

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

Институт оптики и оптических технологий

Кафедра наносистем и оптотехники

КУРС ЛЕКЦИЙ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОСНОВЫ ОПТОМЕТРИИ

Новосибирск
СГГА

1. ОСНОВЫ ОПТОМЕТРИИ

1.1. Основные законы геометрической оптики

Основные законы геометрической оптики были известны задолго до установления физической природы света.

Закон прямолинейного распространения света: в оптически однородной среде свет распространяется прямолинейно. Опытным доказательством этого закона могут служить резкие тени, отбрасываемые непрозрачными телами при освещении светом источника достаточно малых размеров («точечный источник»). Другим доказательством может служить известный опыт по прохождению света далекого источника сквозь небольшое отверстие, в результате чего образуется узкий световой пучок. Этот опыт приводит к представлению о световом луче как о геометрической линии, вдоль которой распространяется свет. Следует отметить, что закон прямолинейного распространения света нарушается и понятие светового луча утрачивает смысл, если свет проходит через малые отверстия, размеры которых сравнимы с длиной волны. Таким образом, геометрическая оптика, опирающаяся на представление о световых лучах, есть предельный случай волновой оптики при $\lambda \rightarrow 0$. Границы применимости геометрической оптики будут рассмотрены в разделе о дифракции света.

На границе раздела двух прозрачных сред свет может частично отразиться так, что часть световой энергии будет распространяться после отражения по новому направлению, а часть пройдет через границу и продолжит распространяться во второй среде.

Закон отражения света: падающий и отраженный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости (*плоскость падения*). Угол отражения γ равен углу падения α .

Закон преломления света: падающий и преломленный лучи, а также перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости. Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β есть величина, постоянная для двух данных сред: $\sin \alpha / \sin \beta = n$.

Закон преломления был экспериментально установлен голландским ученым В. Снеллиусом в 1621 г.

Постоянную величину n называют **относительным показателем преломления** второй среды относительно первой. Показатель преломления среды относительно вакуума называют **абсолютным показателем преломления**.

Относительный показатель преломления двух сред равен отношению их абсолютных показателей преломления:

$$n = n_2 / n_1.$$

Законы отражения и преломления находят объяснение в волновой физике. Согласно волновым представлениям, преломление является следствием

изменения скорости распространения волн при переходе из одной среды в другую. Физический смысл показателя преломления – это отношение скорости распространения волн в первой среде v_1 к скорости их распространения во второй среде v_2 :

$$n = \frac{v_1}{v_2}$$

Абсолютный показатель преломления равен отношению скорости света c в вакууме к скорости света v в среде:

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

Рисунок 1 иллюстрирует законы отражения и преломления света.

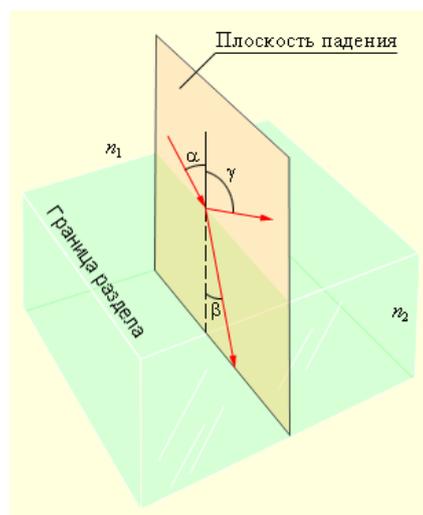


Рисунок 1 - Законы отражения и преломления: $\gamma = \alpha; n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$.

Среду с меньшим абсолютным показателем преломления называют оптически менее плотной.

При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную $n_2 < n_1$ (например, из стекла в воздух) можно наблюдать явление **полного отражения**, то есть исчезновение преломленного луча. Это явление наблюдается при углах падения, превышающих некоторый критический угол $\alpha_{\text{пр}}$, который называется **предельным углом полного внутреннего отражения** (см. рис. 2).

Для угла падения $\alpha = \alpha_{\text{пр}}$ $\sin \beta = 1$; значение $\sin \alpha_{\text{пр}} = n_2 / n_1 < 1$.

Если второй средой является воздух ($n_2 \approx 1$), то формулу удобно переписать в виде

$$\sin \alpha_{\text{пр}} = 1 / n,$$

где $n = n_1 > 1$ – абсолютный показатель преломления первой среды.

Для границы раздела стекло–воздух ($n = 1,5$) критический угол равен $\alpha_{\text{пр}} = 42^\circ$, для границы вода–воздух ($n = 1,33$) $\alpha_{\text{пр}} = 48,7^\circ$.

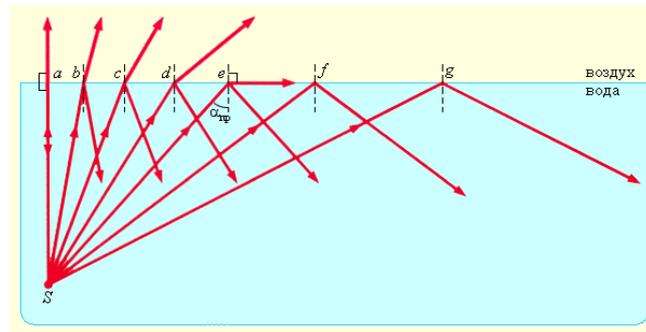


Рисунок 2 - Полное внутреннее отражение света на границе вода–воздух; S – точечный источник света

Явление полного внутреннего отражения находит применение во многих оптических устройствах. Наиболее интересным и практически важным применением является создание **волоконных световодов**, которые представляют собой тонкие (от нескольких микрометров до миллиметров) произвольно изогнутые нити из оптически прозрачного материала (стекло, кварц). Свет, попадающий на торец световода, может распространяться по нему на большие расстояния за счет полного внутреннего отражения от боковых поверхностей (рис 3). Научно-техническое направление, занимающееся разработкой и применением оптических световодов, называется **волоконной оптикой**.

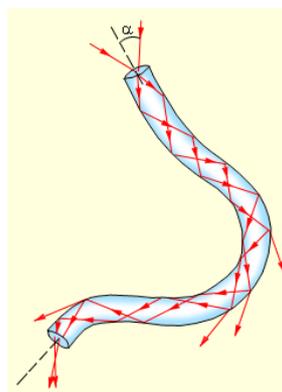
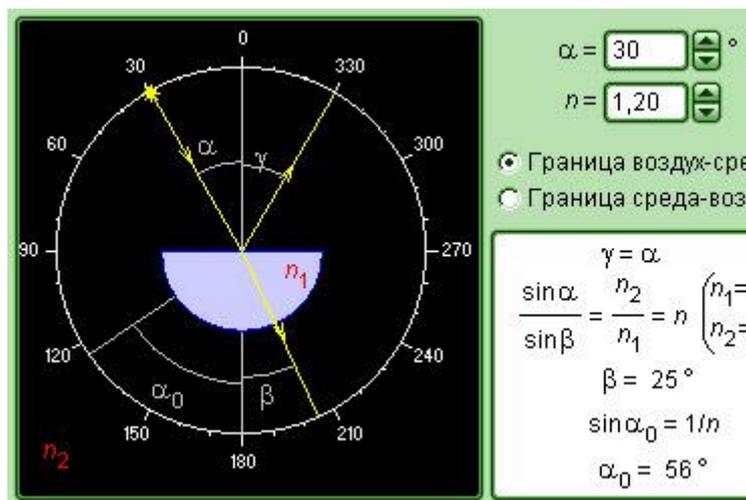


Рисунок 3 - Распространение света в волоконном световоде.

При сильном изгибе волокна закон полного внутреннего отражения нарушается, и свет частично выходит из волокна через боковую поверхность



Модель. Отражение и преломление света

Основные понятия геометрической оптики.

Геометрическая оптика - раздел оптики, в котором законы распространения света в прозрачных средах рассматриваются с точки зрения геометрии. Волновая оптика при $\lambda = 0$ переходит в геометрическую. Геометрическая оптика оперирует понятием световых лучей, независимых друг от друга и подчиняющихся известным законам преломления и отражения.

Световой луч - это линия, вдоль которой распространяется энергия излучения. Световому лучу в волновой оптике соответствует нормаль (перпендикуляр) к волновой поверхности.

Оптической системой называется совокупность оптических деталей (призмы, линзы, зеркала), предназначенных для преобразования пучков световых лучей посредством преломления и отражения на поверхностях, которыми ограничены оптические детали.

Оптическую систему называют **центрированной**, если центры сферических поверхностей или оси симметрии других поверхностей, образующих оптическую систему, расположены на одной прямой, называемой **оптической осью**.

Если пучок световых лучей, идущий из какой-либо точки **P** (см. рис 1), после прохождения через оптическую систему пересекается в точке **P'**, то точка **P'** называется **изображением** точки **P**. Изображение, образованное пересечением лучей выходящих из оптической системы, называют **действительным**, а изображение, образованное пересечением геометрических продолжений этих лучей - **мнимым**.

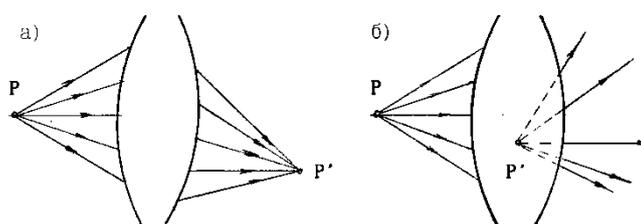


Рис.1. Изображение точки в оптической системе: а - действительное, б - мнимое.

Для того, чтобы подчеркнуть, что лучи строго пересекаются только в одной точке P' изображение в этом случае называют **стигматическим**.

Пучок же лучей, исходящих из одной точки или сходящихся в одной точке, называется **гомоцентрическим** (рис.2). Точка пересечения параллельного пучка световых лучей находится в бесконечности.

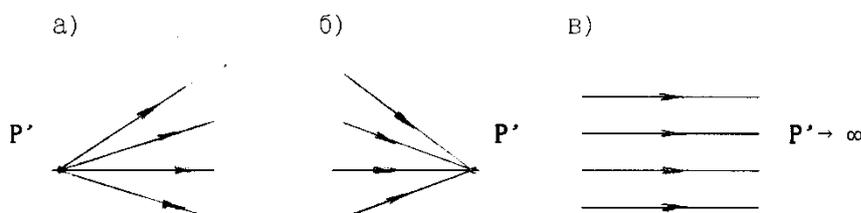


Рис.2. Гомоцентрические пучки лучей: а - расходящийся, б -сходящийся, в - параллельный.

В геометрической оптике изображение точки принято обозначать той же буквой, что и предмет, но со штрихом. Это относится и к другим обозначениям (лучам, плоскостям, углам, отрезкам, показателям преломления и т.д.).

Любой предмет или изображение рассматриваются как совокупность предметных точек или изображений этих точек. Две точки, одна из которых является изображением другой, называют сопряженными. Все пространство, в котором распространяются пучки лучей, можно разделить на две части. Пространство, в котором находятся точки предметов, называется **пространством предметов**. Пространство, в котором расположены изображения точек пространства предметов, называют **пространством изображений**. В геометрической оптике используют **правило знаков** (рис.3).

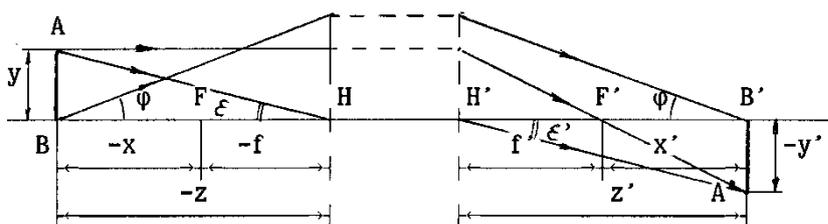


Рис.3. Пример применения правила знаков.

Положительное направление распространения света слева направо. Для каждого отрезка указывается направление отсчета.

Отрезки вдоль оптической оси считаются положительными, если их направление отсчета совпадает с направлением распространения света.

Отрезки, перпендикулярные к оптической оси, считают положительными, если они расположены над оптической осью и отрицательными, если они расположены под осью.

Угол считается положительным, если образуется вращением оси, от которой ведется отсчет по часовой стрелке, и отрицательным в противном случае.

Отрезки, характеризующие положение предметов и изображений, отсчитываются от кардинальных элементов оптической системы.

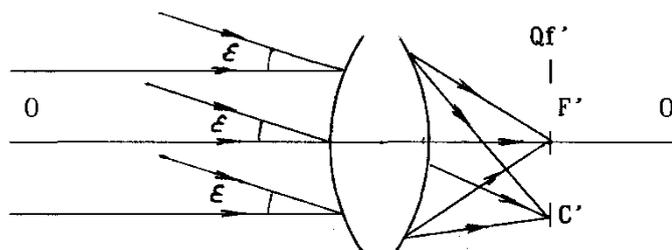
Кардинальные элементы оптической системы

Идеальная оптическая система обладает рядом кардинальных элементов - **передний и задний фокусы, передние и задние главные и узловые точки, передние и задние фокальные и главные плоскости, переднее и заднее фокусные расстояния.**

Знание четырех кардинальных точек (обычно это фокусы и главные точки) полностью определяет работу оптической системы, т.е. мы можем построить изображение любой точки, пользуясь только кардинальными элементами и совершенно не рассматривая действительного хода лучей в данной оптической системе.

Задний фокус и задняя фокальная плоскость оптической системы.

Задним фокусом оптической системы называют изображение бесконечно удаленной точки, расположенной на оптической оси.



Лучи, выходящие из бесконечно удаленной точки на оптической оси, падают на оптическую систему параллельно оптической оси. Поэтому можно сказать, что задним фокусом оптической системы называется точка (**F'**), в которой собирается пучок лучей, падающих на систему параллельно ее оптической оси (рис.5).

Рис.5. Задний фокус и задняя фокальная плоскость оптической системы.

Плоскость (**Qf**), проходящая через задний фокус и перпендикулярная оптической оси, называется **задней фокальной плоскостью оптической системы.** Эта плоскость является изображением бесконечно удаленной плоскости.

Параллельный пучок лучей, падающий на оптическую систему под углом к оптической оси (ϵ), идет из бесконечно удаленной точки, расположенной вне оптической оси, и после выхода из оптической системы собирается в сопряженной точке **C'**, которая находится вне оптической оси, в задней фокальной плоскости.

Передний фокус и передняя фокальная плоскость оптической системы.

Точку F на оптической оси в пространстве предметов, сопряженную с бесконечно удаленной точкой на оси в пространстве изображений, называют **передним фокусом оптической системы**.

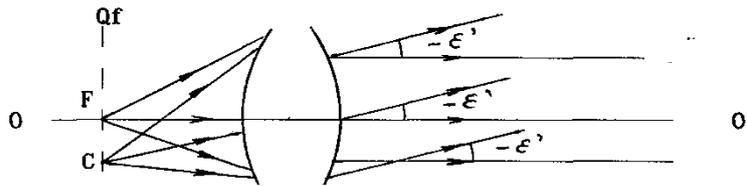


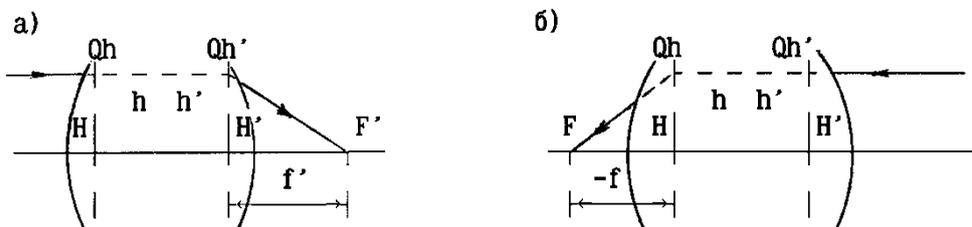
Рис.6. Передний фокус и передняя фокальная плоскость оптической системы

Всякий луч, входящий в оптическую систему через передний фокус, выходит из системы параллельно ее оптической оси. Если параллельный пучок идет в обратном направлении, то лучи соберутся в переднем фокусе системы (рис.6).

Плоскость Qf , перпендикулярная оптической оси и проходящая через передний фокус, называется **передней фокальной плоскостью**.

Передняя фокальная плоскость сопряжена с бесконечно удаленной плоскостью пространства изображений.

Пучок лучей, выходящий из любой точки C передней фокальной плоскости Qf , выходит из оптической системы наклонным пучком параллельных лучей.



Передняя и задняя главные плоскости и главные точки оптической системы.

Две сопряженные и перпендикулярные оптической оси плоскости, в которых линейное увеличение равно плюс единице ($\beta = +1$), называются **передней и задней главными плоскостями Qh и Qh'** Точки их пересечения с оптической осью называются **главными точками H и H'**

Любой отрезок в передней главной плоскости изображается равным и одинаково расположенным отрезком в задней главной плоскости. Отсюда следует, что входящий в оптическую систему и выходящий из нее лучи, пересекают главные плоскости на равных высотах. **$h = h'$**

Таким образом действие всех преломляющих поверхностей оптической системы для лучей, идущих из бесконечности, можно свести к действию плоскости, перпендикулярной оптической оси, содержащей в себе точку пересечения лучей входящих в эту систему и выходящих из нее. Для лучей,

идущих слева направо, это будет **задняя главная плоскость**, а для лучей, идущих справа налево - **передняя главная плоскость** (см.рис.7).

Положение фокусов и главных плоскостей определяют путем расчета или графического построения хода лучей, параллельных оптической оси, в прямом и обратном направлениях. При построениях изображений в оптической системе можно считать, что между главными плоскостями лучи идут параллельно оптической оси.

Переднее и заднее фокусные расстояния.

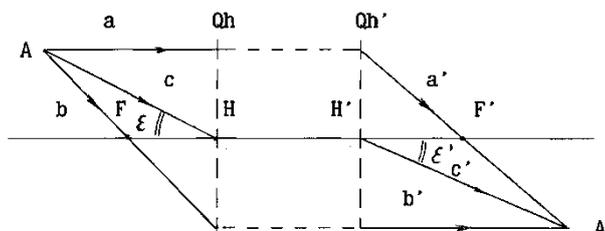


Рис.7. Графическое определение положения главных плоскостей и фокусов оптической системы: а - задних, б - передних.

Расстояние **HF** от передней главной точки **H** до переднего фокуса **F** является **передним фокусным расстоянием оптической системы** – **f**, а расстояние **H'F'**-от задней главной точки **H'** до заднего фокуса **F'** - **задним фокусным расстоянием f'** (рис.7).

Фокусные расстояния отсчитывают от соответствующих главных точек с учетом правила знаков. Если оптическая система находится в однородной среде, например в воздухе ($n = n' = 1$), то $f' = -f$, т.е. фокусные расстояния равны по абсолютному значению.

В общем случае $-f' / f = n/n'$. Так как $n > 0$ и $n' > 0$, то фокусные расстояния всегда имеют разные знаки.

Обычно оптическую систему характеризуют задним фокусным расстоянием, поэтому, если $f' > 0$, то система считается **положительной**, если $f' < 0$, то - **отрицательной**.

Узловые точки оптической системы.

Точки предмета и изображения, лежащие на оптической оси, для которых угловое увеличение равно плюс единице $= +1Y()$, называются узловыми точками оптической системы **N** и **'N**

Будем в дальнейшем рассматривать только оптические системы расположенные в однородной среде, для которых $n = n'$, $f' = -f$, а следовательно, узловые точки **N**, **'N** и главные точки **'H**, **H** такой системы совпадают.

В этом случае сопряженные лучи, проходящие через главные точки **H** и **'H** параллельны друг другу (рис.8), т.е. $\epsilon = \epsilon'$.

Построение изображений и хода лучей в идеальной оптической системе.

Графическое решение задачи построения изображения предмета в оптической системе сводится к построению изображения отдельных точек предмета, а в конечном итоге к построению хода лучей через оптическую систему. При этом используются свойства кардинальных элементов идеальной оптической системы. Для построения любой точки предмета достаточно построить ход хотя бы двух лучей, проходящих через предметную точку. Точка пересечения этих лучей после прохождения их через оптическую систему будет **изображением предметной точки**.

Обычно для построения используют так называемые характерные лучи, ход которых в оптической системе хорошо известен, т.е. лучи, проходящие через фокусы и главные (узловые) точки оптической системы

Луч (а), проходящий через предметную точку (**A**) и падающий на систему параллельно оптической оси, после преломления на задней главной плоскости (**Oh**') проходит через задний фокус (**F'**).

Луч (б), проходящий через предметную точку и передний фокус, после преломления на передней главной плоскости идет параллельно оптической оси.

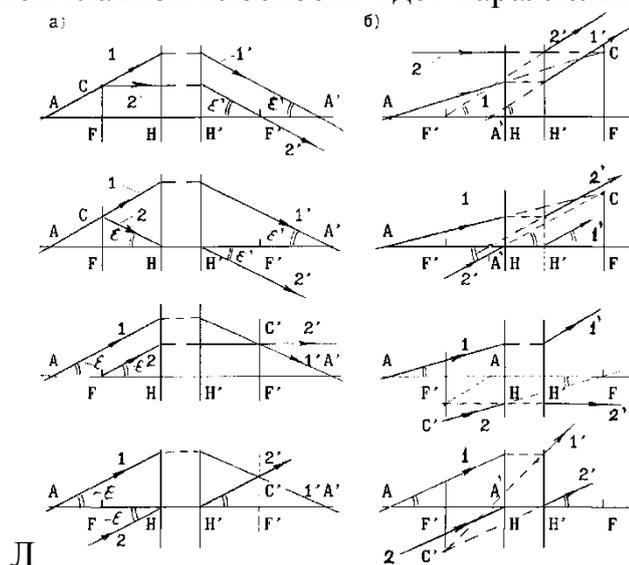


Рис.9. Построение хода лучей в положительной (а) и отрицательной (б) оптической системе. **1** - заданный луч, **2** - вспомогательный луч.

Луч (с), проходящий через предметную точку и переднюю главную (узловую) точку, выходит из задней главной (узловой) точки параллельно падающему лучу ($\epsilon = \epsilon'$).

Этими тремя лучами удобно пользоваться, если предметная точка расположена вне оптической оси. Если же точка расположена на оптической оси, то все три описанных выше луча совпадают с оптической осью.

Поэтому для построения изображения точки, расположенной на оптической оси, необходимо построить ход хотя бы одного луча, пересекающего оптическую ось в предметной точке, и найти точку пересечения этого луча после выхода из оптической системы с оптической осью. Эта точка и будет изображением исходной предметной точки.

На рис.9 показаны четыре способа построения хода лучей через положительную и отрицательную оптические системы. Для построения используются вспомогательные лучи, проходящие через фокусы или главные точки.

Точки, общие для заданного и вспомогательного лучей в передней фокальной плоскости, обозначены точкой C , а точки общие для тех же лучей в задней фокальной плоскости обозначены соответственно через C' . Лучи, выходящие из точек C , после прохождения оптической системы будут параллельными между собой. Параллельные лучи, падающие на оптическую систему соберутся в точке C' .

Тонкая линза

Простейшей центрированной оптической системой является линза. Она представляет собой прозрачное (обычно стеклянное) тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями¹ (в частном случае одна из поверхностей может быть плоской). Точки пересечения поверхностей с оптической осью линзы называются вершинами преломляющих поверхностей. Расстояние между вершинами именуется толщиной линзы. Если толщиной линзы можно пренебречь по сравнению с меньшим из радиусов кривизны ограничивающих линзу поверхностей, линза называется тонкой.

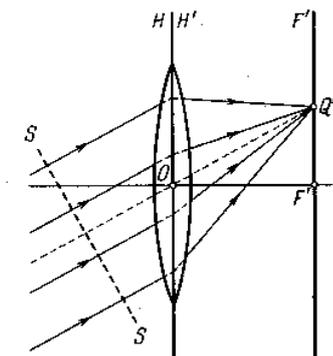


Рис. 117.2.

Расчеты, которых мы не приводим, дают, что в случае тонкой линзы главные плоскости $Я$ и $Я'$ можно считать совпадающими и проходящими через центр линзы O (рис. 117.1). Для фокусных расстояний тонкой

линзы получается выражение

$$f' = -f = \frac{n_0}{n - n_0} \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}; \quad (117.1)$$

здесь n — показатель преломления линзы, n_0 — показатель преломления среды, окружающей линзу, R_1 и R_2 — радиусы кривизны поверхностей линзы. С радиусами кривизны нужно обращаться, как с алгебраическими величинами: для выпуклой поверхности (т. е. в случае, когда центр кривизны лежит справа от вершины) радиус кривизны нужно считать положительным, для вогнутой поверхности (т. е. в случае, когда центр кривизны лежит слева от вершины) радиус нужно считать отрицательным. Если показатели преломления сред, находящихся по обе стороны тонкой линзы, одинаковы, то узлы N и N' совпадают с главными точками, т. е. помещаются в центре линзы O . Следовательно, в этом случае любой луч, идущий через центр линзы, не изменяет своего направления. Если показатели преломления сред перед и за линзой неодинаковы, узлы не совпадают с главными точками, так что луч, идущий через центр линзы, претерпевает излом. Параллельный пучок лучей после прохождения через линзу собирается в одной из точек фокальной плоскости. Линза не является идеальной оптической системой.

