыпуклой линзе; *II* — в плоско-выпуклой линзе; *III* — в перископической линзе; *IV* — в мениске.

F и F_1 — главные фокусы; f и f_1 — главные фокусные расстояния; S и S_1 — передняя и задняя поверхности стекла в месте пересечения с оптической осью; s и s_1 — расстояния между поверхностью стекла и главным фокусом (вершинные расстояния); H и H_1 — главные точки.

При взгляде на рис. 10 бросается в глаза разница между главной и вершинной рефракциями в выпуклых, плоско-выпуклых и выпукло-вогнутых стеклах.