

**Д. Грегг**

**Опыты со зрением в школе и  
дома**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 82-053.2  
ББК 74.27  
Д11

Д11 **Д. Грегг**  
Опыты со зрением в школе и дома / Д. Грегг – М.: Книга по Требованию, 2021. – 197 с.

**ISBN 978-5-458-27772-3**

Прочитав книгу Дж. Грегга, любой человек сможет понять, как устроен глаз человека, узнать основные феномены зрительного восприятия, познакомиться с теми особенностями зрения, которые известны лишь специалистам. Вторая часть книги разделена на 39 небольших глав, в каждой из них дано описание эксперимента, демонстрирующего какой-либо феномен зрения или свойство глаза. Книга представляет интерес для всех любознательных, независимо от возраста и профессии.

**ISBN 978-5-458-27772-3**

© 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 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.



Серия Книжный Ренессанс

[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



# ЧАСТЬ I

## ВВЕДЕНИЕ

---

### КОЕ-ЧТО О СВЕТЕ

Вы гораздо лучше воспримете учение о зрении, если ближе познакомитесь со светом и узнаете, как на него влияют линзы. Внимательно прочтите эту маленькую главу, прежде чем начнете экспериментировать.

Свет несет в себе энергию; это значит — он способен совершать работу. Он может, например, нагревать тела и вызывать химические реакции. В глазу свет так воздействует на определенные химические вещества (зрительные пигменты), что в результате высвобождаются порции особой энергии, называемые *нервными импульсами*. По зрительному нерву эти импульсы идут от глаза к мозгу.

Поток света состоит из мельчайших частиц (фотонов), движущихся с огромной скоростью, причем частицы, несущие разную энергию, движутся с различными интервалами — имеют разную *длину волны*. Белый свет, излучаемый любым источником — Солнцем или простой лампочкой накаливания, — движется со скоростью около 300 000 километров в секунду. Это значит, что за время скачка секундной стрелки на одно деление свет успевает более чем семь раз оббежать вокруг Земли. Такова скорость света в воздухе. Прозрачные вещества плотнее воздуха (стекло, вода) замедляют свет. В стекле свет движется лишь со скоростью около 200 000 километров в секунду.

Свойство стекла замедлять свет обуславливает и изменение направления движения света в стекле. Луч света, падающий на поверхность стекла под некоторым углом к ней, меняет свое направление, когда он входит в стекло, так как здесь скорость света умень-

шается. Выходя из стекла, луч снова меняет направление, скорость света опять возрастает.

На схеме 1 показано, как стеклянная пластина с параллельными поверхностями смещает луч света. Падающий на нее луч  $X$  отклоняется в пластине к нормали  $N_1N_2$ , то есть к линии, перпендикулярной поверхности пластины. Выходя из стекла, луч снова отклоняется на такой же угол, но на этот раз от нормали  $N_3N_4$ . Линия  $XX_1$  параллельна линии выходящего луча  $Y_1Y_2$ : луч сместился, но направление его осталось прежним.

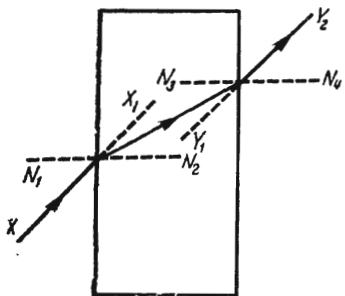
Поверхности призмы преломляют, как плоские стеклянные поверхности, но расположены они не параллельно друг другу, а под углом. Падающий луч отклоняется в призме к нормали  $N_1N_2$  на некоторый угол, поскольку в стекле скорость света уменьшается; луч, выходящий из призмы, отклоняется от нормали  $N_3N_4$  на такой же угол, но эти нормали не параллельны друг другу; в результате призма меняет направление проходящих через нее лучей.

С любым лучом, проходящим через линзу, происходит то же, что и с лучом, проходящим через призму, — направление его меняется. Направление выходящего луча зависит от угла, под которым луч вошел в линзу и вышел из нее. Особенность линз состоит в том, что поверхности у них кривые, и потому каждый луч входит в линзу и выходит из нее не совсем под тем же углом, что соседний, то есть преломляется не так, как остальные.