Оптические системы

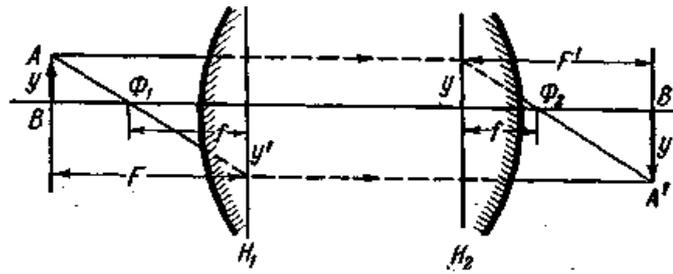


Рис. 1.44.

Для исправления многочисленных дефектов изображения, создаваемых одиночной линзой, в оптических приборах применяют системы различных линз, изготовленных из разных сортов стекла. Обычно используются центрированные оптические системы, в которых центры кривизны всех последовательных сферических поверхностей раздела расположены на одной прямой, являющейся оптической осью системы.

Такие хорошо скорректированные оптические системы близки к идеальным, т. е. можно практически считать, что пучок лучей, исходящих из светящейся точки A , после многочисленных преломлений внутри системы соберется в одной точке A' , являющейся изображением точки A . Лучи, падающие параллельно оптической оси (от бесконечно удаленного источника), после прохождения оптической системы соберутся в одной точке Φ_2 , которая, как и в случае одной линзы, называется задним главным фокусом системы. На рис. 1.44 показано пунктиром, что продолжения падающих и выходящих лучей в этом случае пересекаются в точках некоторой плоскости $Я_2$, перпендикулярной к оптической оси и носящей название задней главной плоскости системы. Аналогичным образом могут быть построены передний главный фокус Φ_1 и передняя главная плоскость $Я_1$. Все лучи, исходящие из Φ_1 , как бы изламываются на главной плоскости $Я_1$ и выходят параллельно оптической оси. Если среда до и после оптической системы одинакова (например, воздух), то оба главных фокусных расстояния $\Phi_1 Я_1$ и $\Phi_2 Я_2$ одинаковы.

Для тонкой линзы обе главные плоскости сливаются в одну. Для сложной оптической системы эти плоскости различны и могут располагаться как внутри, так и вне системы, несимметрично относительно -поверхностей, ограничивающих систему.

$$E (F + f)(F' - f) = -f^2, \quad \text{или} \quad FF' - Ff + F'f = 0,$$

Если известны положения главных фокусов и главных плоскостей системы, то построение изображений производится аналогично тонкой линзе. Как видно из рис. 1.44, вся разница состоит в том, что расстояния F и F' до предмета и его изображения должны отсчитываться не от центра, как в случае тонкой линзы, а от соответственных главных плоскостей. При этом остаются в силе все формулы для увеличений, например:

$$Y = \frac{y'}{y} = \frac{-F - f}{f} = \frac{f}{F' - f} = \frac{F'}{-F}. \quad (9.1)$$

Отсюда (см выше и правее) и, разделив на fFF' , после преобразований получаем:

$$\frac{1}{F'} - \frac{1}{F} = \frac{1}{f}. \quad (9.2)$$

— соотношение, вполне аналогичное формуле тонкой линзы (8.4).

Оптические приборы широко применяются для расширения возможностей визуального наблюдения. Поскольку при этом изображения получаемые в оптическом приборе, рассматриваются глазом, то требования, предъявляемые к этим изображениям, зависят от свойств человеческого глаза как оптической системы. Не касаясь общеизвестных деталей физиологического строения глаза, отметим здесь лишь две его особенности, существенные с рассматриваемой точки зрения: 1. Основной линзой глаза является хрусталик x , дающий изображение предмета P на сетчатой оболочке C , как показано на рис. 1.45. Показатель преломления n стекловидной жидкости, заполняющей глаз за хрусталиком, отличен от показателя преломления воздуха («1») перед хрусталиком. Применяя выведенную для такого случая формулу (8.6), имеем:

$$\frac{n}{F'} - \frac{1}{F} = \frac{1}{f}, \quad (9.3)$$

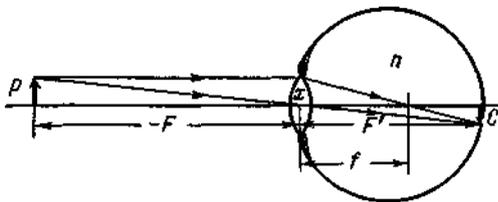


Рис. 1.45.

где F — переднее фокусное расстояние хрусталика.

Для глаза величины F' и n постоянны. Для того чтобы изображение предмета, находящегося на различных расстояниях F от глаза, попадало на сетчатую оболочку,

необходимо с изменением F менять в соответствии с (9.3) фокусное расстояние хрусталика f . Для этого служат специальные мышцы, деформирующие хрусталик и позволяющие аккомодировать глаз в очень широких пределах от $|F| = \infty$ до некоторого $|F|_{\text{мин}}$. Абсолютная величина расстояния ясного видения Для нормального глаза составляет $|P|_{\text{БЛВЯ}} = 25 \text{ см}$. У близорукого глаза $|f|_{\text{мин}} < 25 \text{ см}$, а у дальнозоркого $|P|_{\text{кля}} > 25 \text{ см}$. 2. Свет, попадая на сетчатую оболочку, вызывает химическую реакцию разложения зрительного пурпура, заключенного в так называемых палочках и колбочках, и таким путем раздражает окончания зрительного нерва. Эти раздражения передаются в головной мозг и создают там зрительные ощущения. Сетчатая оболочка глаза не сплошная. Окончания зрительного нерва находятся на некотором, хотя и небольшом, расстоянии друг от друга. Если изображение предмета будет столь малым, что покроет лишь один светочувствительный элемент сетчатки, то глаз будет воспринимать этот предмет как одну светящуюся точку.

Для того чтобы изображения крайних точек предмета попадали на соседние светочувствительные элементы, этот предмет должен быть виден под некоторым минимальным углом зрения. Глаз не будет различать деталей слишком малых или слишком удаленных предметов и воспримет их как точечные.

Для различения близких, но малых, или больших, но далеких, предметов служат различные визуальные оптические приборы. Как показывает приведенное рассмотрение оптических свойств глаза, основной задачей визуальных приборов является увеличение угла зрения, под которым рассматривается предмет глазом.

Светосила оптической системы.

Число изображений определяется числом монохроматических составляющих в спектре источника, а их интенсивность - спектральной яркостью излучения в каждой длине волны и параметром спектрального прибора - его светосилой.

Схематический ход лучей и принципы действия визуальных приборов.

1. Лупа представляет собой короткофокусную собирательную линзу (или систему линз). Малый предмет AB высотой y помещают, как показано на рис. 1.47, несколько ближе главного фокуса, так, чтобы его мнимое изображение $A'B'$ получилось на расстоянии ясного видения 25 см . Угол α' , под которым

$$\operatorname{tg} \alpha' \approx \frac{y}{b}.$$

это изображение, определится из условия

Если бы предмет наблюдался невооруженным глазом, то его пришлось бы поместить на расстояние ясного видения и он был бы виден под углом α ,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{25}.$$

определяемым из условия

Следовательно, угловое увеличение, даваемое лупой, равно:

$$A = \frac{\operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha} \approx \frac{y/f}{y/25} = \frac{25}{f}. \quad (9.5)$$

Уменьшение фокусного расстояния f связано с увеличением кривизны и уменьшением радиуса кривизны (а следовательно, и диаметра) лупы по формуле (8.5). При $n_{\text{стекла}}^{-1} > 5$ и $R_Z = -R_I = R$ для двояковыпуклой линзы имеем $f = R$. Поэтому лупа практически не может увеличивать более чем в 25—40 раз.

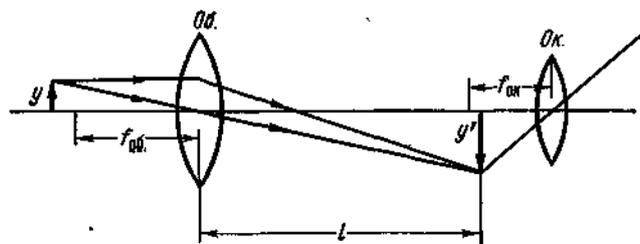


Рис. 1.48.

2. Микроскоп, как и лупа, служит для рассматривания близких, но очень мелких предметов, требующих значительного увеличения. Как показано на рис. 1.48, микроскоп состоит из двух систем линз —

объектива $Об$ и окуляра $О/с$, расстояние между которыми можно варьировать, изменяя длину тубуса.

Рассматриваемый предмет у помещают на расстояние, несколько превышающее главное фокусное расстояние объектива $F_{об}$.

Изменяя длину тубуса, получают изображение предмета y' , увеличенное в $///_{об}$ раз. Это линейно увеличенное изображение рассматривают в окуляр, как в

$$A = \frac{l}{f_{об} f_{ок}},$$

лупу. Таким образом, полное угловое увеличение микроскопа равно:

(9.6) и при достаточно большом отношении $///_{об}$ можно получать общее увеличение порядка 1500—2000 раз. Фактически предел увеличения микроскопа ставится волновыми свойствами света (см. § 15).

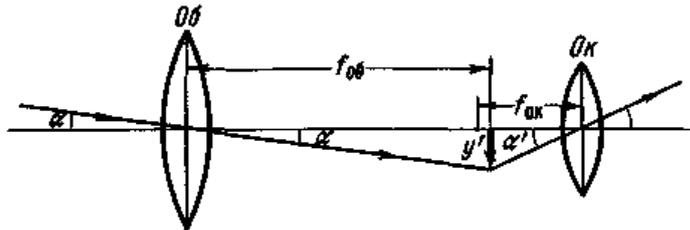


Рис. 1.49.

Зрительная труба (телескоп) предназначена для рассмотрения больших, но удаленных предметов. На рис. 1.49 показано, что зрительная труба состоит из длиннофокусного объектива и короткофокусного окуляра, расположенных на расстоянии порядка $F_{об} + F_{ок}$.

Лучи от крайней точки удаленного предмета пересекают оптическую ось окуляра под некоторым углом α и дают изображение предмета y' в фокальной плоскости. Как видно из рисунка, окуляр превращает большой, но далекий предмет в маленькое, но близкое изображение, не меняя угла зрения α . Полученное изображение рассматривают в окуляр, как в лупу. Общее угловое увеличение зрительной -трубы равно:

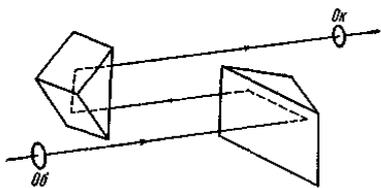


Рис. 1.50.

$$A = \frac{\text{tg } \alpha'}{\text{tg } \alpha} \approx \frac{y'/f_{ок}}{y'/f_{об}} = \frac{f_{об}}{f_{ок}}. \quad (9.7)$$

Для получения значительных увеличений необходимо выполнение условия $f_{об} \gg f_{ок}$.

Для уменьшения общих габаритов прибора в бинокле с помощью двух призм полного внутреннего отражения заставляют лучи между объективом и окуляром проходить одно и то же расстояние туда и обратно три раза (рис. 1.50). Для большей компактности обе призмы располагают во взаимно перпендикулярных плоскостях. Бинокль обычно употребляется при наблюдении двумя глазами. Увеличивая расстояние между объективами, мы как бы увеличиваем базу между глазами и добиваемся большей стереоскопичности видения (стереотруба).

Трудности в изготовлении однородных и точно отшлифованных больших линз приводят к тому, что в астрономических телескопах в качестве объектива широко применяют зеркала.

⇓2. **Интерференция световых волн.** Когерентность Временная и пространственная когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Классические интерференционные опыты: бипризма Френеля, бизеркала Френеля, опыт Юнга, интерференция в тонких пленках, кольца Ньютона. Интерферометры. Многолучевая интерференция. Просветленная оптика и другие практические применения интерференции.

Интерференция световых волн. Когерентность волн.

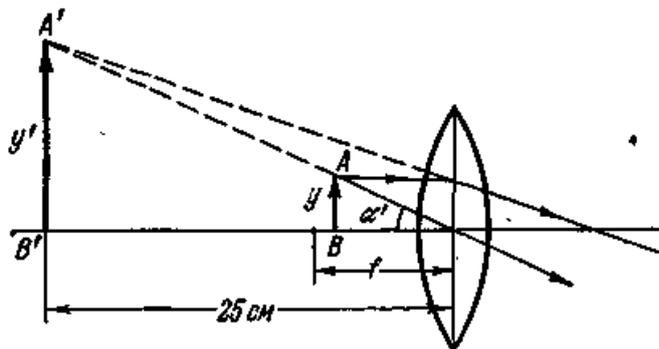


Рис. 1.47.

Интерференцией света называется наложение двух или более волн, при котором происходит пространственное перераспределение интенсивности света, наблюдаемое в виде темных и светлых полос.

Возникновение

интерференции связано, во-первых, с тем, что для векторов напряженности электрических полей, описывающих электромагнитные волны, выполняется **принцип суперпозиции**. Так при наложении двух волн, каждая из которых создает в точке наблюдения соответственно электрические поля напряженностью E_1 и E_2 , результирующая напряженность в точке наложения будет равна: $E_p = E_1 + E_2$ (1)

Возникновение интерференции связано с тем, что все регистрирующие приборы, в том числе и человеческий глаз, регистрируют не величину напряженности электрического поля, а величину усредненного по времени потока энергии волны, которая характеризуется **интенсивностью света** (I), равной квадрату амплитуды напряженности электрического поля волны E_0 : $I = E_0^2$ (2)

При наложении нескольких волн интерференция наблюдается далеко не в каждом случае. Термин **когерентность волн** характеризует способность волн при наложении интерферировать. Волны называются **когерентными**, если при их наложении возникает интерференционная картина и некогерентными, если при их наложении интенсивности волн суммируются и интерференционная картина не возникает. **Волны когерентны**, если разность фаз между ними остается постоянной во время наблюдения. Для некогерентных волн разность фаз между ними хаотически изменяется во времени.

Если колебания возбуждаемые волной в достаточно близких точках псевдодолговой поверхности оказываются когерентными, то такая когерентность называется **пространственной**.

Фаза колебания при переходе от одной точки псевдодолновой поверхности к другой изменяется беспорядочным образом. Зведем расстояние $r_{\text{ког}}$, при смещении на которое вдоль псевдодолновой поверхности случайное изменение фазы достигает значения $\sim \lambda$. Колебания в двух точках псевдодолновой поверхности, отстоящих друг от друга на расстояние, меньшее $r_{\text{ког}}$, будут прилизительно когерентными. Расстояние $r_{\text{ког}}$ называется длиной тространственной когерентности или радиусом когерентности. Из (120.13) следует, что $\rho = \lambda \phi$ (120.14)

Схема двухлучевой интерференции(1)

Рассмотрим наложение двух световых волн, идущих от двух источников S_1 и S_2 , в точку P (см.рис.1). Волны будем полагать монохроматическими и плоскими. Тогда выражения для напряженностей электрического поля двух волн можно записать в виде: $E_1 = E_1 \mathbf{0} \cos(\omega t - \mathbf{kz})$, $E_2 = E_2 \mathbf{0} \cos(\omega_1 t - \mathbf{k}_1 z_1)$ (3)

Где $E_1 \mathbf{0}$ и $E_2 \mathbf{0}$ - амплитуды первой и второй волн, ω и ω_1 - циклические частоты первой и второй волн, \mathbf{k} и \mathbf{k}_1 - волновые числа первой и второй волн ($\mathbf{k} = 2\pi/\lambda$, здесь λ - длина волны), \mathbf{z} и \mathbf{z}_1 - расстояния пройденные волнами от источников до точки наблюдения, t - время в момент наложения волн.

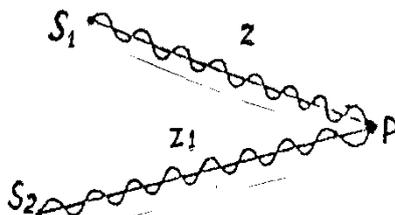


Рис.1- Схема двухлучевой интерференции

Обозначив **фазы** двух волн, т.е. аргументы периодической функции (в данном случае косинуса), описывающей волны, через ϕ и ϕ_1 соответственно, можно записать, что разность фаз двух волн равна: $\Delta\phi = \phi - \phi_1 = (\omega - \omega_1)t - \mathbf{kz} - \mathbf{k}_1 z_1$. (4)

Из этого выражения видно, что условие когерентности, т.е. постоянство разности фаз во времени, может выполняться лишь для волн с одинаковыми частотами ($\omega = \omega_1$).

Циклическая частота однозначно связана с волновым числом $\mathbf{k} = \omega/v$, (где v - фазовая скорость света в среде - величина для когерентных волн разность фаз определяется **геометрической разностью хода волн** от источников до точки наложения волн (Δ):

$$\Delta\phi = \mathbf{k} (z - z_1) = \mathbf{k} \Delta. (5)$$

Волновое число в среде (\mathbf{k}_c) пропорционально показателю преломления среды: $\mathbf{k}_c = \mathbf{k} n$, (6) где \mathbf{k} - волновое число в вакууме.

Оптическую разность хода (Δ), т.е. разность оптических длин путей двух волн (L_{01} и L_{02}): $\Delta\phi = \mathbf{k} (L_{01} - L_{02}) = \mathbf{k} \Delta$ (7)

Оптическая длина пути волны, прошедшей несколько различных сред (см. рис.2), находится как сумма произведений показателя преломления среды (n_1) на геометрическое расстояние, пройденное волной в данной среде (z_1): $L_0 = n_1 z_1 + n_2 z_2 + \dots + n_1 z_1 + \dots$ (8)

Оптической длиной пути световой волны называется произведение геометрической длины пути (z_1) световой волны в среде на абсолютный показатель преломления (n_1) данной среды: $L_{opt} = z_i \cdot n_i$

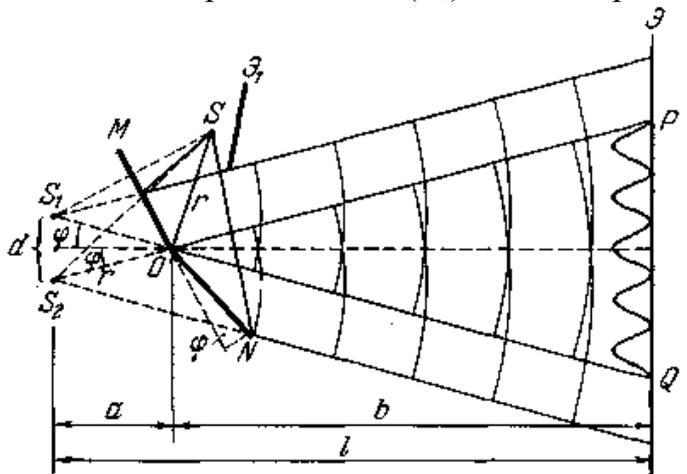


Рис. 121.1.

Зеркала отбрасывают на экран Э две цилиндрические когерентные волны, распространяющиеся так, как если бы они исходили из мнимых источников S_1 и S_2 . Непрозрачный экран Э преграждает свету путь от источника S к экрану Э.

Луч OQ представляет собой отражение луча SO от зеркала OM , луч OP — отражение луча SO от зеркала ON . Легко сообразить, что угол между лучами OP и OQ равен 2ϕ . Поскольку S и S_1 расположены относительно OM симметрично, длина отрезка OS_1 равна OS , т. е. z . Аналогичные рассуждения приводят к тому же результату для отрезка OS_2 . Таким образом, расстояние между источниками S_1 и S_2 равно

$$d = 2r \sin \phi \approx 2r\phi.$$

Из рис. 121.1 видно, что $a = r \cos \phi \approx r$. Следовательно, $l = r + b$, где b — расстояние от линии пересечения зеркал O до Ширина интерференционной полосы:

$$\Delta x = \frac{r+b}{2r\phi} \lambda. \quad (121.1)$$

Максимальное число интерференционных полос, которое можно наблюдать с помощью зеркал Френеля при данных параметрах схемы:

$$N = \frac{4br\phi^2}{\lambda(r+b)}. \quad (121.2)$$

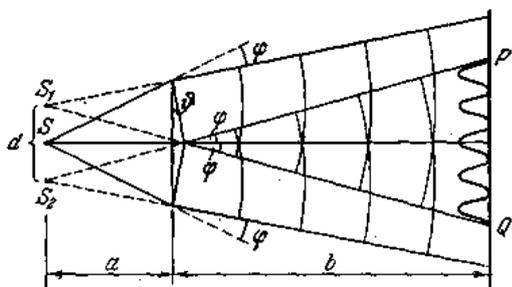


Рис. 121.2.

Зеркала Френеля.

Два плоских соприкасающихся зеркала OM и ON располагаются так, что их отражающие поверхности образуют угол, близкий к л (рис. 121.1). Соответственно угол ϕ на рисунке очень мал. Параллельно линии пересечения зеркал O на расстоянии z от нее помещается прямолинейный источник света S (например, узкая светящаяся

Бипризма Френеля.

Изготовленные из одного куска стекла две призмы с малым преломляющим углом ϕ имеют одну общую грань (рис. 121.2). Параллельно

этой грани на расстоянии a от нее располагается прямолинейный источник света S . Можно показать, что в случае, когда преломляющий луч призмы очень мал и углы падения лучей на грань призмы не очень велики, все лучи отклоняются призмой на практически одинаковый угол, равный $\varphi = (n-1)\theta$

(n — показатель преломления призмы). Угол падения лучей на бипризму невелик. Поэтому все лучи отклоняются каждой из половин бипризмы на одинаковый угол. В результате образуются две когерентные цилиндрические волны, исходящие из мнимых источников S_1 и S_2 , лежащих в одной плоскости с S . Расстояние между источниками равно $d = 2a \sin \varphi \approx 2a\varphi = 2a(n-1)\theta$.

Максимальное число наблюдаемых полос

$$N = \frac{4ab(n-1)^2\theta^2}{\lambda(a+b)} \quad (121.4)$$

Расстояние от источников до экрана $l = a + b$.

Двухлучевая интерференция

Пусть световые волны, испускаемые источниками S_1 и S_2 , являются монохроматическими с одинаковой и постоянной частотой ω , а в рассматриваемой точке наблюдения P (см. рис.1) оба вектора E_1 и E_2 параллельны друг другу, тогда их можно считать скалярными величинами и записать результирующую напряженность электрического поля в точке P в соответствии с принципом суперпозиции (1) в следующем виде: $E_p = E_{10} \cos(\omega t - kz_1) + E_{20} \cos(\omega t - kz_2)$ (9)

Для сложения двух гармонических функций удобно пользоваться **методом фазовых диаграмм**. При этом напряженность электрического поля волны представляется как проекция на некоторую ось OO' вектора по величине равного амплитуде волны, повернутого относительно этой оси на угол равный фазе волны (см. рис. 3а).

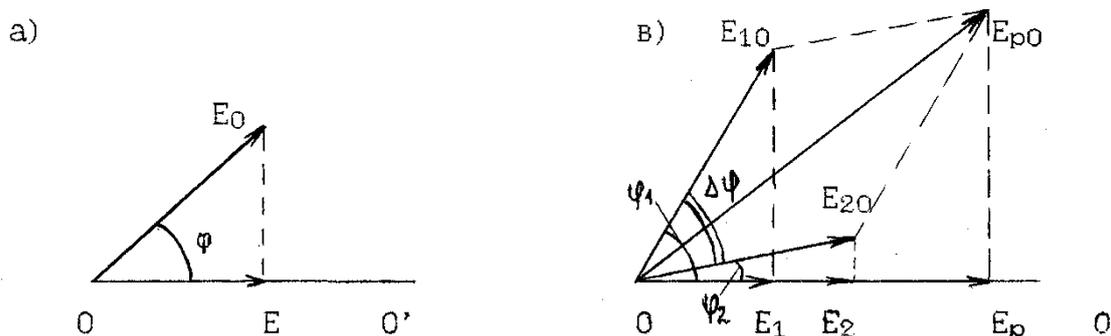


Рис.3. Фазовые диаграммы одной волны - (а) и двух - (в), налагающихся волн.

Если координата точки наблюдения и положение источника неизменны, то во время наблюдения расстояние z постоянно, и фаза волны будет зависеть только от времени. С течением времени фаза волны будет расти и вектор E_0 будет вращаться с частотой ω относительно выбранной оси.

Проекция вектора при этом будет изменяться по гармоническому закону в соответствии с уравнением:

$$\mathbf{E}(t) = \mathbf{E}_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad (10)$$

где φ - начальная фаза волны, зависящая от \mathbf{z} .

При сложении двух волн, каждая из них представляется проекцией соответствующего вектора на выбранную ось, и результирующая волна равна сумме проекций (см. рис.3в). Результат не изменится, если сначала сложить вектора, а затем взять проекцию.

Так как для нахождения интенсивности достаточно знать амплитуду результирующей волны (см. формулу 2), то после сложения векторов можно и не искать проекцию результирующего вектора на ось, а ограничиться найденной амплитудой результирующей волны (E_{p0}) и определить интенсивность света в точке наложения.

Из рис. 3в видно, что амплитуда результирующего вектора не зависит от фаз налагающихся волн (фазы волн изменяются с течением времени, что приводит к синхронному вращению векторов), а зависит лишь от разности фаз ($\Delta\varphi$) между налагающимися волнами (на рисунке разность фаз - это угол между векторами \mathbf{E}_{10} и \mathbf{E}_{20}) и от амплитуд этих волн.

