

А.И. Тудоровский

**Основания общей теории
оптических приборов**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
А11

А11 **А.И. Тудоровский**
Основания общей теории оптических приборов / А.И. Тудоровский – М.:
Книга по Требованию, 2021. – 342 с.

ISBN 978-5-458-57561-4

ISBN 978-5-458-57561-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

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 первозданном 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.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

- § 28. Ахроматическая призма. Вторичный спектр.... 95
§ 29. Спектральные призмы..... 98.

ГЛАВА VI. ПРЕЛОМЛЕНИЕ ЧЕРЕЗ СФЕРИЧЕСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ
И СИСТЕМЫ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.

- § 30. Тригонометрические формулы для расчета хода луча, преломляющегося через сферическую поверхность; правило знаков для углов и отрезков.....101
§ 31. Изображение точки гомоцентрическими лучами при преломлении через сферическую поверхность. Апланатические точки.....104
§ 32. Изображение точки при преломлении через сферическую поверхность в общем случае. Параксимальные лучи; "нулевой" инвариант Аббе.....107
§ 33. Изображение точек пространства при преломлении тонких пучков через сферическую поверхность. Формула Лагранжа-Гельмгольца.....110
§ 34. Система центрированных сферических поверхностей. Определение положений всех последовательных изображений точки на оси этой системы.....113
§ 35. Примеры применения формул: а) сферические линзы малой толщины; б) сферические зеркала; в) двояковыпуклая сферическая линза конечной толщины.....117
§ 36. Тригонометрический расчет хода лучей в центрированной оптической системе; формулы, схема расчета и примеры.....119.

ГЛАВА VII. ТЕОРИЯ ИДЕАЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
(ОПТИКА ГАУССА).

- § 37. Коллинеарное изображение и идеальная оптиче-

ская система. Ось симметрии системы.....	128
§ 38. Линейное или поперечное увеличение.....	131
§ 39. Главные точки и главные плоскости центрированной оптической системы; (главные) фокусные расстояния.....	132
§ 40. Построение изображений, даваемых оптической системой.....	135
§ 41. Определение положения сопряженных точек на оси относительно (главных) фокусов; линейное увеличение.....	137
§ 42. Определение положения сопряженных точек на оптической оси по отношению к главным точкам.	138
§ 43. Теорема Лагранжа-Гельмгольца и отношение (главных) фокусных расстояний системы.....	138
§ 44. Угловое и продольное увеличение; связь их с линейным увеличением.....	141
§ 45. Линейное, продольное и угловое увеличения в некоторых особых плоскостях: фокальных, главных и узловых.....	143
§ 46. Оптическая сила системы; схолиность лучей. Диоптрия.....	148
§ 47. Соединение двух оптических систем в одну систему с общей осью симметрии.....	150
§ 48. Телескопические или афокальные системы.....	155
§ 49. Линзы конечной толщины.....	159
§ 50. Главные точки сложных оптических систем. Примеры.....	167

ГЛАВА УШ. ОГРАНИЧЕНИЕ ПУЧКОВ В ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.

§ 51. Диафрагмы оптических систем и их значение....	173
---	-----

§ 52. Действующая диафрагма. Входной и выходной зрачки системы. Главные лучи.....	174
§ 53. Диафрагма поля зрения. Входные и выходные окна системы (лучи).....	177
§ 54. Действующие диафрагмы и диафрагмы поля зрения в некоторых частных случаях.....	182
§ 55. Изображение пространства на плоскости; значение главных лучей и центров входного и выходного зрачков.....	190
§ 56. Масштаб изображения в картинной плоско- сти; условие эрtosкопии.....	192
§ 57. Пространственные представления при рассмот- рении плоских изображений; изменение пер- спективы. Увеличение телескопических систем	194
§ 58. Нерезкость изображения пространства на плоскости; глубина изображаемого простран- ства.....	199
§ 59. Световой поток чрез оптическую систему с входным зрачком конечных размеров. Яр- кость изображения.....	206
§ 60. Освещенность изображения. Апертура вход- ного и выходного зрачков.....	210
§ 61. Суб"ективная яркость изображенной в нево- оруженном глазу.....	214
§ 62. Суб"ективная яркость в случае вооруженного глаза.....	216

ГЛАВА IX. ПОГРЕШНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

§ 63. Сферическая абберация в точках на оси, про- дольная и поперечная; графическое изображе- ние ее и аналитические формулы.....	221
---	-----