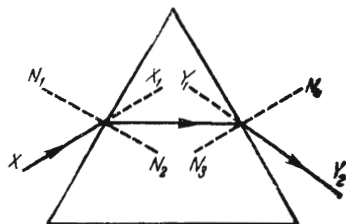
Нарисуйте собирающую и рассеивающую линзы. Проверьте, хорошо ли вы разобрались в том, как собирающая линза фокусирует свет, и поняли ли, как рассеивающая линза развертывает пучок света (кажется, будто лучи, составляющие его, выходят из одной фокусной точки).

Насколько меняет стекло направление света, зависит, во-первых, от угла падения луча на поверхность стекла и, во-вторых, от плотности стекла. Меняя эти параметры, можно изменить направление лучей света, выходящих из стекла, а значит, свет можно *фокусировать*.

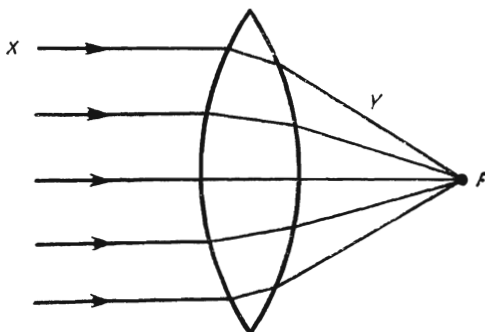
Рассмотрите внимательно обыкновенную лупу. Это самая простая из линз. Обычно изогнуты обе ее по-



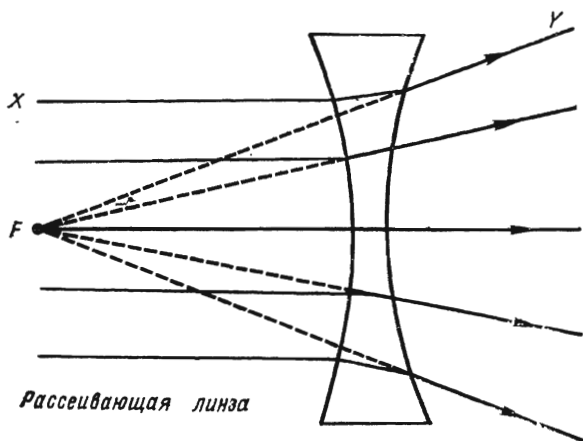
Стеклянная  
пластина



Призма



Собирающая линза



Рассеивающая линза

Схема I.

верхности. На изогнутую поверхность параллельные лучи света падают не под прямым углом<sup>1</sup>. Обратите внимание, что в центре лупа толще, чем по краям. Это *собирательная* линза. Выходящие из нее лучи собираются в пучок, *конвергируют*. О лупе говорят, что она собирает лучи в фокус. Любая линза с таким действием (ее называют также выпуклой) увеличивает рассматриваемые сквозь нее предметы.

Линза, тонкая в центре и утолщающаяся к краям, называется *рассеивающей*. Выходящие из нее лучи расходятся, *дивергируют*. Линзы с таким действием называют еще *вогнутыми*. Рассматриваемые сквозь нее предметы кажутся уменьшенными.

Существует третий тип линз, к которому название «линзы», строго говоря, неприменимо, потому что их поверхности не изогнуты — лучи света, выходящие из них, не конвергируют и не дивергируют, а лишь меняют направление. Это *призмы*.

Призма — брусок стекла в форме клина. Лучи света, падающие под углом к одной из поверхностей призмы, не фокусируются, а отклоняются в одном направлении. Но, так как не все частицы света движутся с одинаковой скоростью, они отклоняются по-разному: красный свет отклоняется меньше всего, голубой — больше всего. Призма разделяет белый свет на составляющие, каждая из которых имеет иную длину волны, свой цвет. Этим же свойством в малой степени обладают почти все линзы. Свет замедляется в стекле тем сильнее, чем меньше длина его волны. Именно поэтому красный свет отклоняется призмой меньше, чем, например, голубой.

Это основные типы прозрачных стекол, преломляющих свет. Сложные оптические системы, включая оптику глаза, представляют собой различные комбинации трех простых типов линз. Очки, телескопы, фотоаппараты, оптические следящие системы используют те же три типа линз.