Применяя теорему косинусов (см. рис.3в), можно записать:

$$E_{p0}^2 = E_{10}^2 + E_{20}^2 + 2E_{10} E_{20} \cos \Delta\varphi \quad (11)$$

Так как интенсивность света (I) пропорциональна квадрату амплитуды колебаний вектора напряжённости электрического поля, то

$$I_p = I_2 + I_1 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cos \Delta\varphi \quad (12)$$

Последнее слагаемое называют **интерференционным членом**. В тех точках пространства, для которых $\cos \Delta\varphi > 0$, результирующая интенсивность (I_p) будет превышать сумму интенсивностей I_1 и I_2 . В точках, для которых $\cos \Delta\varphi < 0$, I_p будет меньше $I_1 + I_2$.

Таким образом, при наложении когерентных световых волн происходит перераспределение светового потока в пространстве, в результате чего в одних местах возникают максимумы, а в других - минимумы интенсивности.

1).Результирующая интенсивности - I_p при наложении двух когерентных волн **максимальна**

$$I_p = \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2} \right)^2, \text{ если } \Delta\varphi = 2\pi m. \quad (13)$$

Сравнивая (7) и (13), можно сказать, что при интерференции наблюдается **максимум интенсивности**, если оптическая разность хода двух интерферирующих волн равна целому числу длин волн

$$\Delta = m\lambda \quad (14)$$

где m - называется **порядком интерференции** и показывает, сколько длин волн укладывается в оптической разности хода ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$).

2).Результирующая интенсивность I - **минимальна**.

$$I_p = \left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2} \right)^2, \text{ если } \Delta\varphi = (2m + 1)\pi, \quad (15)$$

где - $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Т.е. минимум интенсивности наблюдается, если оптическая разность хода равна нечетному числу полуволн:

$$\Delta = (2m + 1) \lambda / 2. \quad (16)$$

Для некогерентных волн $\Delta\phi$ непрерывно изменяется, результирующая интенсивность $I_p = 2I_1$.

Максимальная величина оптической разности хода двух волн, полученных делением одной волны на части, при которой еще наблюдается интерференция, называется **длиной когерентности излучения**. Длина когерентности излучения определяется длиной волны и шириной спектра излучения и равна

$$L_K = \lambda^2 / \Delta\lambda, \quad (17)$$

где $\Delta\lambda$ - ширина спектрального интервала в длинах волн, в пределах которого интенсивность излучения отлична от нуля.

Максимальное значение промежутка времени, при котором когерентность ещё сохраняется, называется **временем когерентности** излучения (t_K).

Длина и время когерентности связаны следующим соотношением: $L_K = t_K V$, (18) где V - скорость света.

Опыт Юнга

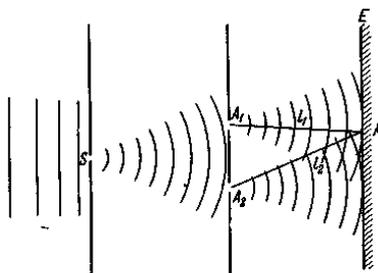


Рис 1.54.

Вопыте Юнга (рис. 1.54) свет из точечного источника (малое отверстие S) проходит через два равноудаленных отверстия A_1 и A_2 , являющихся как бы двумя когерентными источниками. Интерференционная картина наблюдается на экране E , расположенном на некотором расстоянии параллельно A_1A_2 . Усиление и ослабление света в произвольной точке M экрана зависят от разности

хода лучей $I_2 - I_1$.

Зеркала Френеля представляют собой два плоских зеркала, расположенных под углом, близким к 180° друг к другу ¹ (рис. 1.55). Источник S испускает свет, отражающийся от обоих зеркал и попадающий на экран E , защищенный от прямого попадания кожухом K .

По законам отражения от плоского зеркала (см. § 7) лучи, отраженные от первого зеркала, как бы исходят из мнимого источника S_1 расположенного симметрично исходному источнику S . Аналогично, лучи, отраженные от второго зеркала, можно рассматривать исходящими из мнимого источника S_2 , являющегося изображением источника S во втором зеркале. Мнимые источники S_1 и S_2 взаимно когерентны, и исходящие из них пучки лучей пересекаются и интерферируют в области, заштрихованной на рис. 1.55. Интерференционная картина наблюдается на экране E , помещенном в эту область, и зависит от разности хода лучей $I_2 - I_1$ до произвольных точек экрана.

Интерференция в тонких пленках

При освещении тонкой плёнки или пластинки происходит наложение световых волн, отразившихся от передней и задней поверхностей плёнки. Эти две волны получают делением волны, идущей от одного источника **S** (см. рис.4). Для плоскопараллельной пластинки постоянной толщины интерференционная картина наблюдается в фокальной плоскости линзы, собирающей отражённые от верхней и нижней граней пластинки пучки лучей **1** и **2**. Лучи **1** и **2** образуются из

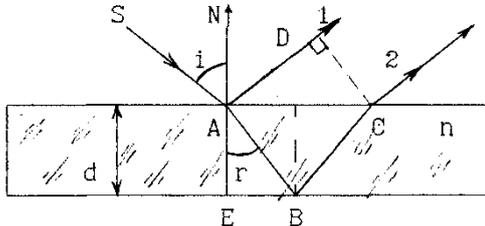


Рис.4. Интерференция света в тонкой пленке.

падающего на пластинку луча **SA**. От источника **S** до точки **A** между ними разность хода отсутствует. Линия **DC**, перпендикулярная лучам **1** и **2**, представляет собой **волновую поверхность**, т.е. поверхность постоянной фазы.

Линза не вносит дополнительной разности хода для параллельных лучей, а лишь преобразует плоскую волну в сходящуюся сферическую волну. Поэтому после перпендикуляра **DC**, опущенного на лучи **1** и **2**, до точки наложения лучей **P** разность хода между лучами **1** и **2** также не возникает.

Оптическая разность хода между лучами **1** и **2** возникает из-за того, что первый луч прошел, отразившись от границы раздела воздух-среда, отрезок **AD** в воздухе, а второй луч прошел путь **ABC** от точки **A** до точки **C** в пластинке с показателем преломления **n** и отразился от границы раздела среда-воздух.

При отражении световой волны от оптически более плотной среды (отражение луча **1** в точке **A**) фаза отраженной волны изменяется на противоположную (т.е. на π). Это можно представить как возникновение разности хода равной половине длины волны для первого луча. При отражении волны от оптически менее плотной среды (отражение луча **2** в точке **B**) изменения фазы не происходит, и соответственно разности хода не возникает.

Поэтому колебания в точку **C** (волновая поверхность **DC**) приходят оптическими путями: $L_1 = n(AB + BC)$ и $L_2 = AD + \lambda/2$. Отсюда можно записать, что оптическая разность хода, возникающая между лучами **1** и **2** от источника **S** до точки наложения лучей **P** будет равна:

$$\Delta = L_1 - L_2 = n(AB + BC) - (AD + \lambda/2) = 2nAB - AD - \lambda/2 \quad (19)$$

Отрезки **AD** и **AB** удобнее выразить через толщину пластинки (**d**) и угол падения луча (**i**) или угол преломления луча (**r**), используя треугольники **ABE** и **ACD**:

$$\text{из треугольника } ABE \quad AB = d / \cos r, \quad EB = d \operatorname{tg} r \quad (20)$$

$$\text{из треугольника } ADC \quad AD = AC \sin i, \quad AC = 2EB = 2d \operatorname{tg} r,$$

$$\Delta = 2nd / \cos r - AC \sin i = 2nd / \cos r - 2d \operatorname{tg} r \sin i = 2nd / \cos r - 2d \sin r / \cos r \sin i = 2d \cos r (n - \sin r \sin i)$$

по закону преломления света на границе двух сред $\sin i = n \sin r$, тогда

$\Delta = 2d/\text{Cos } r (n - n\text{Sin}^2r)$, умножим левую половину равенства на n/n

$\Delta = 2d/n\text{Cos } r \cdot (n^2 - n^2\text{Sin}^2r)$, из тригонометрии знаем, что $\text{cos}r = \sqrt{1 - \text{sin}^2r}$,

тогда, если $n \cdot \text{cos}r = \sqrt{n^2 - n^2\text{sin}^2r}$ то получим:

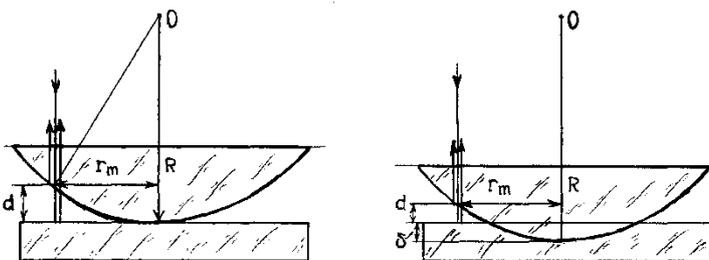
$$\Delta = 2d \left(\frac{n^2 - n^2 \text{sin}^2 r}{\sqrt{n^2 - n^2 \text{sin}^2 r}} \right) = 2d \sqrt{n^2 - n^2 \text{sin}^2 r} \quad (21)$$

вспомним, что $n \cdot \text{Sin } r = \text{Sin } i$, тогда $\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \text{sin}^2 i}$, учтём изменение фазы отражённого луча на $\lambda/2$ и получим: $\Delta = 2d \text{cos}r - \frac{\lambda}{2} = 2d \sqrt{n^2 - \text{sin}^2 i} - \frac{\lambda}{2} \quad (22)$

Колеца Ньютона. Определения радиуса кривизны линзы

Интерференционные полосы **равной толщины** в тонкой пленке, т.е. темные или светлые полосы соответствующие постоянному значению толщины пленки (**d**), можно наблюдать в воздушной прослойке между соприкасающимися друг с другом плоской поверхностью пластинки и выпуклой сферической поверхностью линзы (см. рис.5).

При этом толщина воздушной прослойки постепенно увеличивается от



центра линзы к ее краям. При нормальном (перпендикулярном поверхности) падении света полосы равной толщины имеют вид концентрических окружностей, которые получили название **колец Ньютона**.

Если на линзу падает пучок монохроматического света, то световые волны, отражённые от верхней и нижней границ воздушной прослойки, интерферируют между собой.

Так как, в отличие от выше приведённого примера, отражение световой волны происходит в точке **B** от раздела среды воздух-стекло, а не стекло-воздух, как на рис.4, то $\lambda/2$ добавляется к слагаемому **L₁** и формула (19), в начальной её части приобретёт вид:

$$\Delta = L_1 - L_2 = (AB + BC + \lambda/2) - AD = 2d + \lambda/2$$

То есть, оптическая разность хода, в этом случае равна удвоенной толщине воздушного зазора (**2d**) (показатель преломления воздуха **n = 1**).

В итоге получим: $\Delta = 2d + \lambda/2 \quad (23)$

2. ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЛАЗА

Глаз (глазное яблоко, *Vulbus oculi*) имеет почти правильную округлую форму, размер его передне-задней оси примерно 24 мм, весит около 7 г и анатомически состоит из трех оболочек (наружной - фиброзной, средней - сосудистой, внутренней - сетчатки) и трех прозрачных сред (внутриглазной жидкости, хрусталика и стекловидного тела).

Наружная плотная фиброзная оболочка состоит из задней, большей части - склеры, выполняющей скелетную, определяющую и обеспечивающую форму глаза функцию. Передняя, меньшая ее часть - роговица - прозрачна, менее плотная, не имеет сосудов, в ней разветвляется огромное количество нервов. Диаметр ее - 10-11 мм. Являясь сильной оптической линзой, она пропускает и преломляет лучи, а также выполняет важные защитные функции. За роговицей располагается передняя камера, заполненная прозрачной внутриглазной жидкостью.

К склере изнутри глаза прилегает средняя оболочка - сосудистый, или увеальный тракт, состоящий из трех отделов.

Первый, самый передний, видимый через **роговицу**, - *радужка* - имеет отверстие - зрачок. Радужка является как бы дном передней камеры. С помощью двух мышц радужки зрачок суживается и расширяется, автоматически регулируя величину светового потока, входящего в глаз, в зависимости от освещения. Цвет радужки зависит от различного содержания в ней пигмента: при малом его количестве глаза светлые (серые, голубые, зеленоватые), если его много - темные (карие). Большое количество радиально и циркулярно расположенных сосудов радужки, окутанных нежной соединительной тканью, образует своеобразный ее рисунок, рельеф поверхности.

Второй, средний отдел - **цилиарное тело** - имеет вид кольца шириной до 6-7 мм, примыкающего к радужке и обычно недоступного визуальному наблюдению. В цилиарном теле различают две части: передняя отростчатая, в толще которой лежит цилиарная мышца, при сокращении ее расслабляются тонкие нити цинновой связки, удерживающей в глазу хрусталик, что обеспечивает акт аккомодации. Около 70 отростков цилиарного тела, содержащих капиллярные петли и покрытых двумя слоями эпителиальных клеток, продуцируют внутриглазную жидкость. Задняя, плоская часть цилиарного тела является как бы переходной зоной между цилиарным телом и собственно сосудистой оболочкой.

Третий отдел - собственно сосудистая оболочка, или **хориоидея** - занимает заднюю половину глазного яблока, состоит из большого количества сосудов, располагается между склерой и сетчаткой, соответствуя ее оптической (обеспечивающей зрительную функцию) части.

Внутренняя оболочка глаза - **сетчатка** - представляет собой тонкую (0,1-0,3 мм), прозрачную пленку: оптическая (зрительная) ее часть покрывает хориоидею от плоской части цилиарного тела до места выхода зрительного нерва из глаза, неоптическая (слепая) - цилиарное тело и радужку, слегка

выступая по краю зрачка. Зрительная часть сетчатки - это сложно организованная сеть из трех слоев нейронов.

Функция сетчатки как специфического зрительного рецептора тесно связана с сосудистой оболочкой (хориоидеей). Для зрительного акта необходим распад зрительного вещества (пурпура) под влиянием света. В здоровых глазах зрительный пурпур восстанавливается немедленно. Этот сложный фотохимический процесс восстановления зрительных веществ обусловлен взаимодействием сетчатки с хориоидеей. Сетчатка состоит из нервных клеток, образующих три нейрона.

В первом нейроне, обращенном к хориоидее, находятся светочувствительные клетки, фоторецепторы - палочки и колбочки, в которых под влиянием света происходят фотохимические процессы, трансформирующиеся в нервный импульс. Он проходит второй, третий нейрон, зрительный нерв и по зрительным путям попадает в подкорковые центры и далее в кору затылочной доли больших полушарий мозга, вызывая зрительные ощущения.

Палочки в сетчатке расположены преимущественно по периферии и отвечают за светоощущение, сумеречное и периферическое зрение. Колбочки локализируются в центральных отделах сетчатки, в условиях достаточного освещения формируя цветоощущение и центральное зрение. Наивысшую остроту зрения обеспечивает область желтого пятна и центральная ямка сетчатки.

Зрительный нерв формируется нервными волокнами - длинными отростками ганглиозных клеток сетчатки (3-й нейрон), которые, собираясь в отдельные пучки, выходят через мелкие отверстия в задней части склеры (решетчатую пластинку). Место выхода нерва из глаза называется диском зрительного нерва (ДЗН).

В центре диска зрительного нерва образуется небольшое углубление - **экскавация**, которая не превышает 0,2-0,3 диаметра диска (Э/Д). В центре экскавации проходят центральная артерия и вена сетчатки. В норме диск зрительного нерва имеет четкие границы, бледно-розовую окраску, округлую или слегка овальную форму.

Хрусталик - вторая (после роговицы) преломляющая среда оптической системы глаза, располагается за радужной оболочкой и лежит в ямке стекловидного тела.

Стекловидное тело занимает большую заднюю часть полости глаза и состоит из прозрачных волокон и гелеподобного вещества. Обеспечивает сохранение формы и объема глаза.

Оптическая система глаза состоит из роговицы, влаги передней камеры, хрусталика и стекловидного тела. Лучи света проходят прозрачные среды глаза, преломляются на поверхностях основных линз - роговицы и хрусталика и, фокусируясь на сетчатке, "рисуют" на ней изображение предметов внешнего мира (рис.2).



Зрительный акт начинается с преобразования изображения фоторецепторами в нервные импульсы, которые после обработки нейронами сетчатки передаются по зрительным нервам в высшие отделы зрительного анализатора. Таким образом, зрение можно определить как субъективное восприятие объективного мира посредством света с помощью зрительной системы.

Выделяют следующие основные зрительные функции:

- **центральное зрение** (характеризуется остротой зрения) - способность глаза четко различать детали предметов, оценивается по таблицам со специальными знаками;

- **периферическое зрение** (характеризуется полем зрения) - способность глаза воспринимать объем пространства при неподвижном положении глаза.

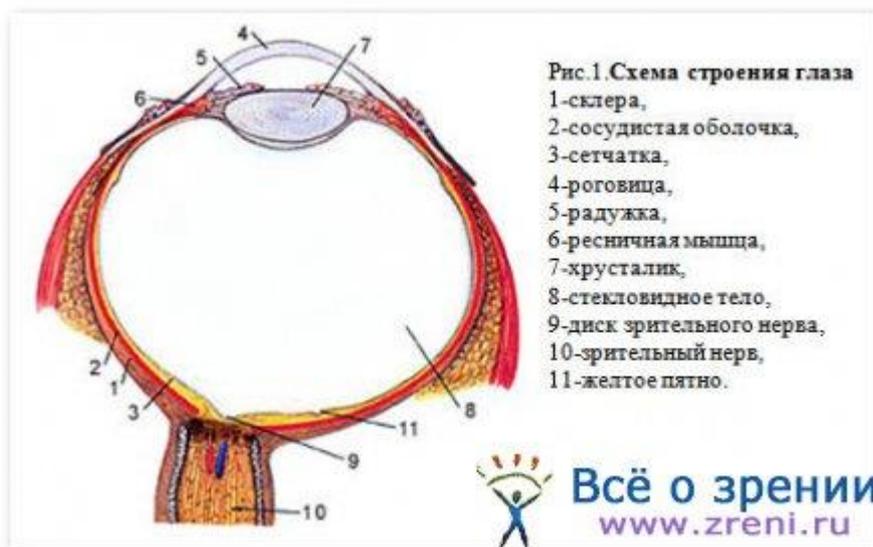
Исследуется с помощью периметра, кампиметра, анализатора поля зрения и др;

- **цветовое зрение** - это способность глаза воспринимать цвета и различать цветовые оттенки. Исследуется с помощью цветковых таблиц, тестов и аномалоскопов;

- **светощущение** (темновая адаптация) - способность глаза воспринимать минимальное (пороговое) количество света. Исследуется адаптометром.

Полноценное функционирование *органа зрения* обеспечивается также вспомогательным аппаратом. Он включает в себя ткани орбиты (глазницы), веки и слезные органы, выполняющие защитную функцию. Движения каждого глаза осуществляются шестью наружными глазодвигательными мышцами.

Зрительный анализатор состоит из глазного яблока, строение которого схематично представлено на рис. 1, проводящих путей и зрительной коры головного мозга.



Вокруг глаза расположены три пары глазодвигательных мышц. Одна пара поворачивает глаз влево и вправо, другая - вверх и вниз, а третья вращает его относительно оптической оси. Сами глазодвигательные мышцы управляются сигналами, поступающими из мозга. Эти три пары мышц служат исполнительными органами, обеспечивающими автоматическое слежение, благодаря чему глаз может легко сопровождать взором всякий движущийся вблизи и вдали объект (рис. 2).



Глаз, глазное яблоко имеет почти шаровидную форму примерно 2,5 см в диаметре. Он состоит из нескольких оболочек, из них три - основные:

- склера - внешняя оболочка,
- сосудистая оболочка - средняя,
- сетчатка - внутренняя.

Склера имеет белый цвет с молочным отливом, кроме передней ее части, которая прозрачна и называется роговицей. Через роговицу свет поступает в глаз. Сосудистая оболочка, средний слой, содержит кровеносные сосуды, по которым кровь поступает для **питания** глаза. Прямо под роговицей сосудистая

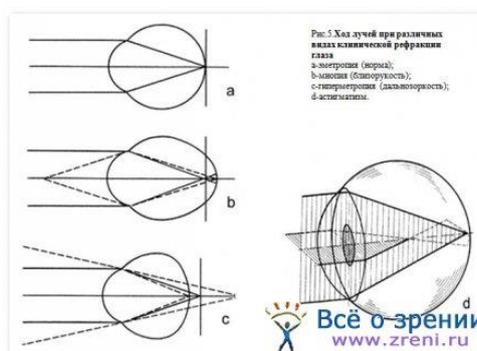
оболочка переходит в радужную оболочку, которая и определяет цвет глаз. В центре ее находится зрачок.

Функция этой оболочки - ограничивать поступление света в глаз при его высокой яркости. Это достигается сужением зрачка при высокой освещенности и расширением - при низкой. За радужной оболочкой расположен хрусталик, похожий на двояковыпуклую линзу, который улавливает свет, когда он проходит через зрачок и фокусирует его на сетчатке.

Вокруг хрусталика **сосудистая оболочка** образует ресничное тело, в котором заложена мышца, регулирующая кривизну хрусталика, что обеспечивает ясное и четкое видение разноудаленных предметов. Достигается это следующим образом (рис.3).



Хрусталик в глазу "подвешен" на тонких радиальных нитях, которые охватывают его круговым поясом. Наружные концы этих нитей прикрепляются к ресничной мышце. Когда эта мышца расслаблена (в случае фокусировки взора Рис.5. Ход лучей при различных видах клинической рефракции глаза а-эметропия (норма); б-миопия (близорукость); в-гиперметропия (дальнозоркость); д-астигматизм, на удаленном предмете), то кольцо, образуемое ее телом, имеет большой диаметр, нити, держащие хрусталик, натянуты, и его кривизна, а следовательно и преломляющая сила, минимальна. Когда же ресничная мышца напрягается (при рассматривании близко расположенного объекта), ее кольцо сужается, нити расслабляются, и хрусталик становится более выпуклым и, следовательно, более сильно преломляющим. Это свойство хрусталика менять свою преломляющую силу, а вместе с этим и фокусную точку всего глаза, называется **аккомодацией**.



Лучи света фокусируются **оптической системой** глаза на особом рецепторном (воспринимающем) аппарате - **сетчатой оболочке**. Сетчатка глаза - передний край мозга, исключительно сложное как по своей структуре, так и

по функциям образование. В сетчатке позвоночных обычно различают 10 слоев нервных элементов, связанных между собой не только структурно-морфологически, но и функционально. Главным слоем сетчатки является тонкий слой светочувствительных клеток - фоторецепторов.

Они бывают двух видов: отвечающие на слабый засвет (палочки) и отвечающие на сильный засвет (колбочки). Палочек насчитывается около 130 миллионов, и они расположены по всей сетчатке, кроме самого центра. Благодаря им обнаруживаются предметы на периферии поля зрения, в том числе при низкой освещенности. Колбочек насчитывается около 7 миллионов.

Они расположены главным образом в центральной зоне сетчатки, в так называемом "желтом пятне". Сетчатка здесь максимально утончается, отсутствуют все слои, кроме слоя колбочек. "Желтым пятном" человек видит лучше всего: вся световая информация, попадающая на эту область сетчатки, передается наиболее полно и без искажений. В этой области возможно лишь дневное, цветное зрение, при помощи которого воспринимаются цвета окружающего нас мира.

От каждой светочувствительной клетки отходит нервное волокно, соединяющее рецепторы с центральной нервной системой. При этом каждую колбочку соединяет свое отдельное волокно, тогда как точно такое же волокно "обслуживает" целую группу палочек.

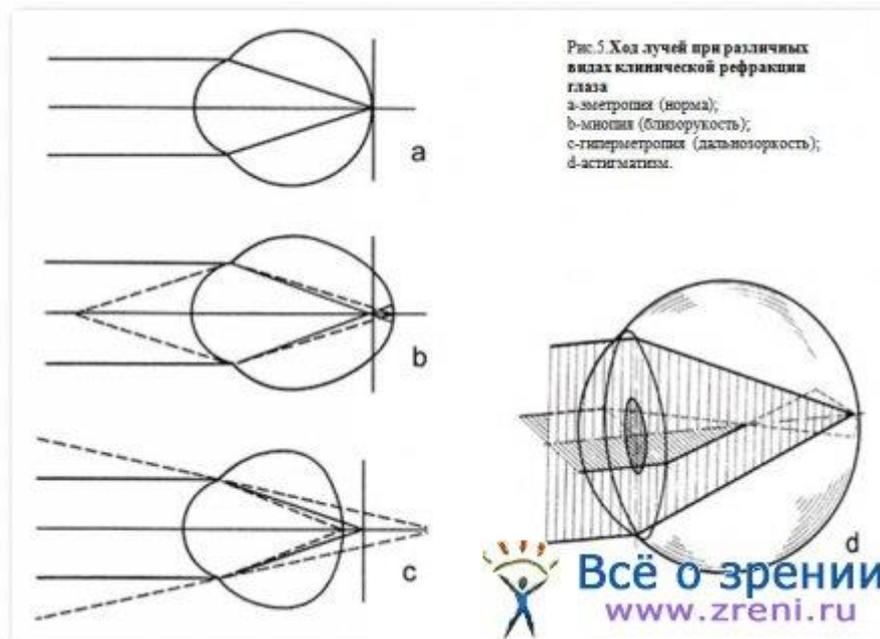
Под воздействием световых лучей в фоторецепторах происходит фотохимическая реакция (распад зрительных пигментов), в результате которой выделяется энергия (электрический потенциал), несущая зрительную информацию. Эта энергия в виде нервного возбуждения передается в другие слои сетчатки - на клетки-биполяры, а затем на ганглиозные клетки.