§ 64. Сферическая абберрация в некоторых частных случаях.....	227
§ 65. Кривизна наименьшего рассеяния и плоскость изображения в случае системы, обладающей сферической абберрацией.....	232
§ 66. Изображение элемента плоскости, перпендикулярной оси системы, широкими пучками лучей. Условие синусов. Апланатические точки.....	235
§ 67. Условие синусов для бесконечно удаленной точки.....	240
§ 68. Условие синусов для систем с остаточной сферической абберрацией.....	242
§ 69. Условие Гершеля, при котором две пары бесконечно близких точек на оси системы имеют безабберрационные изображения. Невозможность существования двух пар апланатических точек.....	245
§ 70. Способ Аббе для испытания об"ективов в отношении выполнения условия синусов.....	247
§ 71. Преломление элементарных пучков чрез сферическую поверхность в случае конечных углов падения. Меридиональное и сагиттальное сечения этих пучков; астигматизм.....	250
§ 72. Изображение точек, удаленных от оптической оси системы, посредством тонких пучков лучей. Графическое изображение астигматизма пучков. Кривизна изображения плоскости.....	253.
§ 73. Дисторсия изображений; частные случаи фотографического об"ектива и телескопической системы.....	260
§ 74. Координаты точек, определяющих положение энемеридионального луча до и после преломления.....	267
§ 75. Абберрация комы широких наклонных к оси пучков. Меридиональная кома; фигура рассе-	

	яния в плоскости изображения.....	стр. 270
§ 76.	Формулы Зейделя для вычисления меридиональной и сагиттальной слагающих аберраций вне-меридионального луча.....	278.

ГЛАВА X. ХРОМАТИЗМ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

§ 77.	Хроматическая аберрация положения изображения (I-я хроматическая погрешность).....	286
§ 78.	Хроматическая разность увеличений или хроматизм фокусных расстояний.....	293
§ 79.	Выбор лучей при исправлении хроматизма оптической системы в различных случаях.....	296
§ 80.	Вторичный спектр. Апохроматические системы.	298
§ 81.	Хроматическая разность аберраций оптической системы.....	301

ГЛАВА XI. О РАСЧЕТЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

§ 82.	Общие замечания о расчетах оптических систем.....	305
§ 83.	Расчет двудлинного склеенного объектива...	309

ГЛАВА XII. СВЯЗЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ФИЗИЧЕСКОЙ ОПТИКОЙ.

§ 84.	Изображение светящейся точки; дифракционные кружки рассеяния.....	316
§ 85.	Разрешающая сила оптической системы и качество изображения.....	322
§ 86.	Поверхность волны в случае сферической аберрации; связь между сферической аберрацией и	

- УШ -

стр.

разности хода лучей, параксимальных и краевых.. 327

-+*0000000+*-

ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ.

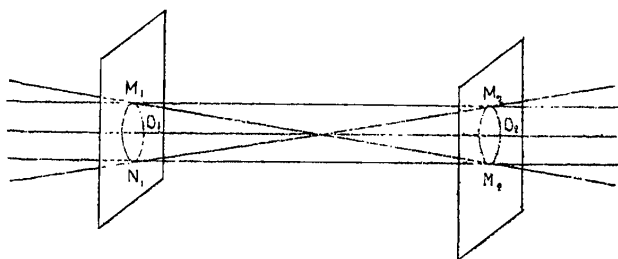
1. ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА.

КА. Теория оптических приборов основана главным образом на положениях геометрической оптики; однако, отдельные вопросы этой теории могут быть правильно поняты и решены лишь при помощи физической оптики. В отличие от физической оптики геометрическая оптика рассматривает оптические явления с точки зрения геометрических условий образования изображений; вопросы о передаче лучистой энергии и все те явления, для полного описания которых необходимо пользоваться теорией распространения колебательного движения, не входят в область геометрической оптики. Такое ограничение области изучения приводит к большой простоте основных положений; тем не менее очень значительная часть теории оптических приборов может быть построена на основании положений геометрической оптики и притом с большим успехом, так как основанные на этой теории конструкции оптических приборов обладают очень часто весьма совершенными качествами. Поэтому, хотя положения геометрической оптики являются лишь первым приближением к наблюдаемым в действительности сложным световым явлениям, но изучение этого отдела оптики дает твердые основания для понимания устройства и действия оптических приборов.

2. СВЕТЯЩАЯСЯ ТОЧКА И СВЕТОВОЙ ЛУЧ. Основное понятие, с которым имеет дело геометрическая оптика, - понятие о светящейся точке - не совпадает с тем, что понимается под этим термином в физической оптике. С физической точки зрения светящаяся точка есть испускающее лучистую энергию

тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с теми расстояниями, на которых изучается действие излучаемой этим телом энергии; так например для земного наблюдателя неподвижные звезды, размеры которых превосходят размеры солнечной системы, являются тем не менее точками. В геометрической оптике такой малый источник излучения рассматривается, как геометрическая точка, не имеющая размеров и объема; если такая точка является источником лучистой энергии, то объемная плотность энергии в этой точке должна быть бесконечно большой, что физически невозможно.