Можно измерить *силу* каждой линзы; чем больше меняет линза схождение лучей света, тем она сильнее.

---

<sup>1</sup> Кроме луча, проходящего точно через центр лупы и через середины обеих поверхностей; этот луч не меняет направления. — *Здесь и далее прим. перев.*

Единицей измерения является *диоптрия*. Эта единица относится к той же системе мер, что килограмм, метр, минута. Так, линза, собирающая параллельные лучи света в точку (фокус) на расстоянии метра от ее поверхности, имеет силу в +1 диоптрию.

Свет излучают различные источники, например Солнце. Страница книги, которую вы читаете, не излучает собственного света, тем не менее вы видите буквы, напечатанные на ней. Как это происходит? Очень немногие из окружающих нас вещей испускают собственный свет. Все остальные мы видим в отраженном свете. Большинство предметов способно отражать свет. Одни отражают света больше, другие — меньше. Очень сильно отражают свет блестящие предметы, очень слабо — тусклые. Количество отраженного света зависит от структуры поверхности предмета. Чем больше света отражает поверхность, тем более ярким кажется предмет.

Огромное значение имеет также направление света, падающего на глаз. По этому направлению мы судим о том, где находится предмет, отражающий свет. Собирательные и рассеивающие линзы не меняют направления, в котором мы видим предметы, а призмы меняют.

Для работы глаза важны три вещи: количество света, длина его волны, направление света. Помните, что основная масса видимого света попадает в глаз, предварительно отразившись от различных предметов. На этой основе наши глаза извлекают в процессе зрения огромное число сведений об окружающем нас мире.

#### МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОПЫТОВ

Главное в опыте — его принцип, а не оборудование. Все наши занятия рассчитаны на использование минимального количества аппаратуры. Вы должны проявить свою изобретательность скорее в наблюдениях, иллюстрирующих работу механизма зрения, чем в построении схем и различных приспособлений.

Но прежде необходимо одно предостережение. Даже если вы можете проверить какую-либо функцию глаза с помощью дырочки, проделанной булавкой в куске картона, это вовсе не означает, что исследуемая

функция совсем простая. Ваш подлинный рабочий прибор — человеческий глаз, и работа, которую этот прибор выполняет, поистине чудесна.

Не следует думать, однако, что несложное оборудование для опытов может быть приготовлено наспех. Напротив, готовьте его с величайшим тщанием, со всей точностью и аккуратностью, на которые вы способны.

Инструкции по подготовке аппаратуры довольно лаконичны. Рассмотрите внимательно иллюстрацию и затем решайте, как вы будете ставить опыт. В большинстве случаев его можно осуществить разными способами. Помните, главное — принцип планируемого опыта. Но, если вы готовите экспонат для выставки, добейтесь того, чтобы аппаратура не только безупречно работала, но и была хорошо оформлена.

Лишь немногие детали, которые вам понадобятся, придется искать специально. Для нескольких опытов необходима большая лупа, почти во всех опытах необходим хороший источник света — карманный или проекционный фонарь, а в опытах с цветом понадобятся два или три таких источника<sup>1</sup>. Для двух-трех опытов будет полезен электромоторчик.

Некоторые эксперименты совсем просты, другие — много сложнее. Порядок их изложения не случаен, и лучше выполнять их последовательно. Однако лишь немногие опыты находятся в прямой зависимости от предыдущих.

Задачи наших опытов не ограничены строго, так как главное их назначение — возбудить интерес к исследовательской работе. Остальное — ваше дело. В некоторых случаях указаны пути дальнейшего самостоятельного изучения проблемы.

Ваш школьный учитель будет, конечно, хорошим советчиком. По всей вероятности, вы сможете консультироваться у специалиста по физиологической оптике, то есть по той науке, к которой непосредственно отно-

---

<sup>1</sup> Обычные карманные фонари не могут быть использованы для опытов со зрением, так как они не дают хорошего пучка света. Для всех опытов применяйте диапроекторы и фильмоскопы. Помните только, что объекты, диафрагмы и т. п. нужно помещать не перед объективом, а на место, предназначенное для диапозитива или пленки.