При этом, благодаря сложным соединениям этих клеток, происходит удаление случайных "помех" в изображении, усиливаются слабые контрасты, острее воспринимаются движущиеся предметы. Нервные волокна со всей сетчатки собираются в зрительный нерв в особой области сетчатки - "слепом пятне". Оно расположено в том месте, где зрительный нерв выходит из глаза, и все, что попадает на эту область, исчезает из поля зрения человека.

Зрительные нервы правой и левой стороны перекрещиваются, причем у человека и высших обезьян перекрещиваются лишь половина волокон каждого зрительного нерва. В конечном счете вся зрительная информация в кодированном виде передается в виде импульсов по волокнам зрительного нерва в головной мозг, его высшую инстанцию - кору, где и происходит формирование зрительного образа (рис. 4).



Окружающий нас мир мы видим ясно, когда все отделы зрительного анализатора "работают" гармонично и без помех. Для того, чтобы изображение было резким, сетчатка, очевидно, должна находиться в заднем фокусе оптической системы глаза. Различные нарушения преломления световых лучей в оптической системе глаза, приводящие к расфокусировке изображения на сетчатке, называются аномалиями рефракции (аметропиями). К ним относятся близорукость (миопия), дальнозоркость (гиперметропия), возрастная дальнозоркость (пресбиопия) и астигматизм (рис. 5).



Близорукость (миопия) - большей частью наследственно обусловленное заболевание, когда в период интенсивной зрительной нагрузки (учебы в школе, институте) вследствие слабости цилиарной мышцы, нарушения кровообращения в глазу происходит растяжение плотной оболочки глазного яблока (склеры) в передне-заднем направлении. Глаз вместо шаровидной приобретает форму эллипсоида.

Вследствие такого удлинения продольной оси глаза изображения предметов фокусируется не на самой сетчатке, а перед ней, и человек стремится все приблизить к глазам, пользуется очками с рассеивающими ("минусовыми") линзами для уменьшения преломляющей силы хрусталика. Близорукость неприятна не тем, что требует ношения очков, а тем, что при прогрессировании заболевания возникают дистрофические очаги в оболочках глаза, приводящие к необратимой, некорректируемой очками потере зрения. Чтобы этого не допустить, нужно соединить опыт и знания врача-окулиста с настойчивостью и волей пациента в вопросах рационального распределения зрительной нагрузки, периодического самоконтроля за состоянием своих зрительных функций.

Дальнозоркость. В отличие от близорукости, это не приобретенное, а врожденное состояние - особенность строения глазного яблока: это либо короткий глаз, либо глаз со слабой оптикой. Лучи при этом состоянии собираются за сетчаткой. Для того, чтобы такой глаз хорошо видел, перед ним нужно поместить собирающие - "плюсовые" очки. Это состояние может долго "скрываться" и проявиться в 20-30 лет и более позднем возрасте; все зависит от резервов глаза и степени дальнозоркости.

Правильный режим зрительного труда и систематические тренировки зрения позволят значительно отодвинуть срок проявления дальнозоркости и пользования очками. Пресбиопия (возрастная дальнозоркость). С возрастом сила аккомодации постепенно падает, за счет уменьшения эластичности хрусталика и цилиарной мышцы. Наступает состояние, когда мышца уже неспособна к максимальному сокращению, а хрусталик, потеряв эластичность, не может принять максимально шаровидную форму - в результате человек теряет возможность различать мелкие, близко расположенные предметы, стремится отодвинуть книгу или газету от глаз (чтобы облегчить работу цилиарных мышц).

Для коррекции этого состояния назначаются очки для близи с "плюсовыми" стеклами. При систематическом соблюдении режима зрительного труда, активном занятии тренировкой глаз можно значительно отодвинуть время пользования очками для близи на многие годы.

Астигматизм - особый вид оптического строения глаза. Явление это врожденного или, большей частью приобретенного характера. Обусловлен астигматизм чаще всего неправильностью кривизны роговицы; передняя поверхность ее при астигматизме представляет собой не поверхность шара, где все радиусы равны, а отрезок вращающегося эллипсоида, где каждый радиус имеет свою длину. Поэтому каждый меридиан имеет особое преломление, отличающееся от рядом лежащего меридиана. Признаки болезни могут быть связаны с понижением зрения как вдаль, так и вблизи, снижением зрительной работоспособности, быстрой утомляемостью и болезненными ощущениями при работе на близком расстоянии.

Итак, мы видим, что наш зрительный анализатор, наши глаза - это исключительно сложный и удивительный дар природы. Весьма упрощенно можно сказать, что глаз человека - это, в конечном счете, прибор для приема и

переработке световой информации и его ближайшим техническим аналогом является цифровая видеокамера.

Относитесь к своим глазам бережно и внимательно, так же бережно, как Вы относитесь к своим дорогим фото- и видеоустройствам.

Зрение человека (зрительное восприятие) — процесс психофизиологической обработки изображения объектов окружающего мира, осуществляемый зрительной системой, и позволяющий получать представление о величине, форме (перспективе) и цвете предметов, их взаимном расположении и расстоянии между ними.

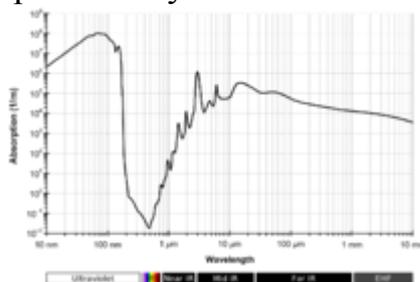
По разным данным, от 70% до более 90% информации человек получает с помощью зрения.



Глаз человека

Из-за большого числа этапов процесса зрительного восприятия его отдельные характеристики рассматриваются с точки зрения разных наук — оптики (в том числе биофизики), психологии, физиологии, химии (биохимии). На каждом этапе восприятия возникают искажения, ошибки, сбои, но мозг человека обрабатывает полученную информацию и вносит необходимые коррективы. Эти процессы носят неосознаваемый характер и реализуются в многоуровневой автономной корректировке искажений. Так устраняются сферическая и хроматическая аберрации, эффекты слепого пятна, проводится цветокоррекция, формируется стереоскопическое изображение и т. д. В тех случаях, когда подсознательная обработка информации недостаточна, или же избыточна, возникают оптические иллюзии.

Спектральная чувствительность глаза



Спектр поглощения воды

В процессе эволюции светочувствительные рецепторы адаптировались к солнечному излучению, достигающему поверхности Земли и хорошо распространяющемуся в воде морей и океанов. Земная атмосфера имеет значительное окно прозрачности только в диапазоне длин волн 300—1500 нм.

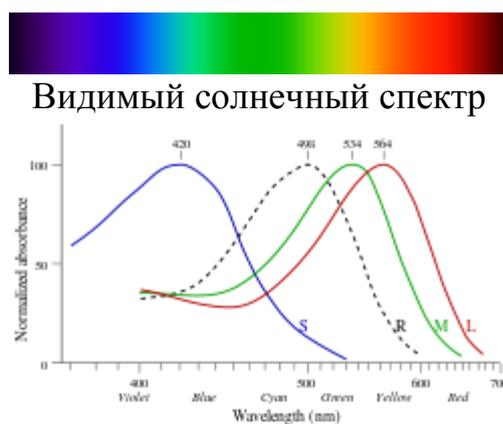
В ультрафиолетовой области прозрачность ограничена поглощением ультрафиолета озоновым слоем и водой, в инфракрасной области — поглощением водой. Поэтому на сравнительно узкую видимую область спектра приходится более 40 % энергии излучения Солнца у поверхности.

Глаз человека чувствителен к электромагнитному излучению в диапазоне длин волн 380—780 нм (*видимое излучение*)^[1]. Сетчатка глаза чувствительна и к более коротковолновому излучению, но чувствительность глаза в этой области спектра ограничивается низкой прозрачностью хрусталика, защищающего сетчатку от разрушительного действия ультрафиолета.

Цветовое зрение

В глазу человека содержатся два типа светочувствительных клеток (фоторецепторов): высокочувствительные палочки и менее чувствительные колбочки. Палочки функционируют в условиях относительно низкой освещённости и отвечают за действие механизма ночного зрения, однако при этом они обеспечивают только нейтральное в цветовом отношении восприятие действительности, ограниченное участием белого, серого и чёрного цветов. Колбочки работают при более высоких уровнях освещённости, чем палочки. Они ответственны за механизм дневного зрения, отличительной особенностью которого является способность обеспечения цветового зрения.

У приматов (в том числе и человека) мутация вызвала появление дополнительного, третьего типа колбочек — цветовых рецепторов. Это было вызвано расширением экологической ниши млекопитающих, переходом части видов к дневному образу жизни, в том числе на деревьях. Мутация была вызвана появлением изменённой копии гена, отвечающего за восприятие средней, зелёночувствительной области спектра. Она обеспечила лучшее распознавание объектов «дневного мира» — плодов, цветов, листьев.



Нормализованные графики светочувствительности колбочек человеческого глаза S, M, L. Пунктиром показана сумеречная, «чёрно-белая» восприимчивость палочек

В сетчатке глаза человека есть три вида колбочек, максимумы чувствительности которых приходятся на красный, зелёный и синий участки спектра.^[2] Ещё в 1970-х годах было показано, что распределение типов колбочек в сетчатке неравномерно: «синие»

колбочки находятся ближе к периферии, в то время как «красные» и «зеленые» распределены случайным образом,^[3] что было подтверждено более детальными исследованиями в начале XXI века.^[4] Соответствие типов колбочек трём «основным» цветам обеспечивает распознавание тысяч цветов и оттенков. Кривые спектральной чувствительности трёх видов колбочек частично перекрываются, что способствует явлению метамерии. Очень сильный свет возбуждает все 3 типа рецепторов, и потому воспринимается, как излучение слепяще-белого цвета (эффект метамерии).

Равномерное раздражение всех трёх элементов, соответствующее средневзвешенному дневному свету, также вызывает ощущение белого цвета (см. Психология восприятия цвета).

Тип колбочек	обозначение	Воспринимаемые длины волн	Максимум чувствительности ^{[5][6]}
S	β	400—500 нм	420—440 нм
M	γ	450—630 нм	534—555 нм
L	ρ	500—700 нм	564—580 нм

Свет с разной длиной волны по-разному стимулирует разные типы колбочек. Например, желто-зелёный свет в равной степени стимулирует колбочки L и M-типов, но слабее стимулирует колбочки S-типа. Красный свет стимулирует колбочки L-типа намного сильнее, чем колбочки M-типа, а S-типа не стимулирует почти совсем; зелено-голубой свет стимулирует рецепторы M-типа сильнее, чем L-типа, а рецепторы S-типа — ещё немного сильнее; свет с этой длиной волны наиболее сильно стимулирует также палочки. Фиолетовый свет стимулирует почти исключительно колбочки S-типа. Мозг воспринимает комбинированную информацию от разных рецепторов, что обеспечивает различное восприятие света с разной длиной волны.

За цветовое зрение человека и обезьян отвечают гены, кодирующие светочувствительные белки опсины. По мнению сторонников трёхкомпонентной теории, наличие трёх разных белков, реагирующих на разные длины волн, является достаточным для цветового восприятия. У большинства млекопитающих таких генов только два, поэтому они имеют двухцветное зрение. В том случае, если у человека два белка, кодируемые разными генами, оказываются слишком схожи или один из белков не синтезируется, развивается дальтонизм. Н. Н. Миклухо-Маклай установил, что у папуасов Новой Гвинеи, живущих в гуще зелёных джунглей, отсутствует способность различать зелёный цвет.

Чувствительный к красному свету опсин кодируется у человека геном OPN1LW.

Другие опсины человека кодируют гены OPN1MW, OPN1MW2 и OPN1SW, первые два из них кодируют белки, чувствительные к

свету со средними длинами волны, а третий отвечает за опсин, чувствительный к коротковолновой части спектра.

Необходимость трех типов опсинов для цветового зрения недавно была доказана в опытах на беличьей обезьяне (саймири), самцов которых удалось излечить от врожденного дальтонизма путем введения в их сетчатку гена человеческого опсина OPN1LW^[9]. Эта работа (вместе с аналогичными опытами на мышах) показала, что зрелый мозг способен приспособиться к новым сенсорным возможностям глаза.

Ген OPN1LW, который кодирует пигмент, отвечающий за восприятие красного цвета, высоко полиморфен (в недавней работе Виррелли и Тишкова было найдено 85 аллелей в выборке из 256 человек), и около 10 % женщин, имеющих два разных аллеля этого гена, фактически имеют дополнительный тип цветовых рецепторов и некоторую степень четырёхкомпонентного цветового зрения.^[12] Вариации гена OPN1MW, который кодирует «желто-зеленый» пигмент, встречаются редко и не влияют на спектральную чувствительность рецепторов.

Ген OPN1LW и гены, отвечающие за восприятие света со средней длиной волны, расположены в X-хромосоме тандемно, и между ними часто происходит негомологичная рекомбинация или генная конверсия. При этом может происходить слияние генов или увеличение числа их копий в хромосоме. Дефекты гена OPN1LW — причина частичной цветовой слепоты, протанопии.

Трёхсоставную теорию цветового зрения впервые высказал в 1756 году М. В. Ломоносов, когда он писал «о трёх материях дна ока». Сто лет спустя её развил немецкий учёный Г. Гельмгольц, который не упоминает известной работы Ломоносова «О происхождении света», хотя она была опубликована и кратко изложена на немецком языке.

Параллельно существовала оппонентная теория цвета Эвальда Геринга. Её развили Дэвид Хьюбел (David H. Hubel) и Торстен Визел (Torsten N. Wiesel). Они получили Нобелевскую премию 1981 года за своё открытие.

Они предположили, что в мозг поступает информация вовсе не о красном (R), зелёном (G) и синем (B) цветах (теория цвета Юнга—Гельмгольца). Мозг получает информацию о разнице яркости — о разнице яркости белого (Y_{\max}) и чёрного (Y_{\min}), о разнице зелёного и красного цветов ($G - R$), о разнице синего и жёлтого цветов ($B - \text{yellow}$), а жёлтый цвет ($\text{yellow} = R + G$) есть сумма красного и зелёного цветов, где R, G и B — яркости цветовых составляющих — красного, R, зелёного, G, и синего, B.

Имеем систему уравнений — $K_{ч-б} = Y_{\max} - Y_{\min}$; $K_{gr} = G - R$; $K_{brg} = B - R - G$, где $K_{ч-б}$, K_{gr} , K_{brg} — функции коэффициентов баланса белого для любого освещения. Практически это выражается в том, что люди воспринимают цвет предметов одинаково при разных источниках освещения (цветовая адаптация). Оппонентная теория в целом лучше объясняет тот факт, что люди воспринимают цвет предметов одинаково при чрезвычайно разных источниках освещения (цветовая адаптация), в том числе при различном цвете источников света в одной сцене.

Эти две теории не вполне согласованы друг с другом. Но несмотря на это, до сих пор предполагают, что на уровне сетчатки действует трёхстимульная теория, однако информация обрабатывается и в мозг поступают данные, уже согласующиеся с оппонентной теорией.

Бинокулярное и Стереоскопическое зрение[\[править | править вики-текст\]](#)

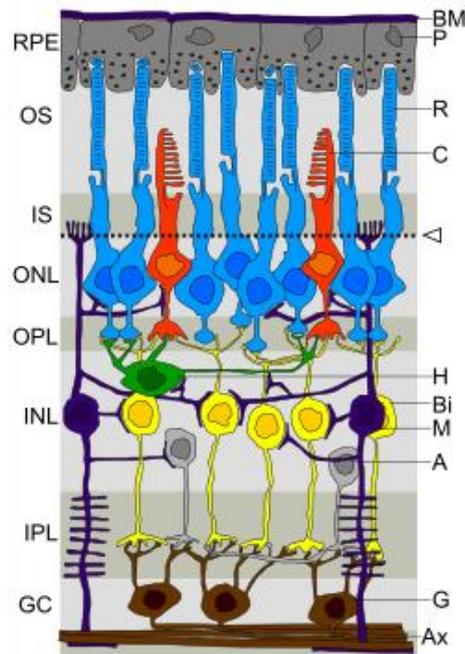
Зрительный анализатор человека в н.у. обеспечивает бинокулярное зрение, то есть зрение двумя глазами с единым зрительным восприятием. Основным рефлекторным механизмом бинокулярного зрения является рефлекс слияния изображения — фузионный рефлекс (фузия), возникающий при одновременном раздражении функционально неодинаковых нервных элементов сетчатки обоих глаз. Вследствие этого возникает физиологическое двоение предметов, находящихся ближе или дальше фиксируемой точки (бинокулярная фокусировка). Физиологичное двоение (фокус) помогает оценивать удалённость предмета от глаз и создает ощущение рельефности, или стереоскопичности, зрения.

При зрении одним глазом (монокулярное зрение) — посредством моногля, телескопа, микроскопа и т. п. — стереоскопичность зрения невозможна и восприятие глубины (рельефной удалённости) осуществляется гл. обр. благодаря вторичным вспомогательным признакам удаленности (видимая величина предмета, линейная и воздушная перспективы, загораживание одних предметов другими, аккомодация глаза и т. д. и т. п.).

Ведущий глаз[\[править | править вики-текст\]](#)

Глаза человека функционально несколько различаются, поэтому выделяют ведущий и ведомый глаз. Определение ведущего глаза важно для охотников, видеооператоров и лиц других профессий. Если посмотреть через отверстие в непрозрачном экране (дырочка в листе бумаги на расстоянии 20—30 см) на отдалённый предмет, а затем, не смещая голову, поочередно закрывать правый и левый глаз, то для ведущего глаза изображение не сместится.

Световая чувствительность человеческого глаза



Слой сетчатки RPE — пигментный эпителий сетчатки

OS — наружный сегмент фоторецепторов

IS — внутренний сегмент фоторецепторов

ONL — внешний ядерный слой

OPL — внешний сплетениевидный слой

INL — внутренний ядерный слой

IPL — внутренний сплетениевидный слой

GC — ганглионарный слой

BM — мембрана Бруха

P — пигментные эпителиоциты

R — палочки

C — колбочки

Стрелка и пунктирная линия — внешняя пограничная мембрана

H — горизонтальные клетки

B — биполярные клетки

M — Клетки Мюллера

A — амакриновые клетки

G — ганглионарные клетки

AX — аксоны

Способность глаза воспринимать свет и распознавать различные степени его яркости называется светоощущением, а способность приспособливаться к разной яркости освещения — адаптацией глаза; световая чувствительность оценивается величиной порога светового раздражителя.

Человек с хорошим зрением способен разглядеть ночью свет от свечи на расстоянии нескольких километров. Однако световая чувствительность зрения многих ночных животных (совы, грызуны) гораздо выше.

Максимальная световая чувствительность палочек глаза достигается после достаточно длительной темновой адаптации. Её определяют под действием светового потока в телесном угле 50° при длине волны 500 нм (максимум чувствительности глаза). В этих условиях пороговая энергия света около 10^{-9} эрг/с, что эквивалентно потоку нескольких квантов излучения оптического диапазона в секунду через зрачок.

Максимальные изменения зрачка для здорового человека — от 1,8 мм до 7,5 мм, что соответствует изменению площади зрачка в 17 раз. Однако, реальный диапазон изменения освещённости сетчатки ограничивается соотношением 10:1, а не 17:1, как следовало бы ожидать исходя из изменений площади зрачка. На самом деле освещённость сетчатки пропорциональна произведению площади зрачка, яркости объекта и коэффициенту пропускания глазных сред.

Вклад зрачка в регулировку чувствительности глаза крайне незначителен. Весь диапазон яркостей, которые наш зрительный механизм способен воспринять, огромен: от 10^{-6} кд·м⁻² для глаза, полностью адаптированного к темноте, до 10^6 кд·м⁻² для глаза, полностью адаптированного к свету^{[15][16]} Механизм такого широкого диапазона чувствительности кроется в разложении и восстановлении фоточувствительных пигментов в фоторецепторах сетчатки — колбочках и палочках.

Чувствительность глаза зависит от полноты адаптации, от интенсивности источника света, длины волны и угловых размеров источника, а также от времени действия раздражителя. Чувствительность глаза понижается с возрастом из-за ухудшения оптических свойств склеры и зрачка, а также рецепторного звена восприятия.

Максимум чувствительности при дневном освещении (*дневное зрение*) лежит при 555—556 нм, а при слабом вечернем/ночном (*сумеречное зрение/ночное зрение*) смещается в сторону фиолетового края видимого спектра и располагается на 510 нм (в течение суток колеблется в пределах 500—560 нм). Объясняется это (зависимость зрения человека от условий освещённости при восприятии им разноцветных объектов, соотношение их кажущейся яркости — эффект Пуркинье) двумя типами светочувствительных элементов глаза — при ярком свете зрение осуществляется преимущественно колбочками, а при слабом задействуются предпочтительно только палочки.

Острота зрения

Способность различных людей видеть большие или меньшие детали предмета с одного и того же расстояния при одинаковой форме глазного яблока и одинаковой преломляющей силе диоптрической глазной системы обуславливается различием в расстоянии между чувствительными элементами сетчатки и называется остротой зрения.

Острота зрения — способность глаза воспринимать *раздельно* две точки, расположенные друг от друга на некотором расстоянии (*детализация, мелкозернистость, разрешётка*). Мерилем остроты зрения является угол зрения, то есть угол, образованный лучами, исходящими от краёв

рассматриваемого предмета (или от двух точек A и B) к узловой точке (K) глаза. Острота зрения обратно-пропорциональна углу зрения, то есть, чем он меньше, тем острота зрения выше. В норме глаз человека способен *раздельно* воспринимать объекты, угловое расстояние между которыми не меньше $1'$ (1 минута).

Острота зрения — одна из важнейших функций зрения. Острота зрения человека ограничена его строением. Глаз человека в отличие от глаз головоногих, например, это обращённый орган, то есть, светочувствительные клетки находятся под слоем нервов и кровеносных сосудов.

Острота зрения зависит от размеров колбочек, находящихся в области жёлтого пятна, сетчатки, а также от ряда факторов: рефракции глаза, ширины зрачка, прозрачности роговицы, хрусталика (и его эластичности), стекловидного тела (кои составляют светопреломляющий аппарат), состояния сетчатой оболочки и зрительного нерва, возраста.

Остроту зрения и/или Световую чувствительность часто также называют разрешающей способностью простого(невооруженного) глаза (*resolving power*).

Поле зрения

Периферическое зрение (поле зрения) — определяют границы поля зрения при проекции их на сферическую поверхность (при помощи периметра). Поле зрения — пространство, воспринимаемое глазом при неподвижном взгляде. Зрительное поле является функцией периферических отделов сетчатки; его состоянием в значительной мере определяется возможность человека свободно ориентироваться в пространстве.

Изменения поля зрения обуславливаются органическими и/или функциональными заболеваниями зрительного анализатора: сетчатки, зрительного нерва, зрительного пути, ЦНС. Нарушения поля зрения проявляются либо сужением его границ (выражают в градусах или линейных величинах), либо выпадением отдельных его участков (Гемиянопсия), появлением скотомы.

Бинокулярность

Рассматривая предмет обоими глазами, мы видим его только тогда одиночным, когда оси зрения глаз образуют такой угол сходимости (конвергенцию), при котором симметричные отчётливые изображения на сетчатках получаются в определённых соответственных местах чувствительного жёлтого пятна (*fovea centralis*). Благодаря такому бинокулярному зрению, мы не только судим об относительном положении и расстоянии предметов, но и воспринимаем рельеф и объём.

Основными характеристиками бинокулярного зрения являются наличие элементарного бинокулярного, глубинного и стереоскопического зрения, острота стереозрения и фузионные резервы.

Наличие элементарного бинокулярного зрения проверяется посредством разбиения некоторого изображения на фрагменты, часть которых предъявляется левому, а часть — правому глазу. Наблюдатель обладает

элементарным бинокулярным зрением, если он способен составить из фрагментов единое исходное изображение.

Наличие глубинного зрения проверяется путём предъявления силуэтных, а стереоскопического — случайно-точечных стереограмм, которые должны вызывать у наблюдателя специфическое переживание глубины, отличающееся от впечатления пространственности, основанного на монокулярных признаках.

Острота стереозрения — это величина, обратная порогу стереоскопического восприятия. Порог стереоскопического восприятия — это минимальная обнаруживаемая диспаратность (угловое смещение) между частями стереограммы. Для его измерения используется принцип, который заключается в следующем. Три пары фигур предъявляются раздельно левому и правому глазу наблюдателя. В одной из пар положение фигур совпадает, в двух других одна из фигур смещена по горизонтали на определённое расстояние. Испытуемого просят указать фигуры, расположенные в порядке возрастания относительного расстояния. Если фигуры указаны в правильной последовательности, то уровень теста увеличивается (диспаратность уменьшается), если нет — диспаратность увеличивается.