Если в пространстве, окружающем источник света, поместить две малые диафрагмы (пластинки с круглыми отверстиями) (черт. I), то, очевидно, никакая часть световой энергии, проникающей последовательно оба отверстия диафрагм, не выйдет за пределы линейчатой поверхности, построенной на контурах отверстий M_1, N_1 и M_2, N_2 . Часть пространства, ограниченную этой поверхностью, можно назвать световой трубкой; если эта трубка имеет очень малые по сравнению с длиной поперечные размеры, то такая трубка может быть названа ФИЗИЧЕСКИМ СЕТОВЫМ ЛУЧЕМ. В геометрической оптике световым лучем называется ось O_1, O_2 такой световой трубки, т.е. под лучем разумеется геометрическая линия — протяженность одного измерения; если считать, что вдоль такого луча распространяется лучистая энергия, то объемная плотность этой энергии окажется бесконечно большой, т.е. световой луч геометрической оптики в действительности существовать не может.



черт. I.

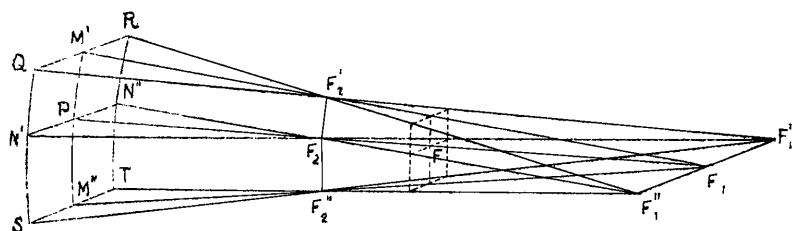
При описании явлений распространения лучистой энергии из какого-нибудь источника ее физическая оптика пользуется понятием о **ПОВЕРХНОСТИ ВОЛНЫ**; так называется геометрическое место точек, до которых доходят в данный момент колебания из какого-нибудь центра, или иначе поверхность, все точки которой обладают одинаковыми фазами колебаний. Лучистая энергия распространяется в пространстве по различным направлениям, совпадающим с направлениями нормалей к поверхности волны в каждой ее точке; направления этих нормалей совпадают с направлениями световых лучей геометрической оптики, чем и устанавливается связь между обоими способами рассмотрения явлений и соответствие между ними.

§3. ГОМОЦЕНТРИЧЕСКИЙ И АСТИГМАТИЧЕСКИЙ ПУЧКИ ЛУЧЕЙ.

ИЗОБРАЖЕНИЕ ТОЧКИ. Если поверхность волны - сфера, то все нормали к ней, а следовательно, и все лучи в этом случае, сойдутся в одной точке, а именно в центре сферы; пучок таких лучей называется **ГОМОЦЕНТРИЧЕСКИМ**; точка схождения [или расхождения] гомоцентрических лучей называется изображением какой-то точки, даваемой гомоцентрическими лучами; в частном случае эта точка может совпадать с источником - со светящейся точкой. Если гомоцентрические лучи действительно пересекаются в их геометрическом центре, то эта точка называется **ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ** изображением или **ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ** точкой; если в действительности лучи не проходят через эту точку, а в ней пересекаются лишь геометрические продолжения лучей - геометрические линии, то такая точка называется **МНИМОЙ** точкой или **МНИМЫМ** изображением. Действительное изображение может быть принято на экран или на фотографическую пластинку, мнимое не может быть получено на экране, но воспринимается глазом, как действительная светящаяся точка.

В большинстве случаев оптические системы деформируют проходящие через них сферические волны. Из геометрии (гео-

рия поверхностей; дифференциальная геометрия¹⁾ известно, что в общем случае поверхности какого угодно вида кривые, получаемые на поверхности пересечением ее с нормальными плоскостями, имеют различные радиусы кривизны; существуют две взаимно перпендикулярные нормальные плоскости такие, что радиусы кривизны соответственных кривых на поверхности имеют наибольшее и наименьшее значение. На черт. 2 фигура



Черт. 2.

$pTRQ$ представляет часть поверхности волны, в центре которой проведена нормаль PF ; нормальное сечение $N'N''$ имеет центр кривизны в точке F_2 и наименьший радиус кривизны PF_2 ; такое же сечение MM'' имеет центр кривизны в F_1 и радиус кривизны PF_1 . Нормали в двух бесконечно близких точках N' и N'' лежат в той же нормальной плоскости и пересекаются в той же точке F_2 . Если построить центры кривизны всех бесконечно близких сечений с наименьшим радиусом кривизны, т.е. сечений, проходящих через нормали в точках отрезка кривой $M'PM''$, то все эти центры расположатся вдоль элемента некоторой линии $F_2'F_2F_2''$. Все перпендикулярные первым нормальные сечения, например, проходящие через отрезки кривых SQ , MM'' и RT , имеют наибольшие радиусы кривизны, и их центры кривизны расположатся по отрезку линии $F_1'F_1F_1''$. Таким образом все нормали во всех точках элемента поверхности $S'TRQ$ пройдут через элемент линии $F_2'F_2F_2''$, далее разойдутся, пролиная в точке F квадрат, и снова пройдут через линию $F_1'F_1F_1''$. Как уже было сказано, пучек нормалей к элементу поверхности волны с точки зрения геометриче-