сятся наши опыты. Этот специалист знаком со всеми явлениями, описываемыми в книге. У него есть линзы, фильтры, стереоскопы и книги по этому предмету, которые не так просто разыскать в обычных библиотеках.

## СТРОЕНИЕ ГЛАЗА

Чтобы правильно толковать результаты исследований и верно оценивать их значение, добросовестный исследователь, прежде чем приступить к опытам, тщательно изучает прибор, с которым он будет работать. Подобное знакомство позволяет избежать ошибок, возникающих из-за погрешностей самого прибора.

Прибор, с которым вы собираетесь работать, — глаз человека. Вам следует знать, из каких деталей он состоит, чтобы понять, как он работает. Вы лучше выполните опыты и получите больше удовольствия, если сначала внимательно прочтете эту главу.

Встаньте чуть сбоку от партнера, чей глаз вы будете рассматривать (расстояние от вашего глаза до рассматриваемого — примерно 15 сантиметров). Очень хорошо, если вы найдете большую лупу — это поможет увидеть больше деталей. Помните, что вы собираетесь изучать зрение и вам необходимо узнать его сложный аппарат.

Форма глазного яблока слегка яйцеобразна<sup>1</sup>; его диаметр около 24 миллиметров. Белая часть глазного яблока — *склера*. Это плотная наружная оболочка глаза, защищающая его и придающая ему постоянную форму. Она как крышка футбольного мяча, и назначение ее такое же<sup>2</sup>.

Передняя часть глазного яблока состоит из прозрачной, слегка выпуклой ткани. Это *роговица*. Она соединена со склерой, но кривизна ее несколько больше. Если рассматривать глаз сбоку, это видно лучше, чем если смотреть спереди.

---

<sup>1</sup> Глаз практически шаровиден: его поперечный диаметр в среднем равен 23,5 миллиметра, продольный — 24 и вертикальный — 23 миллиграм.

<sup>2</sup> Склера защищает внутренние ткани глаза, и именно поэтому сравнение ее с крышкой пустотелого мяча неудачно.

Роговица совершенно прозрачна: свет легко проходит сквозь нее. Она действует как лупа, и очень сильная — первая живая линза глаза. Роговица обеспечивает около 75% фокусирующей способности глаза. Лучи света, падающие на глаз, например те, что отражены от книжной страницы, входя в глаз, преломляются роговицей. Это значит, что роговица собирает лучи света, входящие в глаз.

Цветная подвижная ткань, которую вы видите за роговицей, — *радужка*. Она бывает коричневой, голубоватой, серой и разных оттенков названных цветов (глаза карие, светло-карие, голубые, серые и др.). Рассмотрите ее поближе. Это красивейшая ткань сложной структуры, состоящая из множества тонких нитей и волокон, с замысловатым цветовым узором.

Круглое отверстие в центре радужки — *зрачок*. Это, собственно, просто дырка — сквозь нее свет проходит внутрь глаза.

Радужка содержит пучки мышц, которые способны удлиняться и укорачиваться. Когда кольцевые волокна, окружающие зрачок, сокращаются, зрачок суживается и в глаз проникает меньше света, а когда сокращаются радиальные мышечные волокна, зрачок расширяется и света в глаз попадает больше.

Радужка и зрачок регулируют количество света, проникающего в глаз. Этот механизм работает очень эффективно. Он автоматически реагирует на изменения количества света; считается, что управляют этим механизмом сигналы, посылаемые световоспринимающими клетками глаза.

Радужка представляет собой плоскую поверхность, роговица же выгнута вперед, так что между ними есть пространство; это пространство называют *передней камерой*.

Вряд ли вы хоть на мгновение подумали, что это пространство ничем не заполнено, и правильно. Передняя камера заполнена жидкостью, которой вы не видите просто потому, что она прозрачна; это *водянистая влага*, вырабатываемая в самом глазу. Не будь она прозрачной, свет не прошел бы к зрачку. Как и кровь, эта влага переносит питательные вещества, но в отличие от крови лишена клеток. Она постоянно отте-

кает из передней камеры через проток — *шлеммов канал*.