Фузионные резервы — условия, при которых существует возможность моторной фузии стереограммы. Фузионные резервы определяются максимальной диспаратностью между частями стереограммы, при которых она ещё воспринимается в качестве объёмного изображения. Для измерения фузионных резервов используется принцип, обратный применяемому при исследовании остроты стереозрения. Например, испытуемого просят соединить в одно изображение две вертикальных полосы, одна из которых видна левому, а другая — правому глазу. Экспериментатор при этом начинает медленно разводить полосы сначала при конвергентной, а затем при дивергентной диспаратности. Изображение начинает раздваиваться при значении диспаратности, характеризующей фузионный резерв наблюдателя.

Бинокулярность может нарушаться при косоглазии и некоторых других заболеваниях глаз. При сильной усталости может наблюдаться временное косоглазие, вызванное отключением ведомого глаза.

Контрастная чувствительность

Контрастная чувствительность — способность человека видеть объекты, слабо отличающиеся по яркости от фона. Оценка контрастной чувствительности производится по синусоидальным решеткам. Повышение порога контрастной чувствительности может быть признаком ряда глазных заболеваний, в связи с чем его исследование может применяться в диагностике.

Адаптация зрения[\[править | править вики-текст\]](#)

Приведенные выше свойства зрения тесно связаны со способностью глаза к адаптации. Адаптация глаза — приспособление зрения к различным условиям освещения. Адаптация происходит к изменениям освещённости (различают адаптацию к свету и темноте), цветовой характеристики освещения (способность воспринимать белые предметы белыми даже при значительном изменении спектра падающего света).

Адаптация к свету наступает быстро и заканчивается в течение 5 мин., адаптация глаза к темноте — процесс более медленный. Минимальная яркость, вызывающая ощущение света, определяет световую чувствительность глаза. Последняя быстро нарастает в первые 30 мин. пребывания в темноте, её повышение практически заканчивается через 50—60 мин. Адаптацию глаза к темноте исследуют при помощи специальных приборов — адаптометров.

Понижение адаптации глаза к темноте наблюдают при некоторых глазных (пигментная дистрофия сетчатки, глаукома) и общих (А-авитаминоз) заболеваниях.

Адаптация проявляется также в способности зрения частично компенсировать дефекты самого зрительного аппарата (оптические дефекты хрусталика, дефекты сетчатки, скотомы и пр.)

*Основная статья: **Оптические иллюзии***

Зрительный аппарат — глаза и проводящие пути — настолько тесно интегрирован с мозгом, что трудно сказать, где начинается та или иная часть процесса переработки зрительной информации.

В зависимости от ситуации, человек способен «видеть» предметы, частично скрытые от глаза, например, частой решёткой. В течение одной-двух недель человек полностью адаптируется к «перевернутому изображению мира», создаваемому специальными призматическими очками (Инвертоскопом).

*Основная статья: **Заболевания глаз***

Самый массовый недостаток — нечёткая, неясная видимость близких или удалённых предметов.

Дефекты хрусталика

Дальнозоркость

*Основная статья: **Дальнозоркость***

Дальнозоркостью называется такая аномалия рефракции, при которой лучи света, попадающие в глаз, фокусируются не на сетчатке, а позади неё. В легких формах глаз с хорошим запасом аккомодации компенсирует зрительный недостаток с помощью увеличения кривизны хрусталика цилиарной мышцей.

При более сильной дальнозоркости (3 дптр и выше) зрение плохое не только вблизи, но и вдаль, причем глаз не способен скомпенсировать дефект самостоятельно. Дальнозоркость обычно бывает врожденной и не прогрессирует (обычно уменьшается к школьному возрасту).

При дальнозоркости назначают очки для чтения или постоянного ношения. Для очков подбираются собирающие линзы (перемещают фокус вперед на сетчатку), при использовании которых зрение пациента становится наилучшим.

Несколько отличается от дальнозоркости пресбиопия, или возрастная дальнозоркость. Пресбиопия развивается вследствие утраты хрусталиком эластичности (что является нормальным результатом его развития). Этот процесс начинается ещё в школьном возрасте, но человек обычно замечает ослабление зрения вблизи после 40 лет. (Хотя в 10 лет дети-эмметропы могут читать на расстоянии 7 см, в 20 лет — уже минимум 10 см, а в 30 — 14 см и так

далее.) Старческая дальнозоркость развивается постепенно, и к 65—70 годам человек уже полностью теряет способность аккомодировать, развитие пресбиопии завершено.

Близорукость

Близорукость — аномалия рефракции глаза, при которой фокус перемещается вперед, а на сетчатку попадает уже расфокусированное изображение. При близорукости дальнейшая точка ясного зрения лежит в пределах 5 метров (в норме она лежит в бесконечности). Близорукость бывает ложной (когда из-за перенапряжения цилиарной мышцы происходит её спазм, в результате чего кривизна хрусталика остается слишком большой при зрении вдаль) и истинной (когда глазное яблоко увеличивается в передне-задней оси). В легких случаях далекие объекты размыты, в то время как близкие остаются четкими (дальнейшая точка ясного зрения лежит достаточно далеко от глаз). В случаях высокой близорукости происходит значительное снижение зрения. Начиная приблизительно с -4 дптр, человеку необходимы очки и для дали, и для близкого расстояния (в противном случае рассматриваемый предмет нужно подносить очень близко к глазам).

В подростковом возрасте близорукость часто прогрессирует (глаза постоянно напрягаются для работы вблизи, из-за чего глаз компенсаторно растет в длину). Прогрессия близорукости иногда принимает злокачественную форму, при которой зрение падает на 2—3 диоптрии в год, наблюдается растяжение склеры, происходят дистрофические изменения сетчатки. В тяжелых случаях возникает опасность отслойки перерастянутой сетчатки при физической нагрузке или внезапном ударе. Остановка прогрессии близорукости обычно наступает к 25—30 годам, когда перестает расти организм. При стремительной прогрессии зрение к тому времени падает до -25 диоптрий и ниже, очень сильно калеча глаза и резко нарушая качество зрения вдаль и вблизи (все, что человек видит, — это мутные очертания без какого-либо детализированного зрения), причем такие отклонения очень тяжело поддаются полноценному исправлению оптикой: толстые очковые стекла создают сильные искажения и уменьшают предметы визуально, отчего человек не видит достаточно хорошо даже в очках. В таких случаях лучшего эффекта можно добиться с помощью контактной коррекции.

Несмотря на то, что вопросу остановки прогрессирования близорукости посвящены сотни научно-медицинских работ, до сих пор нет доказательств эффективности ни одного метода лечения прогрессирующей близорукости, включая операции (склеропластика). Есть доказательства небольшого, но статистически значимого уменьшения темпов роста близорукости у детей при применении глазных капель атропина и (отсутствующего в России) глазного геля пирензипина ^[источник не указан 1599 дней].

При близорукости часто прибегают к лазерной коррекции зрения (воздействие на роговицу с помощью лазерного луча с целью уменьшения её кривизны). Этот метод коррекции не до конца безопасный, но в

большинстве случаев удается добиться значительного улучшения зрения после операции.

Дефекты близорукости и дальнозоркости могут быть преодолены с помощью очков или восстановительных курсов гимнастики как и другие нарушения рефракции.

Астигматизм

Астигматизм — дефект оптики глаза, вызванный неправильной формой роговицы и (или) хрусталика. У всех людей формы роговицы и хрусталика отличаются от идеального тела вращения (то есть все люди имеют астигматизм той или иной степени). В тяжелых случаях вытягивание по одной из осей может быть очень сильным, кроме того, роговица может иметь дефекты кривизны, вызванные другими причинами (ранениями, перенесенными инфекционными заболеваниями и т. д.). При астигматизме лучи света преломляются с разной силой в разных меридианах, в результате чего изображение получается искривленным и местами нечетким. В тяжелых случаях искажения настолько сильны, что значительно снижают качество зрения.

Астигматизм легко диагностировать, рассматривая одним глазом лист бумаги с тёмными параллельными линиями — вращая такой лист, астигматик заметит, что тёмные линии то размываются, то становятся чётче. У большинства людей встречается врождённый астигматизм до 0,5 диоптрий, не приносящий дискомфорта.

Данный дефект компенсируется очками с цилиндрическими линзами, имеющими различную кривизну по горизонтали и вертикали и контактными линзами, (жёсткими или мягкими торическими), также, как и очковыми линзами, имеющими разную оптическую силу в разных меридианах.

Дефекты сетчатки

Дальтонизм

Если в сетчатке глаза выпадает или ослаблено восприятие одного из трёх основных цветов, то человек не воспринимает какой-то цвет. Есть «цветнослепые» на красный, зелёный и сине-фиолетовый цвет. Редко встречается парная, или даже полная цветовая слепота. Чаще встречаются люди, которые не могут отличить красный цвет от зелёного. Эти цвета они воспринимают как серые. Такой недостаток зрения был назван дальтонизмом — по имени английского учёного Д. Дальтона, который сам страдал таким расстройством цветного зрения и впервые описал его.

Дальтонизм неизлечим, передаётся по наследству (сцеплен с X-хромосомой). Иногда он возникает после некоторых глазных и нервных болезней.

Дальтоники не допускают к работам связанным с вождением транспорта на дорогах общего пользования. Очень важно хорошее цветоощущение для моряков, лётчиков, химиков, художников, поэтому для некоторых профессий цветовое зрение проверяют с помощью специальных таблиц.

Скотома

Скотома (греч. skotos — темнота) — пятнообразный дефект в поле зрения глаза, вызванный заболеванием в сетчатке, болезнями зрительного нерва, глаукомой. Это участки (в пределах поля зрения), в которых зрение существенно ослаблено, или отсутствует. Иногда скотомой называют слепое пятно — область на сетчатке, соответствующая диску зрительного нерва (т. н. физиологическая скотома).

Абсолютная скотома (англ. *absolute scotomata*) — участок, в котором зрение отсутствует. Относительная скотома (англ. *relative scotoma*) — участок, в котором зрение значительно снижено.

Предположить наличие скотомы можно самостоятельно, проведя исследование с помощью теста Амслера.

Прочие дефекты

- **Дневная слепота** — резкое снижение зрения в условиях избыточной освещённости, недостаточная адаптация к яркому свету. Типичными причинами дневной слепоты являются колбочковая дегенерация, ахроматопсия, а также приём противосудорожного препарата триметадиона.

- **Никталопия** — расстройство, при котором затрудняется или пропадает способность видеть в условиях низкой освещённости. Причиной никталопии являются авитаминоз или гиповитаминоз А, а также В1 и РР. Симптоматическая никталопия наблюдается при заболеваниях сетчатки и зрительного нерва.

Стремление улучшить зрение связано с попыткой преодолеть как дефекты зрения, так и его естественные ограничения.

В зависимости от характера и причин нарушения зрения для коррекции дефектов зрительного восприятия используют различные технические приспособления, специальные упражнения, а также несколько видов оперативного вмешательства (микрохирургия, имплантация хрусталика, лазерная коррекция зрения и др.).

Инструментальные методы

Коррекция недостатков зрения обычно осуществляется с помощью очков.

Для расширения возможностей зрительного восприятия используют также специальные приборы и методы, например, микроскопы и телескопы.

Хирургическая коррекция[\[править | править вики-текст\]](#)

Привести оптические свойства глаза в норму возможно изменением кривизны роговицы. Для этого в определенных местах роговица испаряется лазерным лучом, что приводит к изменению её формы. Основные способы лазерной коррекции зрения — ФПК и LASIK.

Лечение дальтонизма[\[править | править вики-текст\]](#)

В настоящее время дальтонизм неизлечим. Однако разработана технология лечения дальтонизма за счет внедрения в клетки сетчатки недостающих генов посредством генноинженерных вирусных частиц. В 2009 году

в Nature появилась публикация об успешном испытании этой технологии на обезьянах, многие из которых от природы плохо различают цвета^[9].

Клиническая рефракция глаза

Глаз — сложная, постоянно изменяющаяся оптическая система, в объяснении работы которой не всегда применимы законы физической оптики. Глаз можно рассматривать как уникальное техническое устройство для передачи изображения. Создание картины зрительного восприятия — многокомпонентный процесс, важное звено в котором принадлежит ЦНС.

Рефракция — преломляющая сила оптической системы. Преломление световых лучей возможно при прохождении из одной прозрачной среды в другую. Оптические среды в глазу - роговица с присущей ей прекоorneальной слёзной плёнкой, влага передней камеры, хрусталик и СТ. Таким образом, глаз представляет собой сложную оптическую систему (рис. 24-1, а). По отношению к глазу различают *два вида рефракции*: физическую и клиническую.

Клиническая рефракция глаза — это положение задней фокусной точки глаза относительно сетчатки. Если задний главный фокус оптической системы глаза совпадает с сетчаткой, то падающие на глаз параллельные лучи собираются в фокусе и дают изображение бесконечно удалённой от глаза точки на его сетчатке. Таковую клиническую рефракцию называют эмметропией.

Различают клиническую рефракцию двух видов: статическую и динамическую.

Статическая рефракция непосредственно характеризует состояние глаза при расположении дальнейшей точки ясного видения в бесконечности. Она отражает лишь структурные особенности оптической системы глаза. Любое желание индивидуума распознать предмет, находящийся ближе бесконечности, приводит к дефокусированию изображения и требует изменения рефракции. Эти изменения возможны лишь при изменении рефракции хрусталика (аккомодации). Таким образом, статическая рефракция представляет собой рефракцию глаза в состоянии покоя аккомодации.

Динамическая рефракция — рефракция глаза при включении аккомодации. Положение ближайшей точки ясного видения соответствует максимальному напряжению аккомодации, ближе которой данный глаз уже не может видеть объекты. Отклонения клинической рефракции различного вида носят собирательное название аметропии. При миопии (близорукости) лучи в глазу фокусируются впереди сетчатки, при гиперметропии (дальнозоркости) мнимый фокус находится позади неё, а при астигматизме отмечают сочетание различных рефракций или разных величин одной рефракции.

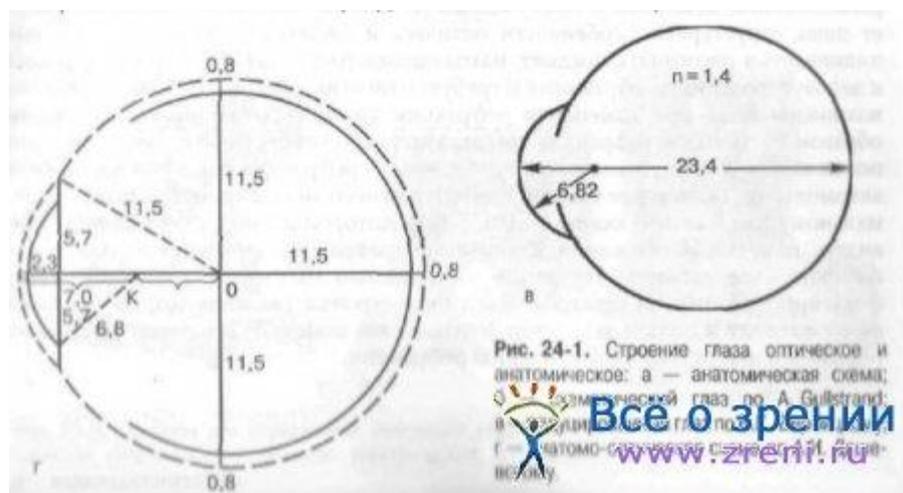


Рис. 24-1. Строение глаза оптическое и анатомическое: а — анатомическая схема; б — оптический глаз по А. Галлебранд; в — оптический глаз по Галлебранду; г — оптический глаз по Галлебранду.

Физическая рефракция глаза

Физическая рефракция глаза - преломляющая сила его оптической системы, выраженная в диоптриях. За одну диоптрию (D) принимают силу линзы с фокусным расстоянием 1 м. Данная величина противоположна фокусному расстоянию. Соотношение величин преломляющей силы (D) и фокусного расстояния (F) определяет известная формула $D=1/F$. Следовательно, линза с фокусным расстоянием 0,5 м обладает преломляющей силой 2,0 D, 2 м - 0,5 D и т.д. Средняя преломляющая сила нормального глаза

составляет от 71 D у новорождённых до 52 D у взрослых. Преломляющая сила роговицы может находиться в пределах 38-47 D, хрусталика - 15-23 D.

Несмотря на оптическое «несовершенство» глаза, для проведения тех или иных расчётов предложены упрощённые схемы, основанные на средних константах, полученных при измерении глаз множества людей.

Наиболее удачная модель — схематический глаз Гульстранда (1909). В нём есть так называемые передняя и задняя главные точки пересечения оптической оси с главными плоскостями.

Сопряжённость плоскостей заключена в том, что изображение объекта, находящегося в передней главной плоскости, полностью совместимо со своим изображением в задней главной плоскости и имеет одинаковую величину и положение с самим объектом. В схематическом глазу несколько преломляющих поверхностей с разным коэффициентом преломления. Передняя и задняя главные плоскости расположены соответственно на расстоянии 1,47 и 1,75 мм от вершины роговицы, а передний и задний фокус на расстоянии 15,31 мм и 24,0 мм. Преломляющая сила равна 58,64 D, радиус кривизны роговицы 7,7 мм, радиус кривизны сетчатки 10,5 мм, длина глаза 24,0 мм (рис. 24-1, б).

Более простая схема оптической системы глаза предложена В. К. Вербицким (1928) в виде модели редуцированного глаза и основана на том, что в глазу только одна преломляющая поверхность и только одна оптическая среда с единым коэффициентом преломления. Главная точка совпадает с вершиной преломляющей поверхности, узловая точка — центр её кривизны. Преломляющая сила редуцированного глаза равна 58,82 D, радиус кривизны роговицы 6,8 мм, радиус кривизны сетчатки 10,2 мм и длина глаза 23,4 мм (рис. 24-1, в).

Для клинической практики необходимо иметь схему среднего глаза, которая была бы с одной стороны проста, а с другой — близка к анатомическим структурам. Такая анатомо-оптическая схема глаза, созданная на основе показателей модели редуцированного глаза и истинных средних анатомических размеров, предложена А. И. Дашевским (1955). Согласно данной схеме преломляющая сила глаза соответствует схематическому (24,0 мм), радиус кривизны роговицы такой же, как в редуцированном глазу (6,8 мм), радиус кривизны сетчатки 11,5 мм, а длина глаза равна 24,4 мм (рис. 24-1, г).

Однако в клинической практике необходимо оценивать местоположение точки заднего фокуса в глазу.

Миопия. Гиперметропия. Астигматизм. Пресбиопия.

Астигматизм, близорукость и дальнозоркость

Астигматизмом называют такое расстройство, при котором происходит неправильное формирование изображения относительно сетчатки (отсутствие единого фокуса). Нередко заболевание бывает обусловлено аномалиями строения глазного яблока. Например, радиус кривизны роговицы может быть неодинаковым в разных меридианах (циркулярных линиях, проведенных условно через глазное яблоко и проходящих через оба полюса глаза). Поэтому

изображение формируется с различной четкостью.

Реже *изменяется кривизна хрусталика*. Подобные изменения могут быть следствием и других факторов: заболеваний роговицы, травм, оперативных вмешательств, воспалительных процессов, рубцевания, подвывиха хрусталика.

Перпендикулярные меридианы, которые более всего различаются в рефракции, называют главными. Если в одном из них преломление света самое сильное, а в другом самое слабое, такой вид астигматизма называется правильным, или простым. При этом в одном меридиане положение фокусной точки на сетчатке правильное, а в другом – миопическое или гиперметропическое (т. е. соответственно перед или за сетчаткой). Сложным астигматизм называется тогда, когда в главных меридианах обе фокусные точки расположены перед или за сетчаткой, но на различном от нее расстоянии. Такое нарушение, при котором одна из точек расположена перед, а другая – за сетчаткой, называется смешанным астигматизмом.

Иногда к возникновению астигматизма приводят нарушения прикуса, врожденные изменения верхней челюсти. Деформации челюсти и зубов могут привести к изменению стенок глазницы.

Среди проявлений заболевания называют в первую очередь осязаемое понижение остроты зрения. Часто предметы видятся искривленными, деформированными. При длительном чтении или другой зрительной нагрузке возникает боль в области лба и висков, глаза быстро устают. Таких больных легко распознать среди окружающих: при разглядывании предметов они часто щурятся, оттягивают наружу внешний край глаза, иногда наклоняют голову вбок, пытаясь изменить угол видения и увеличить четкость изображения.

В том случае, когда различие в преломлении главных меридианов не превышает 1 диоптрии, понижения зрения не наблюдается.

Близорукость

Близорукостью (миопией) называют такое расстройство пространственного видения, при котором преимущественно нарушается зрительное восприятие предметов, находящихся вдали.

По статистике среди заболеваний глаз это нарушение встречается наиболее часто. Предрасполагающим фактором к развитию болезни является регулярное выполнение работы, требующей напряжения зрения (чтения, работы с мелкими механизмами) на близком расстоянии или при недостаточном освещении.

Не последнюю роль играет и наследственность. Так, ребенок может унаследовать от родителей своеобразное строение глазного яблока (с удлиненной переднезадней осью глаза), которое обуславливает неправильный ход лучей, что является основой миопии.

Близорукость может возникать также как результат перенесенных инфекционных заболеваний, тяжелых отравлений, нарушений обменных процессов и болезней желез внутренней секреции. Точные причины, приведшие к развитию близорукости в том или ином конкретном случае, часто остаются неизвестными.

Тем не менее всегда следует иметь в виду, что болезнь может возникнуть в результате неправильного или однообразного питания, когда пищевые продукты содержат недостаточное количество микроэлементов – хрома, меди и т. д.. Косвенно неблагоприятное влияние оказывает также такой фактор, как малоподвижный образ жизни.

Основным и наиболее достоверным проявлением заболевания является снижение остроты зрения к далеко расположенным предметам. Это объясняется следующим. Ход световых лучей в глазах здорового человека формирует изображение, которое ложится непосредственно на воспринимающий их аппарат – сетчатку.

В условиях же близорукости, когда происходит удлинение зрительной оси, изображение проецируется впереди нее, что и обуславливает нечеткое видение. Кроме ухудшения зрения, достаточно часто при миопии в результате чрезмерного напряжения глаз могут возникать болевые ощущения в глазах, головная боль.

Близорукость часто начинается с детства, формируясь в младшем школьном возрасте при неправильной посадке за партой. В ряде случаев зрение, снижаясь до какой-то определенной величины, остается таким же и дальше. Однако чаще со временем, особенно при отсутствии коррекции, болезнь развивается. Темп ухудшения составляет примерно 1-2 диоптрии в год.

Расстройство зрения может стать причиной многочисленных осложнений, среди которых одно из лидирующих мест занимает косоглазие.

Близоруким женщинам запрещают самостоятельно рожать, так как чрезмерная нагрузка при родах может способствовать не только усугублению болезни, но и такому осложнению, как отслойка сетчатки.

Миопия неизбежно накладывает на страдающего ею человека ряд ограничений. Так, **близоруким**, особенно детям, запрещается заниматься силовыми видами спорта, поднимать тяжести, выполнять упражнения, при которых голова находится ниже уровня тела.

На данном видео ролике показан смысл возникновения близорукости и дальнозоркости. Пожалуй это две наиболее часто встречающиеся патологии органа зрения. Рекомендуется для всех.

Дальнозоркость

Когда преломление световых лучей происходит таким образом, что изображение предметов формируется за сетчаткой, возникает дефект видения, называемый дальнозоркостью (гиперметропией). При этом человеку не составляет труда видеть далеко находящиеся предметы, однако близко расположенные он видит плохо.

Степень дальнозоркости представляет собой количество диоптрий, которых глазу не хватает для нормального видения. Ее оценивают следующим образом: до 2 дптр – слабая, от 2 до 4 – средняя и больше 4 дптр – сильная гиперметропия.

В покое, без напряжения глаз, дальнозоркий человек плохо видит близкие

предметы. Поэтому при ближайшем рассмотрении требуется постоянная аккомодация с участием мышц глаза, которая тем сильнее, чем ближе предмет. В результате после длительного напряжения при гиперметропии ощущаются разбитость, боль в области лба и висков, слезотечение, чувство покалывания. Иногда отмечаются болевые ощущения в глазах, особенно при ярком свете.

Все это способствует резкому снижению трудоспособности. Как правило, степень выраженности симптомов напрямую зависит от степени выраженности дальнозоркости.

Если дальнозоркостью страдает ребенок, осложнения от этого заболевания встречаются чаще, чем у взрослых. Среди них может быть, например, косоглазие, когда постоянная аккомодация со временем вызывает стойкое схождение зрачков. Иногда может возникать так называемая амблиопия – состояние, при котором ухудшенное зрение сохраняется даже при ношении очков.

Следует отметить, что все новорожденные дальнозорки. Степень дальнозоркости составляет около 3 диоптрий. Однако это состояние физиологично, и постепенно к 7—8 годам зрение приходит в норму. Поэтому не стоит бить тревогу, если у ребенка младшего школьного возраста обнаружена незначительная гиперметропия.

Как правило, **при описанных нарушениях** хороший эффект достигается коррекцией при помощи очков или контактных линз. Это, собственно, является основным и обязательным методом лечения.

Хотя существуют и другие, которые, хотя и рекомендуются, но не всегда выполняются больным. Среди них – массаж, дыхательная гимнастика, лечебная физкультура, фитотерапия и др. Они могут применяться как для предотвращения развития процесса, так и для улучшения состояния при близорукости, дальнозоркости и астигматизме.

Казалось бы, человек, страдающий гиперметропией, при чтении должен отодвигать от себя книгу. Однако часто такие люди, наоборот, подносят книгу очень близко к глазам. Причина этого в том, что приближение предмета приводит к укрупнению букв и одновременно к уменьшению их четкости. Такой текст рассматривать легче, нежели более четкий, но мелкий.

3. ОСНОВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ

Метрическая система измерения

Метрическая система мер была сформирована, в связи с развитием промышленного производства и торговли, что требовало унификации системы измерения.

Одной из важнейших особенностей метрической системы является использование величин, основанных на естественных эталонах, которые измеряются в десятичной системе на основе метра и килограмма.

Метрическая система измерений стала базой для стандартизации единиц во всем мире.

Меры длины

- 1 километр (км) = 1000 метрам (м)
- 1 метр (м) = 10 дециметрам (дм) = 100 сантиметрам (см)
- 1 дециметр (дм) = 10 сантиметрам (см)
- 1 сантиметр (см) = 10 миллиметрам (мм)

Меры площади

- 1 кв. километр (км²) = 1 000 000 кв. метрам (м²)
- 1 кв. метр (м²) = 100 кв. дециметрам (дм²) = 10 000 кв. сантиметрам (см²)
- 1 гектар (га) = 100 арам (а) = 10 000 кв. метрам (м²)
- 1 ар (а) = 100 кв. метрам (м²)

Меры объёма

- 1 куб. метр (м³) = 1000 куб. дециметрам (дм³) = 1 000 000 куб. сантиметрам (см³)
- 1 куб. дециметр (дм³) = 1000 куб. сантиметрам (см³)
- 1 литр (л) = 1 куб. дециметру (дм³)
- 1 гектолитр (гл) = 100 литрам (л)

Меры веса

- 1 тонна (т) = 1000 килограммам (кг)
- 1 центнер (ц) = 100 килограммам (кг)
- 1 килограмм (кг) = 1000 граммам (г)
- 1 грамм (г) = 1000 миллиграммам (мг)

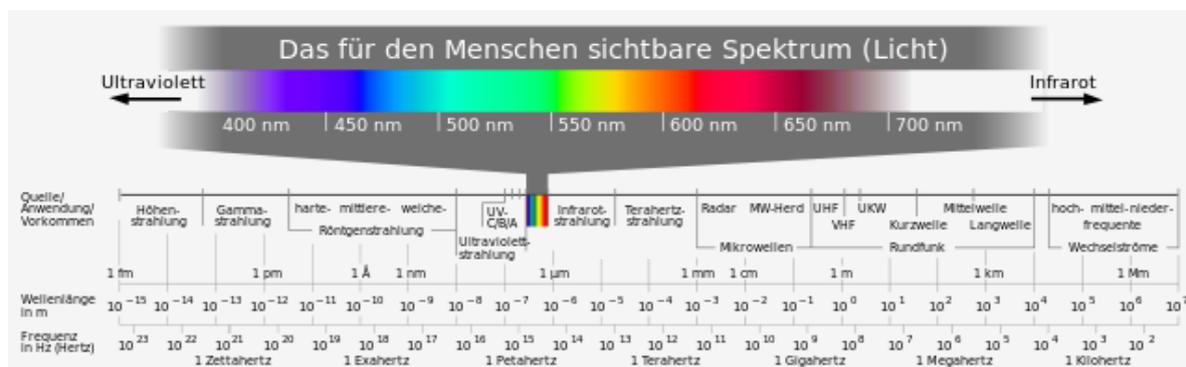
Свет — в физической оптике электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом. В качестве коротковолновой границы спектрального диапазона, занимаемого светом, принят участок с длинами волн в вакууме 380—400 нм (750—790 ТГц), а в качестве длинноволновой границы — участок 760—780 нм (385—395 ТГц).

В широком смысле, используемом вне физической оптики, светом часто называют любое оптическое излучение^[2], то есть такие электромагнитные волны, длины которых лежат в диапазоне с приблизительными границами от единиц нанометров до десятых долей миллиметра^[3]. В этом случае в понятие «свет» помимо видимого излучения включаются как инфракрасное, так и ультрафиолетовое излучения.

Раздел физики, в котором изучается свет, носит название *оптика*.

Свет может рассматриваться либо как электромагнитная волна, скорость распространения в вакууме которой постоянна, либо как поток фотонов — частиц, обладающих определённой энергией, импульсом, собственным моментом импульса и нулевой массой (или, как говорили ранее, нулевой *массой покоя*).

Одной из субъективных характеристик света, воспринимаемой человеком в виде осознанного зрительного ощущения, является его цвет, который для монохроматического излучения определяется главным образом частотой света, а для сложного излучения — его спектральным составом.



Свет может распространяться даже в отсутствие вещества, то есть в вакууме. При этом наличие вещества влияет на скорость распространения света.

Скорость света в вакууме $c = 299\,792\,458$ м/с (точно, так как с 1983 года единица длины в СИ — метр — определяется как расстояние, проходимое светом за определённый промежуток времени).

Свет на границе между средами испытывает преломление и отражение. Распространяясь в среде, свет поглощается веществом и рассеивается. Оптические свойства среды характеризуются показателем преломления, действительная часть которого равна отношению фазовой скорости света в вакууме к фазовой скорости света в данной среде, мнимая часть описывает поглощение света. В изотропных средах, где распространение света не зависит от направления, показатель преломления является скалярной функцией (в общем случае — от времени и координаты); в анизотропных средах он представляется в виде тензора. Зависимость показателя преломления от длины волны света (дисперсия) приводит к тому, что свет разных длин волн распространяется в среде с разной скоростью; благодаря этому возможно разложение некогерентного света (например, белого) в спектр.

Как любая электромагнитная волна, свет может быть поляризованным. У линейно поляризованного света определена плоскость (т. н. плоскость поляризации), в которой происходят колебания электрического вектора волны. У циркулярно поляризованного света электрический вектор, в зависимости от направления поляризации, вращается по или против часовой стрелки.

Неполяризованный свет является смесью световых волн со случайными направлениями поляризации. Поляризованный свет может быть выделен из неполяризованного пропусканием через поляризатор или отражением/прохождением на границе раздела сред при падении на границу под определённым углом, зависящим от показателей преломления сред (см. угол Брюстера). Некоторые среды могут вращать плоскость поляризации проходящего света, причём угол поворота зависит от концентрации оптически активного вещества; это явление используется, в частности, в поляриметрическом анализе веществ (например, для измерения концентрации сахара в растворе).

Количественно интенсивность света характеризуют с помощью фотометрических величин нескольких видов. К основным из них относятся энергетические и световые величины. Первые из них характеризуют свет безотносительно к свойствам человеческого зрения. Они выражаются в единицах энергии или мощности, а также производных от них. К энергетическим величинам в частности относятся энергия излучения, поток излучения, сила излучения, энергетическая яркость, энергетическая светимость и облучённость.

Каждой энергетической величине соответствует аналог — световая фотометрическая величина. Световые величины отличаются от энергетических тем, что оценивают свет по его способности вызывать у человека зрительные ощущения. Световыми аналогами перечисленных выше энергетических величин являются световая энергия, световой поток, сила света, яркость, светимость и освещённость.

Учёт световыми величинами зависимости зрительных ощущений от длины волны света приводит к тому, что при одних и тех же значениях, например, энергии, перенесённой зелёным и фиолетовым светом, световая энергия, перенесённая в первом случае, будет существенно выше, чем во втором. Такой результат находится в полном согласии с тем, что чувствительность человеческого глаза к зелёному свету выше, чем к фиолетовому.

Видимый свет — электромагнитное излучение с длинами волн ≈ 380 —760 нм (от фиолетового до красного).

*Основная статья: **Скорость света***

Скорость света в вакууме определяется в точности 299 792 458 м/с (около 300 000 км в секунду). Фиксированное значение скорости света в СИ связано с тем, что метр в настоящее время определяется в терминах скорости света. Все виды электромагнитного излучения, как полагают, распространяются в вакууме с точно такой же скоростью.

Различные физики пытались измерить скорость света на протяжении всей истории. Галилей пытался измерить скорость света в семнадцатом веке. Ранний эксперимент по измерению скорости света был проведен Оле Рёмером, датским физиком, в 1676 году. С помощью телескопа Рёмер наблюдал движение Юпитера и одной из его лун Ио. Отмечая различия в очевидной период орбиты Ио, он подсчитал, что свету требуется около 22 минут, чтобы

пересечь диаметр орбиты Земли.^[4] Тем не менее, её размер не был известен в то время. Если бы Рёмер знал диаметр орбиты Земли, он бы получил значение скорости, равное 227 000 000 м/с.

Другой, более точный способ измерения скорости света выполнил в Европе Ипполит Физо в 1849 году. Физо направил луч света в зеркало на расстоянии нескольких километров. Вращающееся зубчатое колесо было помещено на пути светового луча, который путешествовал от источника к зеркалу и затем возвращался к своему источнику. Физо обнаружил, что при определенной скорости вращения луч будет проходить через один пробел в колесе на пути и следующий разрыв на обратном пути. Зная расстояние до зеркала, число зубьев на колесе, и скорость вращения, Физо удалось вычислить скорость света 313 000 000 м/с.

Существенного прогресса в измерениях скорости света удалось достигнуть в результате применения и совершенствования *метода вращающегося зеркала*, предложенного Франсуа Араго (1838 г.). Развив и осуществив идею Араго, Леон Фуко в 1862 году получил для скорости света значение (298 000 000±500 000) м/с. В 1891 году Саймон Ньюкомб, повысив точность измерений на порядок, получил величину (299 810 000±50 000) м/с. В итоге многолетних усилий Альберт А. Майкельсон добился ещё более высокой точности: полученное им в 1926 году значение составило (299 796 000±4 000) м/с. В ходе этих измерений А. Майкельсон измерял время, требовавшееся свету, чтобы пройти расстояние между вершинами двух гор, равное 35,4 км (точнее, 35 373,21 м).

Наивысшая точность измерений была достигнута в начале 1970-х. В 1975 году XV Генеральная конференция по мерам и весам зафиксировала это положение и рекомендовала считать скорость света, равной 299 792 458 м/с с относительной погрешностью $4 \cdot 10^{-9}$, что соответствует абсолютной погрешности 1,1 м/с^[6]. Впоследствии это значение скорости света было положено в основу определения метра в Международной системе единиц (СИ), а сама скорость света стала рассматриваться как фундаментальная физическая постоянная, по определению равная указанному значению *точно*.

Эффективная скорость света в различных прозрачных веществах, содержащих обычную материю, меньше, чем в вакууме. Например, скорость света в воде составляет около 3/4 того, что в вакууме. Тем не менее, замедление процессов в веществе, как полагают, происходит не от фактического замедления частицы света, а от их поглощения и переизлучения заряженными частицами в веществе.

Как крайний пример замедления света, можно сказать, что двум независимым группам физиков удалось «полностью остановить» свет, пропуская её через конденсат Бозе-Эйнштейна на основе рубидия,^[7] Тем не менее слово «остановить» в этих экспериментах относится только к свету, хранящемуся в возбужденных состояниях атомов, а затем повторно излучается в произвольное более позднее время, как вынужденное вторым лазерным импульсом излучение. Во времена, когда свет «остановился», он перестал быть

светом.



Время распространения светового луча в масштабной модели Земля-Луна. Для преодоления расстояния от поверхности Земли до поверхности Луны свету требуется 1,255 с.

Основная статья: Оптика

Изучение света и взаимодействия света и материи называют оптикой. Наблюдение и изучение оптических явлений, таких как радуга и северное сияние позволяют пролить свет на природу света.

Преломление



Пример преломления света. Соломка кажется изогнутой из-за преломления света на границе между жидкостью и воздухом

Преломлением света называется изменение направления распространения света (световых лучей) при прохождении через границу раздела двух различных прозрачных сред. Оно описывается законом Снеллиуса:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

где θ_1 — угол между лучом и нормалью к поверхности в первой среде, θ_2 — угол между лучом и нормалью к поверхности во второй среде, а n_1 и n_2 — показатели преломления первой и второй среды соответственно. При этом $n = 1$ для вакуума и $n > 1$ в случае прозрачных сред.

Когда луч света пересекает границу между вакуумом и другой средой, или между двумя различными средами, длина волны света изменяется, но частота остается неизменной. Если луч света не является ортогональным (или, скорее, нормальным) к границе, изменение длины волны приводит к изменению направления луча. Такое изменение направления и является преломлением света.

Преломление света линзами часто используется для такого управления светом, при котором изменяется видимый размер изображения, как например в лупах, очках, контактных линзах, микроскопах и телескопах.

Источники света

Свет создаётся во многих физических процессах, в которых участвуют заряженные частицы. Наиболее важным является тепловое излучение, имеющее непрерывный спектр с максимумом, зависящим от температуры источника. В частности, излучение Солнца близко к тепловому излучению абсолютно чёрного тела, нагретого до примерно 6000 К, причём около 40 % солнечного излучения лежит в видимом диапазоне, а максимум распределения мощности по спектру находится вблизи 550 нм (зелёный цвет). Другие процессы, являющиеся источниками света:

- переходы в электронных оболочках атомов и молекул с одного уровня на другой (эти процессы дают линейчатый спектр и включают в себя как спонтанное излучение — в газоразрядных лампах, светодиодах и т. п. — так и вынужденное излучение в лазерах);

- процессы, связанные с ускорением и торможением заряженных частиц (синхротронное излучение, циклотронное излучение, тормозное излучение);

- черенковское излучение при движении заряженной частицы со скоростью, превышающей фазовую скорость света в данной среде;

- различные виды люминесценции:

- сонолюминесценция

- триболюминесценция

- хемилюминесценция (в живых организмах она носит название биоломинесценция)

- электролюминесценция

- катодолюминесценция

- флюоресценция и фосфоресценция

- сцинтилляция

В прикладных науках важна точная характеристика спектра источника света. Особенно важны следующие типы источников:

- Абсолютно чёрное тело

- Источник А

- Источник В

- Источник С

- Источник D₆₅

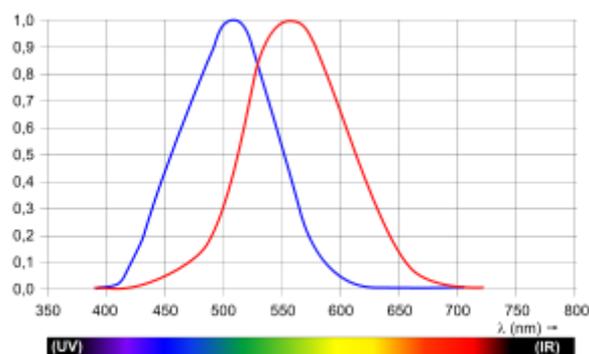
Указанные источники имеют разную цветовую температуру.

Лампы дневного света выпускают на разные световые диапазоны, в том числе:

- Лампы белого света (цветовая температура 3500 К),

- Лампы холодного белого света (цветовая температура 4300 К)

Радиометрия и световые измерения



Спектральные зависимости относительной чувствительности человеческого глаза для дневного (красная линия) и ночного (синяя линия) зрения.

К одним из наиболее важных и востребованных наукой и практикой характеристик света, как и любого другого физического объекта, относятся энергетические характеристики. Измерением и изучением такого рода характеристик, выраженных в энергетических фотометрических величинах, занимается раздел фотометрии, называемый «радиометрия оптического излучения». Таким образом, радиометрия изучает свет безотносительно к свойствам человеческого зрения.

С другой стороны, свет играет особую роль в жизни человека, поставляя ему бóльшую часть необходимой для жизни информации об окружающем мире. Происходит это благодаря наличию у человека органов зрения — глаз. Отсюда вытекает необходимость измерения таких характеристик света, по которым можно было бы судить о его способности возбуждать зрительные ощущения. Упомянутые характеристики выражают в световых фотометрических величинах, а их измерения и исследования составляет предмет занятий другого раздела фотометрии — «световые измерения»^[8].

В качестве единиц измерения световых величин используются особые световые единицы, они базируются на единице силы света «кандела», являющейся одной из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ).

Световые и энергетические величины связаны друг с другом с помощью относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения $V(\lambda)$ ^[9], имеющей смысл относительной спектральной чувствительности среднего человеческого глаза, адаптированного к дневному зрению. Для монохроматического излучения с длиной волны λ , соотношение, связывающее произвольную световую величину $X_v(\lambda)$ с соответствующей ей энергетической величиной $X_e(\lambda)$, в СИ записывается в виде:

$$X_v(\lambda) = 683 \cdot X_e(\lambda)V(\lambda).$$

В общем случае, когда ограничений на распределение энергии излучения по спектру не накладываеся, это соотношение приобретает вид:

$$X_v = 683 \cdot \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} X_{e,\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda,$$

где $X_{e,\lambda}(\lambda)$ — спектральная плотность энергетической величины X_e , определяемая как отношение величины $dX_e(\lambda)$, приходящейся на малый спектральный интервал, заключённый между λ и $\lambda + d\lambda$, к ширине этого интервала. Связь световой величины, характеризующей излучение, с соответствующей ей энергетической величиной, выражают также, используя понятие световая эффективность излучения.

Световые величины относятся к классу редуцированных фотометрических величин, к которому принадлежат и другие системы фотометрических величин. Однако, только световые величины узаконены в рамках СИ и только для них в СИ определены специальные единицы измерений.

Давление света

Световое давление

Свет оказывает физическое давление на объекты на своем пути — явление, которое не может быть выведено из уравнений Максвелла, но может быть легко объяснено в корпускулярной теории, когда фотоны соударяются с преградой и передают свой импульс. Давление света равно мощности светового пучка, поделённой на c , скорость света. Из-за величины c , эффект светового давления является незначительным для повседневных объектов. Например, одномилливатная лазерная указка создаёт давление около 3,3 пН. Объект, освещенный таким образом, можно было бы поднять, правда для монеты в 1 пенни на это потребуется около 30 млрд 1-мВт лазерных указок.^[10] Тем не менее, в нанометровом масштабе эффект светового давления является более значимым, и использование светового давления для управления механизмами и переключения нанометровых коммутаторов в интегральных схемах является активной областью исследований.^[11]

При больших масштабах световое давление может заставить астероиды вращаться быстрее^[12], действуя на их неправильные формы, как на лопасти ветряной мельницы. Возможность сделать солнечные паруса, которые бы ускорили движение космических кораблей в пространстве, также исследуется.^{[13][14]}

История теорий света в хронологическом порядке

Античные Греция и Рим

В V веке до н. э., Эмпедокл предположил, что всё в мире состоит из четырёх элементов: огня, воздуха, земли и воды. Он считал, что из этих четырёх элементов, богиня Афродита создала человеческий глаз, и зажгла в нём огонь, свечение которого и делало зрение возможным. Для объяснения факта, что тёмной ночью человек видит не так хорошо, как днём, Эмпедокл постулировал взаимодействие между лучами, идущими из глаз и лучами от светящихся источников, таких, как солнце.

Примерно в 300 году до н. э. Евклидом был написан труд «Оптика», дошедший до наших дней, в котором он исследовал свойства света. Евклид утверждал, что свет распространяется по прямой линии, он изучал законы отражения света и описал их математически. Он выразил сомнение в том, что зрение является следствием исхождения луча из глаза, задаваясь вопросом: как человек, открыв в ночное время глаза, устремлённые в небо, может моментально увидеть звёзды. Проблема решалась только, если скорость луча света, исходящего из человеческого глаза, была бесконечно большой.

В 55 году до н. э. римский писатель Лукреций, продолживший идеи ранних греческих философов-атомистов, в своём сочинении «О природе вещей» писал, что свет и тепло солнца состоят из мельчайших движущихся частиц. Однако общего признания взгляды Лукреция на природу света не получили.

Птолемей (около II века) в своей книге «Оптика» описал преломление света.

Корпускулярная и волновая теории света

Начиная с 17 века научные споры о природе света шли между сторонниками волновой и корпускулярной теорий. Основателем волновой теории можно считать Рене Декарта, который рассматривал свет как возмущения в мировой субстанции — племени. Корпускулярную теорию сформулировал Пьер Гассенди и поддержал Исаак Ньютон. Волновую теорию света разрабатывали Роберт Гук и Христиан Гюйгенс. По мнению Гюйгенса световые волны распространяются в особой среде — эфире.

В начале 19 века опыты Томаса Юнга с дифракцией дали убедительные свидетельства в пользу волновой теории. Юнг высказал предположение, что разные цвета соответствуют различным длинам волны. В то же время опыты Малюса и Био с поляризацией дали, как казалось тогда, убедительные свидетельства в пользу корпускулярной теории и против волновой теории. Но в 1815 году Ампер сообщил Френелю, что поляризацию света можно объяснить и с волновой точки зрения, если предположить, что свет представляет собой поперечные волны. В 1817 году свою волновую теорию света изложил в мемуаре для Академии наук Огюстен Френель.

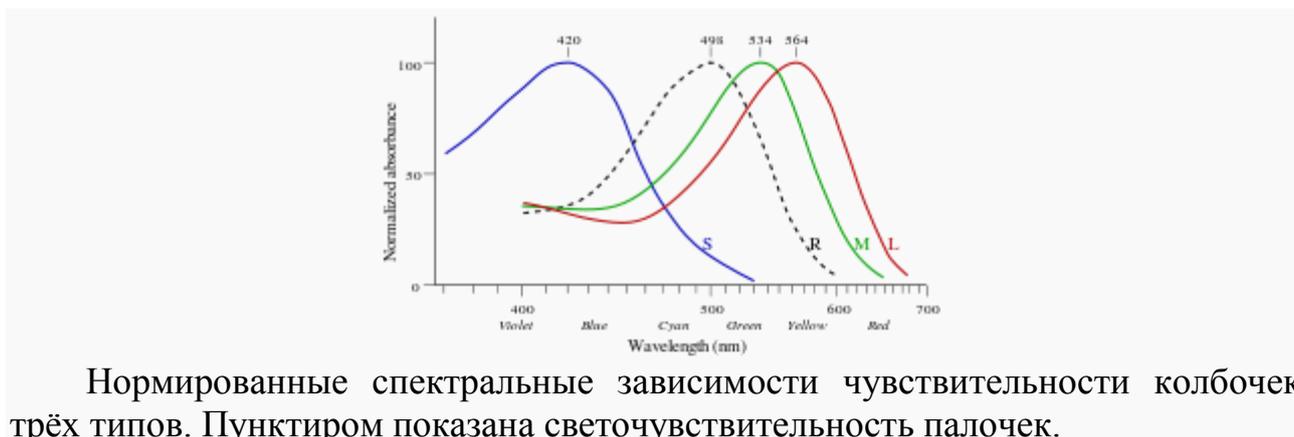
После создания теории электромагнетизма свет был идентифицирован, как электромагнитные волны.

Победа волновой теории пошатнулась в конце 19 века, когда опыт Майкельсона-Морли не обнаружил эфира. Волны нуждаются в существовании среды, в которой они могли бы распространяться, однако тщательно спланированные эксперименты не подтвердили существование этой среды. Это привело к созданию Альбертом Эйнштейном специальной теории относительности. Природа электромагнитных волн оказалась сложнее, чем просто распространение возмущений в веществе. Рассмотрение задачи о тепловом равновесии абсолютно чёрного тела со своим излучением Максом Планком привело к появлению идеи об излучении света порциями — световыми квантами, которые получили название фотонов. Анализ явления фотоэффекта

Эйнштейном показал, что поглощение световой энергии тоже происходит квантами.

С развитием квантовой механики утвердилась идея Луи де Бройля о корпускулярно-волновом дуализме, по которой свет должен обладать одновременно волновыми свойствами, чем объясняется его способность к дифракции и интерференции, и корпускулярными свойствами, чем объясняется его поглощение и излучение.

Волновая и электромагнитная теории



Нормированные спектральные зависимости чувствительности колбочек трёх типов. Пунктиром показана светочувствительность палочек.

Видеть окружающий мир мы можем только потому, что существует свет и человек способен его воспринимать. В свою очередь, восприятие человеком электромагнитного излучения видимого диапазона спектра происходит благодаря тому, что в сетчатке глаза человека располагаются рецепторы, способные реагировать на это излучение.

Сетчатка человеческого глаза имеет два типа светочувствительных клеток: палочки и колбочки. Палочки обладают высокой чувствительностью к свету и функционируют в условиях низкой освещённости, отвечая тем самым за ночное зрение. Однако, спектральная зависимость чувствительности у всех палочек одинакова, поэтому палочки не могут обеспечить способность различать цвета. Соответственно, изображение, получаемое с их помощью, бывает только чёрно-белым.

Колбочки имеют относительно низкую чувствительность к воздействию света и обуславливают механизм дневного зрения, действующий только при высоких уровнях освещённости. В то же время, в отличие от палочек, в сетчатке глаза человека имеется не один, а *три* типа колбочек, отличающихся друг от друга расположением максимумов их спектральных распределений чувствительности. Вследствие этого колбочки поставляют информацию не только об интенсивности света, но и о его спектральном составе. Благодаря такой информации у человека и возникают цветовые ощущения.