Когда вы смотрите в зрачок другого человека, ваш взгляд падает на поверхность второй живой линзы, называемой *хрусталиком*. Вы не видите хрусталика — он также прозрачен. Внутренность глаза почти не отражает света наружу, поэтому зрачок кажется черным и лежащий за ним прозрачный хрусталик не виден.

Хрусталик — столь же подлинная линза, как и те, что сделаны из стекла или прозрачной пластмассы. Его сила составляет около 25% всей светопреломляющей способности оптической системы глаза<sup>1</sup>. Замечательно свойство хрусталика автоматически менять свою преломляющую силу — в результате изображение предмета на дне глаза (на сетчатке) остается четким, когда этот предмет приближается или удаляется по отношению к глазу наблюдателя. Как только изображение на сетчатке становится расплывчатым, возбуждается некий механизм, заставляющий хрусталик изменить форму таким образом, что изображение снова становится четким.

Посмотрите снова на живой глаз, взгляните глубоко в зрачок — помните, вы смотрите в хрусталик глаза. Теперь взгляните на схему 2. Найдите склеру, роговицу, переднюю камеру, радужку, зрачок, хрусталик. Мысленно отметьте эти элементы на живом глазу. На схеме глаз показан так, как будто он разрезан вдоль глазной щели через середину роговицы и вы смотрите сверху на нижнюю половину правого глаза. Разберитесь во всем и хорошо запомните устройство этого замечательного прибора.

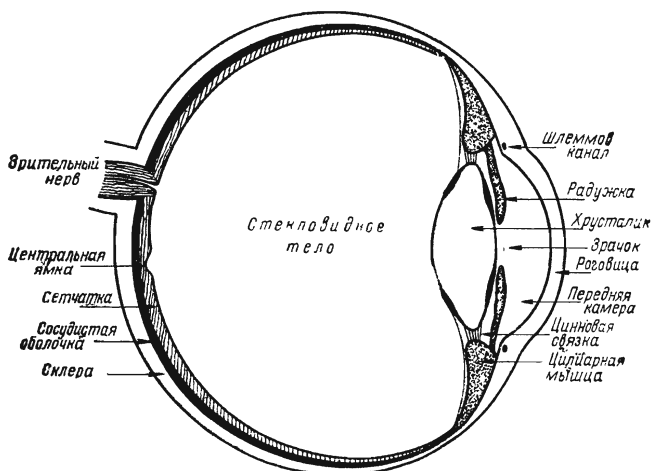
На схеме глаз много больше, чем в действительности.

На самом деле толщина хрусталика около 6 миллиметров, а поперечник его примерно 11 миллиметров. Хрусталик управляется *цилиарной мышцей* и прикреп-

---

<sup>1</sup> Эта система состоит из двух живых линз — роговицы и хрусталика (разделенных передней камерой), — из диафрагмы (то есть радужки, с отверстием в ней — зрачком) и стекловидного тела.

лен к ней особой *цинновой связкой*. При напряжении или расслаблении мышцы хрусталик становится либо менее, либо более выпуклым, и таким образом меняется фокусировка глаза; этот процесс, конечно, далеко не так прост, как он здесь описан. Цилиарная мышца



С х е м а . 2. Горизонтальный разрез глазного яблока.

работает весь день. Это не значит, что она не утомляется. Напротив, во многих случаях людям надо носить очки именно потому, что цилиарной мышце нелегко поддерживать нужную фокусировку хрусталика.

За хрусталиком — большое пространство, заполненное прозрачной студенистой массой, называемой *стекловидным телом*. Стекловидное тело поддерживает постоянство формы глаза; без него глаз спался бы, как мяч, из которого выпустили воздух. Задняя поверхность стекловидного тела плотно соприкасается с сетчаткой глаза.

*Сетчатка*, вероятно, самая замечательная ткань в организме человека. По размеру и толщине ее можно сравнить с почтовой маркой, но в ней отчетливо различимы десять слоев, каждый из которых играет особую роль. Сетчатка связана непосредственно с мозгом; фактически это ткань мозга, специально приспособленная к переработке энергии света и вынесенная туда, где свет может достичь ее.