Спектральный состав света однозначно определяет его цвет, воспринимаемый человеком. Обратное утверждение, однако, неверно: один и тот же цвет может быть получен различными способами. В случае монохроматического света ситуация упрощается: соответствие между длиной

волны света и его цветом становится взаимнооднозначным. Данные о таком соответствии представлены в таблице.

Таблица соответствия частот электромагнитного излучения и цветов

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц	Диапазон энергии фотонов, эВ
Фиолетовый	380—440	790—680	3,26-2,82
Синий	440—485	680—620	2,82-2,56
Голубой	485—500	620—600	2,56-2,48
Зеленый	500—565	600—530	2,48-2,19
Желтый	565—590	530—510	2,19-2,10
Оранжевый	590—625	510—480	2,10-1,98
Красный	625—740	480—405	1,98-1,68

4. Разновидности линз и их анализ

Когда врач сказал, что вам требуются бифокальные очки, вы могли возразить (вслух или про себя): мол, не такие уж вы старик или старуха. Скорее всего, так оно и есть, хотя несколько седых волосков на голове все-таки немного заметны. Среднему человеку бифокальные очки бывают нужны где-то после сорока лет, причем только в тех случаях, если ему приходится много читать или близко рассматривать выполняемую работу. Столетий пять назад, когда большая часть населения была безграмотной и/или занималась сельским хозяйством, бифокальные очки были не нужны (правда, и средняя продолжительность жизни была тогда меньше). Сегодня же без них практически не обойтись.

Бифокальные очки — это такие очки, у которых в каждой линзе сочетаются параметры по двум разным рецептам. У трифокальных очков сочетаются параметры по трем рецептам, и так далее.

Еще Бенджамин Франклин в XVIII веке додумался до идеи бифокальных очков — он решил, что постоянно менять очки для «близости» и «дали» слишком муторно, и поэтому просто разрезал каждую линзу пополам (в те времена линзы имели форму круга) и соединил половинки разных очков в одной оправе. Верхняя половинка у него была для «дали», а нижняя — для «близости».

Какой бы формы ни были современные бифокальные очки, по существу они — те же собранные вместе две пары очков. Как и в случае Бенджамина Франклина, чаще всего основанием для назначения бифокальных очков является пресбиопия — когда глазам становится трудно сфокусировать зрение на маленьком близком предмете. Если вы носите только очки для чтения, то изображения отдаленных предметов кажутся вам в них расплывчатыми, и чтобы увидеть все более ясно, очки приходится снимать. Если вам, кроме этого, нужны очки и для «дали», то вы наверняка поймете Франклина. При

расположении линз для чтения в нижней части очков они практически не мешают дистанционному зрению.

В современных конструкциях бифокальных очков существует множество модификаций. Какую конкретно разновидность выбрать, зависит от параметров вашего зрения, профессии, образа жизни и так далее. Сегмент линзы, предназначенный для чтения, может быть любой формы, как большим, так и не очень, его верхняя кромка может быть горизонтальной, круглой или овальной, а расположен он относительно оправы может быть выше или ниже (рис. 28, 29).



Рис. 28. Слева: круглая бифокальная линза. Справа: овальная бифокальная линза.



Рис. 29. Слева: высоко расположена бифокальная линза с горизонтальной верхней кромкой. Справа: представительская дорогая бифокальная линза.

Таких возможных комбинаций насчитывается многие сотни.

Какие факторы играют основную роль при выборе тех или иных бифокальных очков? Главное — это как вы будете их использовать. Вот два крайних случая: музыкант симфонического оркестра должен читать ноты, находящиеся на расстоянии 70 сантиметров от его глаз, а также иногда поглядывать на дирижера, стоящего от него в 10 метрах. В этом случае ему нужны бифокальные очки с большой площадью линз для чтения и небольшой верхней частью для «дали». С другой стороны, игроку в гольф требуется большая линза для «дали» с небольшой нижней частью для чтения, с помощью которой он мог бы записывать счет на специальный карточке. При этом часть для чтения должна находиться в оправе как можно ниже — так, чтобы не мешать прицеливаться.

Каждому пациенту должны выписываться очки только для него, и ни для кого другого. Разработать бифокальные очки «общего употребления» и «многоцелевого назначения» практически невозможно. Скажем, наш музыкант вполне может быть и любителем гольфа — и ему потребуются две пары очков. Ожидать, что одни и те же бифокальные очки вы сможете использовать в любых ситуациях — это примерно то же, что пытаться играть в гольф в рыцарских латах.

Параметры линзы для чтения можно выбрать в зависимости от того расстояния, на котором вы собираетесь рассматривать что-то вблизи. Столяр, выполняющий работу на расстоянии вытянутой руки, хочет четко видеть на расстоянии 60 сантиметров, а женщина, работающая на швейной машинке, — на расстоянии 30-40 сантиметров. Конечно, это не означает, что в очках вы будете видеть исключительно на этом расстоянии — есть некий диапазон острого зрения, который может сдвигаться в ту или иную сторону.

Некоторые профессии требуют довольно необычных линз. Так, например, аптекарь должен быть в состоянии прочесть ярлыки на стоящих на высоких полках лекарствах, то есть ему нужны особые бифокальные очки с сегментами для чтения и снизу, и сверху. Такие же очки могут пригодиться и электрику, сращивающему провода над головой (рис. 30).



Рис. 30. Слева: двойная бифокальная линза с горизонтальной верхней кромкой сегмента для чтения. Справа: профессиональная трифокальная линза.

Трифокальные очки — это как бы три пары очков в одних. Для чего они могут понадобиться? С возрастом способность глаза к фокусировке уменьшается, и может так случиться, что с помощью бифокальных очков вам не удастся все четко видеть на любых расстояниях. Параметры верхней части линзы позволяют вам видеть все на расстоянии от полутора метров вдаль; сегмент для чтения дает возможность видеть все в непосредственной близости. При этом остается пространство в промежутке от полуметра до полутора, в котором различать что-либо становится довольно затруднительно. Если вам хочется видеть все ясно и отчетливо и на таких расстояниях, то это может обеспечить третий сегмент трифокальной линзы (см. рис. 30, 31).

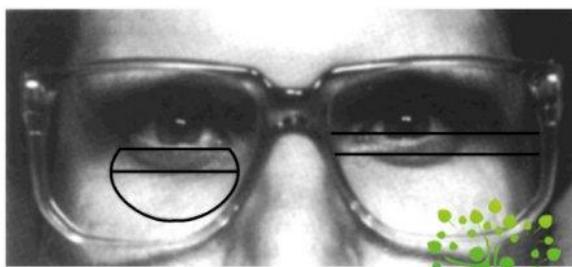


Рис. 31. Слева: трифокальная линза с горизонтальной верхней кромкой сегмента. Справа: представительская трифокальная линза.

Все о зрении

Типичным потребителем таких очков может быть оператор компьютера или программист, которому надо различать буквы на экране монитора.

В обычных би- и трифокальных очках разница в параметрах отдельных сегментов бывает значительной, так что переход от одного сегмента к другому может быть довольно резким. В последнее время все большей популярностью пользуется особый тип линз, где переход от одного сегмента к другому осуществляется как бы постепенно — от «дали» до «близости». Такие линзы называются «прогрессивно дополняющими». Теоретически в этом случае ясность зрения должна достигаться при взгляде через ту или иную часть линзы, на практике же для этого требуется некоторая адаптация, поскольку размеры средней части и части, предназначенной для чтения, ограничены. Кроме того, на стыке этих зон могут иметь место небольшие искажения. Большинство людей приспосабливаются к таким линзам в течение недели и бывают обычно очень ими довольны. У таких мультифокальных очков нет видимой разграничительной линии между сегментами, поэтому их и называют «невидимками» или «незаметными». С косметической точки зрения, они, конечно, выглядят предпочтительнее.

Начав пользоваться бифокальными очками, вы должны будете выработать у себя новые привычки, касающиеся согласования движений головы и глаз. Например, спускаясь по лестнице, недостаточно будет только опустить взгляд вниз. Если вы так поступите, то будете смотреть через сегмент, предназначенный для чтения, и ступеньки будут казаться размытыми. Надо несколько прижать к себе подбородок — так, чтобы смотреть через верхний сегмент. Еще одна проблема для начинающих носить бифокальные очки — это как прочесть объявление на стенде. В этом случае надо приподнять подбородок, и тогда сегмент для чтения окажется прямо на линии взгляда.

Большинство людей привыкают к бифокальным очкам очень быстро, и в течение недели или десяти дней они прекрасно овладевают всеми их особенностями. Некоторые же, однако, оказываются не в состоянии их носить, и им приходится снова использовать две пары разных очков. Если вы принадлежите именно к такому меньшинству, попросите окулиста заново провести обследование вашего зрения — вполне возможно, что вы просто пытаетесь носить бифокальные очки не того типа, который вам необходим.

Офисные линзы

Необходимость в таких линзах может возникнуть после 40 лет, когда начинается развитие пресбиопии, связанное с возрастными изменениями в глазу. В результате хрусталик теряет эластичность и даже при максимальном напряжении не в состоянии увеличить свою кривизну до необходимого уровня. В результате ухудшается способность различать предметы на близком расстоянии.

Офисные линзы являются частным случаем прогрессивных линз, но предназначены для коррекции зрения на ближних (чтение, работа с документами) и средних расстояниях (компьютер, офис). От прогрессивных линз они отличаются тем, что не содержат зону для дали (предполагается, что зрение вдаль в подобных случаях не нуждается в коррекции). За счёт этого зоны, обеспечивающие чёткое видение, по сравнению с прогрессивными линзами существенно расширены.

При этом они обладают важным преимуществом перед обычными линзами для близи (для чтения). Дело в том, что линзы для близи предназначены для расстояний около 40 см. Однако в реальной жизни гораздо чаще приходится постоянно переводить взгляд с одних расстояний на другие. Прежде всего, это работа на компьютере, когда взгляд должен фокусироваться то на документах, то на клавиатуре, то на экране монитора и так десятки и сотни раз в течение дня. Добавьте сюда необходимость периодически отвлекаться на собеседника, и станет понятно, что нагрузка для глаз получается запредельной.

Врачи-офтальмологи давно заметили, что у пациентов с пресбиопией, раньше перешедших на мультифокальные линзы (офисные или прогрессивные), естественные процессы ослабления зрения, связанные с возрастом, протекают ощутимо медленнее.

Офисные линзы также относятся к классу мультифокальных, однако, в силу того, что они предназначены для коррекции зрения на ближних и средних расстояниях, основной рефракцией в них принято считать оптическую силу для близи, а уменьшение рефракции в зоне, для средних расстояний обозначать через дегрессию (или уменьшение).

Как следует из названия, очки с такими линзами предназначены для помещений (офиса или дома). Использовать их вне помещений (на улице, за рулём автомобиля) не рекомендуется, поскольку они не предусматривают чёткого видения предметов на больших расстояниях.

Важно: установка в оправу линз такого типа требует разметки на лице пациента. В противном случае может случиться так, что центры фокусов линз в оправе не будут совпадать с положениями зрачка. В результате, процесс привыкания к новым очкам может оказаться достаточно длительным и дискомфортным.

Виды покрытий очковых линз

Ни один из материалов, применяемых для изготовления линз, не обладает идеальными свойствами. Нанесение на линзы специальных покрытий позволяет существенно улучшить их качество. Такие покрытия выполняют различные функции, от придания устойчивости к загрязнению и образованию царапин до повышения зрительного комфорта.

Итак, рассмотрим подробнее, какие существуют покрытия для очковых линз и каково их назначение.

Фотохромное покрытие

Фотохромные очковые линзы характеризуются способностью изменять свою светопропускаемость в зависимости от освещённости окружающей среды, тем самым защищая глаза от повреждающего действия ультрафиолета. Данный эффект обеспечивается благодаря особым фотохромным пигментам, изменяющим свою структуру под влиянием световых волн. Сами линзы могут быть как из стекла, так и из пластика. Пигмент может наноситься на поверхность материала или равномерно распределяться в нём.

Качественные современные фотохромные линзы должны обладать следующими свойствами:

- длительность ресурса фотохромных свойств (не менее 2-3 лет);
- скорость затемнения и осветления должна быть высокой, но при этом позволяющей вам видеть при переходе из затенённых мест в освещённые без потерь в качестве изображения (глазу необходимо время для адаптации, а при очень быстром осветлении линз возможно кратковременное ослепление);
- уровень светопропускания очков должен быть максимальным в помещениях с недостаточным освещением и минимальным на открытом пространстве с интенсивным солнечным излучением;
- минимальная подверженность описанных выше свойств влиянию температуры;
- интенсивность окрашивания должна быть стабильной независимо от условий;
- хорошая совместимость с просветляющими покрытиями.



Без поляризационных очков В поляризационных очках

Поляризационное покрытие.

Свет, отражённый от горизонтальных поверхностей, становится линейно поляризованным (блики от воды, снега, дорожного полотна и т.д.). Поляризационные линзы применяются с целью уменьшения его воздействия на орган зрения и, как следствие, повышения зрительного комфорта и качества зрения. При их производстве используется специальная плёнка (фильтр), которую помещают на поверхности или внутри линзы. Она пропускает только вертикально поляризованные и неполяризованные световые волны. Такие линзы обычно изготавливаются из трайвекса или поликарбоната, имеют несколько дополнительных покрытий, повышающих устойчивость к износу, водоотталкивающих, обладающих антистатическими свойствами.



Просветляющее покрытие

Антирефлексное (антибликовое, просветляющее) покрытие может наноситься на стеклянные и пластиковые очковые линзы. Необходимость его обусловлена дискомфортом, вызываемым отраженными от поверхности линз, роговицы, склеры световыми лучами. Принцип действия состоит в уменьшении этого эффекта (антирефлексный или антибликовый) и увеличении количества пропускаемого света (просветляющий). Такое покрытие будет особенно полезно работающим за компьютером, водителям. Нанесение его на линзы с высоким индексом рефракции и низким числом Аббе (поликарбонатные, высокоиндексные, асферические линзы) необходимо для уменьшения хроматических аберраций. Последнее время чаще применяется многофункциональное покрытие, обладающее одновременно гидрофобными, облегчающими уход за линзами, просветляющими и упрочняющими свойствами.

Упрочняющее покрытие

В настоящее время упрочняющее покрытие является стандартным для большинства линз из пластика. Оно наносится на обе поверхности, делая линзу более прочной и устойчивой к царапинам. Такое покрытие может применяться вместе с просветляющим, гидрофобным.

Гидрофобное (водо- и грязеотталкивающее) покрытие входит в состав многофункционального покрытия некоторых линз. Оно придаёт им гладкость,

благодаря которой затрудняется скапливание воды, пыли и грязи, облегчается уход за линзами.

УФ-блокирующее покрытие

Длительное воздействие невидимого человеческого глазу ультрафиолетового излучения вредно для организма и может вызвать кожные заболевания, катаракту, повреждение сетчатки. Поэтому покрытие для защиты от него просто незаменимо для людей, проводящих много времени на солнце. Максимальная защита достигается при поглощении световых волн длиной до 400 нм, т.е., 100% ультрафиолетового излучения.

Такие линзы с защитным покрытием от ультрафиолета делятся на 5 категорий по степени светопропускания видимой части спектра:

0 — от 80 до 100%;

1 — от 43 до 80%;

2 — от 18 до 43%;

3 — от 8 до 18%;

4 — от 3 до 8 %.

Важно отметить, что ношение некачественных солнцезащитных линз, имеющих затемняющую окраску, но при этом не обладающих достаточной поглощаемостью ультрафиолетовых волн, может значительно повредить зрению. Причина в том, что зрачок, приспособившись к более тусклому освещению, расширяется, в результате вредное излучение в большем количестве попадает на хрусталик и сетчатку. Линзы, произведенные из пластика, обладают достаточными защитными УФ-свойствами даже без нанесения защитного покрытия. Поликарбонат является лучшим из них по эффективности поглощения ультрафиолетового излучения.

Зеркальное покрытие

Зеркальное покрытие используется, в основном, в солнцезащитных очках. Оно наносится на переднюю поверхность линзы и может быть различной цветовой гаммы. Пользование такими очками затруднено в плохо освещённых помещениях и ночью из-за уменьшения количества проникающего в глаза видимого света.

Цветовые покрытия

В настоящее время очковые линзы могут окрашиваться в огромное количество цветов и их оттенков как с косметической целью, так и с лечебной. Различные цвета превращают очки из обыденных прозрачных в стильные, привлекающие внимание окружающих. Тёмная окраска хорошо подходит для солнцезащитных линз. С лечебной целью могут применяться жёлтые, янтарные, коричневые светофильтры при макулярной дегенерации и катаракте, как увеличивающие контрастность и чёткость зрения.

Каждый цвет при окрашивании линзы придаёт ей определённые качества:

- серый и серо-зелёный пропускают цвета без изменений, защищают от бликов, отлично подходят для ношения в солнечную погоду;

- янтарный и коричневый блокируют синий диапазон световых волн, улучшают восприятие глубины и контрастность; хорошо подходят для видов деятельности, где важны именно эти качества (рыбалка, охота, игра в гольф и т.д.);

- жёлтый повышает контрастность и чёткость, снижает количество бликов как в светлое, так и в тёмное время суток; рекомендован для лётчиков, охотников, стрелков и других, для кого важно исключительное качество изображения;

- красный и розовый оттенки также повышают контрастность, обладают успокаивающим эффектом для глаз; подойдут для пользователей компьютеров, уменьшая напряжение глаз при длительной работе;

- синий уменьшает яркость бликов от снега и воды.

Окрашивание может выполняться как в салоне оптики, так и в заводских условиях, в зависимости от материала линз.

5. ОЧКОВЫЕ ОПРАВЫ

Материалы для очковых оправ

Одной из важнейших характеристик любой очковой оправы и солнцезащитных очков является материал очковой оправы.

От выбора материала, из которого изготовлена очковая оправка, во многом зависит ее внешний вид, вес, прочностные и аллергенные свойства, срок службы. Сейчас для изготовления очковых оправ используется очень широкий спектр материалов: от традиционных пластмасс до бивней мамонта и дерева. У каждого есть свои преимущества и недостатки. Основными материалами, применяемыми для производства очковых оправ, являются пластмассы и металлы. При выборе очковой оправы следует иметь в виду, что некоторые материалы могут вызвать аллергическую реакцию в местах соприкосновения оправы с кожей лица. К металлам, обладающим аллергенными свойствами, относится никель, который входит в состав многих сплавов, применяемых в производстве очковых оправ. Однако современные очковые оправы из никельсодержащих сплавов обычно не контактируют с кожей деталями, изготовленными из таких сплавов. Нержавеющая сталь, титан, золото и серебро считаются гипоаллергенными. Такие элементы очковой оправы, как носоупоры и заушники, контактирующие с кожей, изготавливают из силиконов, ацетата, других пластмасс или металлов. Следует иметь в виду, что некоторые силиконы также могут быть причиной аллергической реакции.

Пластмассовые очковые оправы. Пластмассовые очковые оправы очень распространены из-за того, что обладают целым рядом положительных свойств: они легки и прочны, достаточно долго сохраняют свои потребительские свойства. Из современных пластмасс можно изготовить очковые оправы для самых различных цветовых оттенков и форм.

Ацетат целлюлозы. Одной из самых распространенных пластмасс, применяемых для изготовления очковых оправ, является ацетат целлюлозы (получают химическим путем из хлопка или шерсти). Очковые оправы из ацетата целлюлозы (используют также название ZYL) довольно дешевы, и в то же время их богатая цветовая гамма дает дизайнерам неограниченные возможности для реализации своих фантазий. Материал легкий, достаточно прочен, устойчив к механическим воздействиям при обычных температурах, легко обрабатывается. К сожалению, очковые оправы из ацетата целлюлозы в местах соприкосновения с лицом (в районе носоупоров и заушников) постепенно обесцвечиваются под воздействием выделяющегося пота. Кроме того, ацетат целлюлозы подвержен воздействию распространенных в быту химических веществ, включая ацетон. Несмотря на отмеченные недостатки, очковые оправы из ацетата целлюлозы пользуются большим спросом, особенно оправы, изготовленные методом фрезерования из цельных листов, состоящих из разноцветных слоев или слоев с разной степенью прозрачности.

Grilamid (Гриламид). Grilamid – современный полимер, полученный на основе полиамида 12. Grilamid широко применяется в промышленности: от телефонных проводов до ветровых стекол, от оболочек для сосисок до солнцезащитных очков. Он используется для солнцезащитных очков из-за высокой устойчивости к высоким температурам – очки из Grilamid можно спокойно оставлять на приборной доске автомобиля в жаркий день. Кроме того, полимер обладает высокой ударпрочностью, гибкостью, малым весом. Он также устойчив к воздействию ультрафиолетовых лучей и хорошо сохраняет форму. Grilamid производит швейцарская компания EMS-Grivory.

Hurdalon (Гирдалон). Hurdalon - торговая марка нейлона, используемого компанией Volle для изготовления очковых оправ. Материал отличается гибкостью и эластичностью.

Нейлон / Полиамиды. Нейлон - синтетический полимер, изготавливаемый на основе полиамидов. В начале 40-х годов из него начали изготавливать женские чулки. Сегодня нейлон широко используется в промышленности: из него делают парашюты, зонты, шины и многое другое. Очковые оправы из нейлона появились еще в 40-е годы прошлого века. Но первые чисто нейлоновые очковые оправы имели очень мягкую поверхность. Сегодня нейлоновые очковые оправы изготавливают не из чистого полиамида, а из полимеров, полученных либо из смеси разных полиамидов, либо из смеси полиамидов с другими компонентами (полимеры этой группы называют также полиамидами, сополиамидами и гриламидами). Современные очковые оправы из нейлона (полиамида) – очень легкие и прочные. Их очень трудно сломать, и поэтому эти материалы часто используют для производства спортивных очков и модных очковых оправ облегающей формы. Нейлоновые очковые оправы устойчивы к воздействию высоких и низких температур (не меняют свою форму), а также к образованию царапин. Однако их легче сломать, чем металлические очковые оправы. Кроме того, под воздействием солнечных лучей нейлоновые очковые оправы постепенно «стареют», становясь более хрупкими. Очковые оправы из нейлона и полиамидов считаются также гипоаллергенными (редко вызывают аллергические реакции). На рынке имеется богатый выбор очковых оправ из нейлона и полиамидов различных цветов.

Пропионаты. Этот тип полимеров по своим свойствам близок к ацетату целлюлозы. Детали для оправ из пропионатов (рамку, заушники) получают литьем под давлением (методом инъекции). Пропионаты применяются некоторыми производителями для изготовления легких гипоаллергенных очковых оправ. Очковые оправы из пропионатов прочнее, гибче и легче, чем очковые оправы из ацетат целлюлозы.

Углеволокно (carbon). Углеволокно (углеродное волокно, карбон) – это новый композитный материал, состоящий из волокон углерода, которые соединены между собой эпоксидными смолами и/или другими полимерами (полиэстер, нейлон, kelvar). Волокна углерода, составляющие основу материала, очень устойчивы к растяжению, т.е. их очень сложно порвать или растянуть (по прочности они не уступают стали). Однако при сжатии они не так

прочны, как при растяжении и достаточно легко ломаются. Для повышения прочности волокна карбона переплетают между собой под определенным углом и добавляют в них полимерные волокна и эпоксидные смолы. Карбон легче стали на 40% и легче алюминия на 20%, а по прочности не уступает большинству металлов. Кроме того, изделия из карбона смотрятся очень красиво и современно. Благодаря своим выдающимся свойствам карбон сегодня используется в разных сферах деятельности человека: в автоспорте (для деталей машины и экипировки гонщика), в военных технологиях (оружие, спецформа и т.д.), в лыжном спорте (лыжи, лыжные палки, шлемы), и с каждым днем сфера применения карбона увеличивается. Углеволокно сегодня используется в высокотехнологических дорогих оправках для очков (например, TAG Heuer производства компании LOGO и Ray-Ban компании Luxottica).

Kevlar. Если нужна оправка, обладающая повышенной сопротивляемостью к ударным нагрузкам, то следует выбрать оправку из Kevlar. Созданный в компании DuPont в 1965 г. пластик часто применяется в бронежилетах, спортивном снаряжении и шлемах мотоциклистов для защиты от сверхсильных ударов.

Optyl. Optyl – эпоксидный полимер (относится к классу термостойких полимеров), за которым закрепилось название компании, первой использовавшей его для производства очковых оправ. Optyl был изобретен и запатентован в 1964 г. основателем компании Optyl/Carrera Corporation Wilhelm Anger. В настоящее время Optyl используется для производства своих очков компанией Safilo (в 1996 г. компания Carrera была куплена Safilo). Optyl – это инновационный полимер, не вызывающий аллергии, очень легкий (оправки из него легче, чем из ацетат целлюлозы), устойчивый к коррозии, к воздействию пота и косметики. Optyl также более устойчив к механическим воздействиям по сравнению с другими термостойкими полимерами (ацетатом, пропионатами и др.). Однако главная его особенность в том, что он обладает «эффектом памяти». У Optyl довольно высокая температура плавления – около 83 градусов. Если оправка из Optyl изменила свою форму под воздействием внешних сил, то ее можно повторно нагреть, и первоначальная форма («фабричная») сама восстановится (в этом и состоит эффект «памяти»). Для производства Optyl применяется технология “vacuum cast” («литье в вакууме»), позволяющая использовать 3D дизайн и уникальные яркие цветовые эффекты.

SPX. SPX (Silhouette Polyamide X) – фирменный полимер (полиамид) компании Silhouette, используемый ею с 1982 г., в основном, для своих коллекций Adidas Eyewear и Daniel Swarovski. SPX – высокотехнологичный материал из группы полиамидов, чьи выдающиеся свойства делают его почти идеальным материалом для производства очковых оправ. SPX отличается гибкостью, эластичностью, высокой прочностью поверхности к образованию царапин, длительным сроком использования, легкостью (1,04 г/см³). Кроме того, он хорошо сохраняет форму, устойчив к изменению температуры и гипоаллергенный.

Металлические очковые оправы. Одними из главных требований к

металлическим очковым оправам являются устойчивость к коррозии (проще говоря, к появлению ржавчины), малый вес, прочность. Металлические очковые оправы обычно изготавливают из комбинации различных материалов: один металл используется в качестве базового (для основной конструкции самой очковой оправы), другие металлы или сплавы могут применяться для нанесения покрытий. Для изготовления различных деталей очковой оправы и ее отделки могут применяться пластмассы или другие материалы (дерево, кость и др.). Для носоупоров обычно применяют ацетат целлюлозы, силиконы или другие близкие по свойствам полимеры. Следует иметь в виду, что некоторые металлы могут вызывать аллергические реакции.

Титан. Титан считается одним из лучших материалов оправ для очков. У него характерный серовато-серебряный металлический оттенок, он очень легкий и прочный, гипоаллергенный. Очковые оправы из чистого титана очень красивы (сейчас они доступны в широком диапазоне цветов), и фирмы-производители используют этот металл для изготовления престижных моделей, которые относятся к классу «люкс». Гораздо больше распространены на оптическом рынке более дешевые очковые оправы из различных сплавов, в которых доля титана ограничена 70-80%. Остальные добавки - это другие металлы: алюминий, хром, железо и др. Часто в титановых очковых оправках присутствует никель и кобальт.

Флексон (Flexon). Флексон - это торговая марка сплава на основе титана и никеля, разработанного в компании Marchon Eyewear для производства модных очковых оправ и солнцезащитных очков. Флексон называют металлом «с памятью», потому что очковая оправа из него принимает свою первоначальную форму даже после сильной деформации. Очки из флексона трудно сломать, и поэтому они особенно рекомендуются для занятий спортом и детям. Кроме того, очковые оправы из флексона - легкие и гипоаллергенные. Отметим, что кроме очковых оправ из флексона на оптическом рынке имеются очковые оправы и из других сплавов, которые также относятся к группе металлов «с памятью».

Монель. Монель - это сплав на основе никеля (до 67%) и меди с небольшими добавками других металлов. Монель широко применяется для изготовления очковых оправ благодаря своей прочности и устойчивости к коррозии. Очковые оправы из сплавов, содержащих никель, обычно имеют покрытия (лаковые или из инертных металлов), предохраняющие кожу лица от непосредственного контакта с металлом. Поэтому качественные очковые оправы из монеля фактически являются гипоаллергенными до тех пор, пока не износится защитное покрытие.

Нержавеющая сталь. Нержавеющая сталь представляет собой сплав железа и хрома (10-30%). Очковые оправы из нее отличаются прочностью, небольшим весом, устойчивостью к коррозии, относительной дешевизной. Многие сорта нержавеющей стали не содержат никеля и поэтому считаются гипоаллергенными.

Алюминий. Алюминий используется для изготовления легких очковых

оправ, обладающих очень высокой устойчивостью к коррозии. Алюминиевые очковые оправы относятся к стилю «hi-tech», что делает этот материал весьма привлекательным для некоторых дизайнеров очковых оправ, работающих в этом направлении моды. В производстве очковых оправ используются и другие металлы. Они могут входить в состав сплавов в качестве добавок для улучшения свойств основного металла, или их могут применять для отделки очковых оправ, изготовленных из других материалов. Серебро и золото наносят на детали очковой оправы в виде покрытий. Обычно для этого используются не чистое золото или серебро, а их сплавы. Содержание золота в сплаве определяется в каратах (1 карат соответствует 1/24 массе сплава: 12 карат - 50% золота, 24 карата - 100% золото). Отметим также, что золотой цвет очковой оправы не является доказательством содержания в ней золота.

Дерево, кость и кожа также не забыты дизайнерами из-за их естественного вида и красоты. Для украшения дорогих очковых оправ применяют также драгоценные и полудрагоценные камни.

Изготовление очков

Очки, как оптический прибор.

Очки — самый распространённый из оптических приборов, предназначенный для коррекции человеческого зрения при оптических несовершенствах глаза, либо для защиты глаз от различных вредных воздействий.

Очки состоят из линз, стеклянных или пластиковых, удерживаемых оправой, с прикрепленными к ней дужками. Изредка вместо дужек, которые закрепляются за ушами, используется лента или ремешок, охватывающий голову.

Солнцезащитные очки

Первые очки для защиты глаз от солнечного света изготавливали жители Крайнего Севера, Азии и Америки. Их очки представляли собой кости животных или куски древесной коры с узкими прорезями для глаз.

Впервые солнцезащитные очки — вернее их далекие прародители — появились в Китае. В XII веке пластины дымчатого кварца использовались судьями для того, чтобы свидетели не видели выражение их глаз^[1].

Очки для чтения

Фрагмент фрески из церкви Тревизо, Томмазо да Модена, 1352 г.

До появления очков в качестве приборов, улучшающих зрение, использовались отдельные полированные кристаллы или куски стекла для одного глаза.

Очки были изобретены, по-видимому, в Италии в XIII веке. Предполагаемый год изобретения — 1284, а создателем первых очков считается Сальвино Д'Армате (*итал.*), хотя документальных подтверждений этим данным нет^[2].

Первые документальные свидетельства существования очков относят к 1289 году^[2].

23 февраля 1305 года во Флоренции брат-доминиканец Джордано да Ривалто (*итал.*) упоминал в проповеди^{[3][4]}:

◀ *Не прошло и 20 лет с тех пор, как было открыто искусство изготовления очков, призванных улучшить зрение. Это одно из самых лучших и необходимых искусств в мире. Как мало времени прошло с тех пор, как было изобретено новое, никогда не существовавшее искусство. Я видел человека, первым создавшего очки, и я беседовал с ним.*

Первое изображение очков содержится на фреске церкви Тревизо (Италия), сделанной в 1352 г. монахом Томмазо да Модена.



Фрагмент картины «Мадонна каноника ван дер Пале» (Муниципальная художественная галерея, Брюгге), Ван Эйк, 1436 г.

Первая попытка определить авторство изобретения сделана Карло Роберто Дати (1619—1676) из Флоренции с помощью Франческо Реди в работе «Очки, являются ли они изобретением древности или нет?», приписавший изобретение Алессандро Спино (*итал.*) (? — 1313), монаху и учёному из Пизы. При этом предполагалось, что даже если очки были изобретены ранее неизвестным мастером, то поскольку Спино самостоятельно и только лишь по общему описанию воссоздал метод изготовления очков, слава изобретателя по праву принадлежит ему^{[4][5]}.

Начиная с 1300 года, в уставах гильдии венецианских стекольщиков часто упоминаются зрительные линзы и рекомендуется уничтожать подделки хрусталя из бесцветного стекла, что свидетельствует о быстром вхождении очков в моду в Венеции.

Существует также версия о китайском происхождении очков, основанная на книге 1240 года «Разъяснение загадочных вещей», где говорится

◀ *Когда старые люди чувствуют головокружение и их зрение портится, они надевают на глаза аи-таки способны*

сосредоточиться, так как очертания букв приобретают чёткость.

Однако позднейшие исследования показали, что эта цитата была вставлена в XV веке^[4].

XVI век

До XVI века пользовались очками только дальновзоркие, потом появились очки с вогнутыми стеклами для близоруких. Менялась также форма и манера носить очки.

В Китае очки стали известны предположительно в эпоху правления династии Мин (1368—1644), о чём может свидетельствовать отрывок, включенный в это время в книгу философа Чао Цзи Ку (XIII век) «Разъяснение загадочных вещей» (первые экземпляры книги относятся к 1240 году). В Китай очки попали из Европы через арабских и персидских купцов. Это можно предположить из летописи китайского двора (примерно 1410 г.), где упоминается, что король Малакки (королевство на Малазийском полуострове, активно посещаемое арабами и персами) преподнёс в дар императору десять очков.

Китайцы могут претендовать на первенство в изобретении дымчатых очков, изготовлявшихся из дымчатого кварца. Такие очки носили судьи, чтобы скрывать своё отношение к приговору во время его оглашения при дворе. Упоминаются Лью Чи в «Записях о часах досуга» (XII в.).

XVII век

В XVII веке очками пользовался царь Алексей Михайлович, они были в серебряной оправе с линзами с диоптриями^[6].

XVIII век

Лондонский оптик Эдвард Скарлетт в начале XVIII века добавил к очкам дужки^[2].

Первую промышленную партию (около 200 000) солнцезащитных очков современного типа заказал Наполеон для Египетской экспедиции (1798—1801). Он обязал каждого солдата носить затемнённые очки. Во время экспедиции были выявлены нарушители этого распоряжения, глаза которых были поражены катарактой и другими болезнями, вызванными непривычно ярким для «европейских» глаз светом.

Появились различные конструкции — монокль, пенсне, лорнет.

XIX век

Бенджамин Франклин изобрел бифокальные линзы которые в верхней части предназначены для дали, а в нижней — для работы вблизи^[2].

Современные очки[править | править вики-текст]

Очками со специальными линзами пользуются, когда параметры зрения отклоняются от нормы, независимо от того, относится ли отклонение к форме глазного яблока и преломляющих поверхностей, к преломляющей силе оптических средин, к изменению мышечной системы (косоглазие) или к изменению плотности и эластичности хрусталика и проч. Смотря по характеру этих уклонений, назначаются очки сферические (обыкновенные,

перископические, франклиновские), цилиндрические, сфероцилиндрические, призматические, стенопические и цветные.

Современным продолжением развития бифокальных линз стали прогрессивные линзы — у них переход диоптрий заложен внутри линзы, внешняя поверхность остаётся гладкой, обеспечивая эстетический внешний вид очков.

Очки из пластика

Современные технологии позволяют производить очки, с высокой степенью точности подобранные под свойства глаза (до 0,1 D), а также сфероцилиндрические линзы для астигматического глаза (раньше, при вытачивании и полировке стеклянных линз выбор сочетаний сфера-цилиндр был очень ограничен, линзы были дорогие и тяжёлые).

Очки-«хамелеоны»

Очки-«хамелеоны» — разновидность очков, в которых используются фотохромные линзы, позволяющие менять окраску (вызывать потемнение) стекла при воздействии на него ультрафиолетового излучения. Этим объясняется отсутствие потемнения «хамелеонов» в остеклённых помещениях, так как силикатное стекло практически не пропускает ультрафиолет.

Выбирая очки для нейтрализации аномалий, нужно обращать внимание на то, сохраняется ли в глазе нормальная острота зрения и не нарушается ли бинокулярное зрение.

В большинстве случаев, глаза можно разделить на три группы:

1. *Эмметропный* — нормальный глаз, который без аккомодации собирает в фокус на сетчатке только лучи параллельные, видит отчетливо, без всякого напряжения, предметы, расположенные очень далеко от глаза. Только с приближением предмета вступает в свою роль аккомодирующая ресничная мышца, деятельность которой, однако, ограничивается некоторым пределом. Начиная с некоторого расстояния (различного для различного возраста) аккомодация прекращается. Таким образом, для каждого эмметропного нормального глаза существуют две точки, дальняя и ближайшая (*punctum remotum* и *p. proximum*), между которыми находящиеся предметы видны отчетливо.

2. *Миопный* — брахиметропный, близорукий глаз, который без аккомодации собирает в точку на сетчатке только расходящиеся лучи. Для параллельных лучей фокус лежит перед сетчаткой, следовательно, глаз не видит далеких предметов. Избыток рефракции миопного глаза сравнительно с рефракцией нормального глаза ограничивает для миопы расстояние между дальней и ближайшей точками только несколькими сантиметрами (60—5).

3. *Гиперметропный* — дальнозоркий глаз, который без аккомодации собирает в фокус на сетчатке только сходящиеся лучи, а от параллельных дает фокус позади сетчатки (в отрицательном пространстве). Только с помощью аккомодации гиперметропный глаз может собирать в фокусе параллельные, и даже расходящиеся лучи, идущие от предметов, расположенных перед глазом.

Гиперметропный глаз имеет недостаточную рефракцию и, без аккомодации, вовсе не мог бы видеть отчетливо предметы, даже издали (не был бы дальнозорким). В этом легко убедиться, парализовав временно аккомодацию впрыскиванием в глаз атропина. Эмметропный глаз после известной операции катаракты (удаление) хрусталика, или после сдвига хрусталика в сторону от зрачка — становится сильно гиперметропным, ибо для глаза потеряна рефракция хрусталика. Поэтому можно сказать, что для гиперметропного глаза вследствие недостаточной рефракции *punctum remotum* в отрицательном пространстве позади сетчатки, а *punctum proximum*, хотя и перед глазом, но сравнительно далеко.

Назначение очков для амметропных глаз (миопного и гиперметропного) имеет своей целью нейтрализовать аномалии, то есть для миопного глаза расширить пространство между ближайшей и дальней точкой, отодвинув последнюю в бесконечность, а для гиперметропного глаза передвинуть дальнюю точку из отрицательного пространства в бесконечность перед глазами, не прибегая вовсе к помощи аккомодации. Поэтому для миопного глаза надо пользоваться стеклами рассеивающими (нейтрализующими избыток рефракции глаза); а для гиперметропного — собирательными стеклами, дополняющими своей рефракцией недостаточную рефракцию глаза. Фокусные расстояния таких очков должны равняться расстоянию *punctum remotum* до оптич. центра глаза или его узловой точки.

Степени аномалий

Степень или сила миопии оценивается дробью $1/R_m$ и обозначается буквой $M = 1/R_m$; чем больше R_m , то есть чем более удалён *punctum remotum*, тем слабее миопия, и при R равном бесконечности глаз считают нормальным. Миопию нейтрализуют сферически-вогнутым стеклом, которого оптическая сила — $1/R_m$; если расстояние R_m в метрах, то дробь получает наименование диоптрии. Напр., для стекла с показателем преломления 1,53, для средних лучей при $R = 18$ дюймов, сила стекла $1/18 = 2,25D$ (диоптрий). Степень гиперметропии оценивается тоже дробью — $1/R_h$ и чем больше R_h , тем ниже степень гиперметропии. Её также можно исправить или нейтрализовать сферическим выпуклым собирательным оптическим стеклом (+), которого сила = $+1/R_h$. Принято называть низшими степенями гиперметропии и миопии все степени до $1/12$, то есть до $3,25 D$. Средними — от $1/12$ до $1/6$, то есть $3,25D$ — $6,5D$ и сильными аномалиями — всё степени больше $1/6$ или $6,5 D$.

Но не все сферические стёкла в одинаковой мере годятся для очков. Плосковыпуклые стёкла вовсе непригодны для очков. Самые выгодные в оптическом отношении — вогнуто-выпуклые собирательные и рассеивающие («+» и «-» мениски), так как эти стёкла, будучи обращены к глазу вогнутой стороной, обладают наименьшей сферической аберрацией. За такими очками, названными Вульстеном (Wollaston) перископическими, глаза свободно могут двигаться без вреда для ясности зрения.

Нумерация очковых стёкол

С давних пор нумерация очковых стекол велась по радиусу кривизны поверхностей и выражалась в дюймах. Но так как средний показатель преломления стекла, из которого приготавливали и приготавливают очковые стёкла $= 3/2$, точнее 1,53, а толщина стекол незначительна, то с небольшой погрешностью считали главное фокусное расстояние стекла равным радиусу кривизны. Таким образом, под очковыми стеклами +36 и — 8 считали собирательные и рассеивательные стекла, с главными фокусными расстояниями (следовательно с радиусами кривизны) равными 36 дм и 8 дм. Эта дюймовая нумерация стекол в 1875 г., по постановлению международного медицинского конгресса в Брюсселе, заменена новой — метрической при следующем главном положении: означать номера стекол по оптической силе стекла $= \pm 1/f$, где f фокусное расстояние, выраженное в метрах, причём силу стекла с $f = 1$ м стали называть диоптрией. Таким образом, стёклам с фокусными расстояниями 1/2 м, 1/3 м, 1/4 м должны соответствовать номера 2, 3 и т. д. (по их оптической силе, выраженной в диоптриях). Поэтому в современных наборах очковых стекол общепринята нумерация в диоптриях, но для перехода от старой дюймовой системы к новой принята в России достаточно приближенная формула $DN = 40$, где D номер по метрической системе в диоптриях, а N — по дюймовой. [Для французских наборов использовались французские дюймы: $DN = 36$.]

Таблица отношений знаков линз в диоптриях (по метрической системе) к их номерам по дюймовой системе

Система		
Метрическая	($n^{**} = 1,53$)	Дюймовая
D		№
0,25	=	160
0,50	=	80
0,75	=	52
1,0	=	40
1,25	=	32
1,50	=	26
1,75	=	22
2,0	=	20
2,25	=	18
2,50	=	16
2,75	=	14
3,0	=	13
3,25	=	12
3,50	=	11
4,0	=	10

4,5	=	9
5,0	=	8
5,5	=	7
6,0	=	6,5
6,5	=	6
7,0	=	5,5
8,0	=	5
9,0	=	4,5
10,0	=	4
11,0	=	3,5
12,0	=	3,25
13,0	=	3
14,0	=	2,75
16,0	=	2,5
18,0	=	2,25
20,0	=	2

** n — показатель преломления стекла, из которого изготовлена линза.

Подбор очков

При выборе очков пациент помещается на расстоянии 6 м^[7] (19 англ. фут.) от хорошо освещенной специальной таблицы. Каждый глаз исследуется отдельно. Пациент, начиная сверху, читает буквы каждой строки; последняя из прочитанных строк помечается как острота зрения, найденная у пациента без поправки стеклами. Затем приставляют к глазу слабые (длиннофокусные), а потом более сильные (короткофокусные) двояковыпуклые стекла и предлагают пациенту еще раз прочитать последнюю из разобранных им строк. Если это удастся и он видит так же хорошо, как и простым глазом, или даже лучше, то у него существует гиперметропия. Для определения степени гиперметропии (H) приставляют к глазу все более и более сильные стекла, пока пациент не заметит, что он видит хуже. Сильнейшее выпуклое стекло укажет на степень гиперметропии. Если D стекла 10, то есть сила стекла +10D, то степень гиперметропии — 10 D. Если зрение пациента ухудшается от выпуклых стекол, то необходимо выяснить, существует ли миопия или эметропия. С этой целью приставляют к глазу постепенно усиливающиеся вогнутые стекла; если при этом обнаружится, что зрение заметно улучшается, то имеют дело с миопией. На степень миопии будет указывать слабейшее вогнутое стекло, с которым пациент лучше всего может читать. Если зрение не улучшается и от вогнутых стекол, то существует ослабление остроты зрения, причину которой должен выяснить опытный глазной врач. При этом полезно руководствоваться формулой, выражающей зависимость остроты зрения с возрастом.

Очки при старческой дальнозоркости

Сила аккомодации у различных глаз колеблется в широких пределах. Принято силу аккомодации измерять разностью — $1/A$, двух дробей, из которых уменьшаемая дробь есть $1/P$, а вычитаемая $1/R$, где $R > 0$ для миопии и $R < 0$ для гиперметропии, то есть: $1/P - 1/R = 1/A$; с возрастом сила аккомодации уменьшается, потому что при продолжительном постоянном положении точки R всё-таки точка P непрерывно удаляется от глаза. По Дондерсу, для нормальных глаз р.р. и р.г. имеют следующие расстояния до узловой точки глаза.

	P	R	1/A
10	2",66	∞	1/2,66
20	3,75	∞	1/3,75
25	4,44	∞	
30	5,33	∞	
40	8,27	∞	1/8,27
50	15	—240"	1/14
60	48	—60	1/27
65	∞	—40	1/40
70	—40	—26	1/74
75	—26	—26	0

Причина ослабления аккомодации

Даже у здорового нормального глаза с возрастом происходит постепенное изменение физических свойств хрусталика, и это объясняется его уплотнением и уменьшением упругости. В позднейшем возрасте присоединяется к этим изменениям хрусталика и атрофия аккомодирующей ресничной мышцы. Подобное ослабление аккомодации — пресбиопия, или старческая дальнозоркость, — издавна вызывала потребность пользоваться двояковыпуклыми, собирательными очками, и потому её ещё недавно не отделяли совершенно, или отделяли недостаточно от гиперметропии, и оба эти состояния глаза называли одним словом: дальнозоркость-пресбиопия. Знаменитый офтальмолог Дондерс установил резко разницу между двумя этими состояниями глаза: аномалией рефракции и ослаблением аккомодации, сохранив слово пресбиопия только для обозначения уменьшения аккомодации и притом такого уменьшения, когда имеется явное расстройство зрения. Началом появления такой пресбиопии в нормальном глазе Дондерс считает тот момент, когда ближайшая точка удаляется более чем на 20 см. Поэтому степень пресбиопии (аналогично со степенью миопии и гиперметропии) Дондерс определяет выражением:

$$Pr = 1/8 - 1/P;$$

Если $P = 8''$, то по Дондерсу $P_{г} = 0$;

Но если $P = 16''$, то $P_{г} = 1/8 - 1/16 = 2,50D$.

Для вычисления фокусного расстояния очков из двояковыпуклых стекол (biconvex) служит формула $1/B - 1/P$, в которой P означает расстояние ближайшей точки при наибольшей возможной аккомодации, а B — расстояние, на котором было бы желательно иметь ближайшую точку. Например, ближайшая точка находится от глаза на расстоянии 20", а желательно было бы ее иметь на расстоянии 10". Этого можно достигнуть с помощью двояковыпуклых стекол, фокус которых будет на 20", ибо $1/10 - 1/20 = 1/20$. Сила такого стекла 2D, а номер $D = 2$. Но иногда бывают нужны два рода очков для различных расстояний при частой и быстрой перемене расстояний (у живописцев, учителей); в таком случае при ослабевшей аккомодации удобнее не иметь две пары очков, а употреблять особенные очки; в одной чечевице, выточив поверхность одной кривизны, шлифуют занимающую половину чечевицы поверхность другой кривизны. Иногда чечевица составлена из двух половинок различной кривизны, сложенных по горизонтальному диаметру.

Франклиновские очки



Второе устройство удобнее для глаз. Такие очки называются франклиновскими (бифокальными), а также *Verves à double foyer*. — Если требуется попеременное частое рассматривание то далеких, то близких предметов, причем рассматривание вдаль не представляет затруднения для глаза, тогда пользуются пантоскопическими очками.

Стекло пантоскопических очков



В верхней их половине стекла или плоские, или вовсе отсутствуют, а в нижней стекла соответственного фокуса, для рассматривания вблизи.

Цилиндрические О. употребляется в случаях аномалии, известной под именем астигматизма.

Цилиндрические очки и астигматизм



Нередко глаз эмметропный не во всех направлениях симметричен около своей оси (асимметрия роговицы), а поэтому в различных меридианах фокусные расстояния различны, причем в двух меридианах, расположенных взаимно перпендикулярно, фокусные расстояния наибольший и наименьший. Эти меридианы называются главными. Такой случай аномалии рефракции называется правильным астигматизмом. Степень его определяется разностью между преломляющей силой в главных меридианах $A_s = 1/F_1 - 1/F_2 - 1/F$. Такую аномалию можно нейтрализовать, как доказал впервые в 30-х годах астроном Эри (Airy), цилиндрическими стеклами, выпуклым или вогнутым. В первом случае ось цилиндра стекла должна совпадать с меридианом, которому соответствует наибольшая рефракция, иначе говоря, наименьшее фокусное расстояние, во втором — ось цилиндра должна быть в главном меридиане, для которого рефракция наименьшая, а, след., f наибольшее. Каждый нормальный глаз до некоторой степени астигматичен — нередко A_s достигает $1/200 - 1/60$. Это физиологический астигматизм, не нарушающий заметно отчетливости зрения. Но астигматизм больше $1/60$ ведет уже к расстройствам зрения. Он-то и требует пособия цилиндрических стекол. В различных случаях астигматизм может быть смешан с миопией и гиперметропией.

Сфероцилиндрическое стекло [\[править\]](#) | [править вики-текст](#)



Поэтому цилиндрические очковые стекла бывают следующих форм: 1) простые цилиндрические стекла выпуклые и вогнутые с одной плоской и одной цилиндрической или же с 2-мя цилиндрическими поверхностями с осями параллельными; означаются в практике по своей силе $+1/F$ с (cylindrique); употребляются для исправления астигматизма эмметропного глаза; 2) бицилиндрические с одной выпуклой и одной вогнутой цилиндрическими поверхностями накрест расположенными — обозначаются $1/F_1$ с $1/F_2$ с и сфероцилиндрические означаются

(обе поверхности или выпуклые или вогнутые). Этими формами стекол поправляют астигматизм, соединенный с миопией и гиперметропией.

Стенопические очки

Стенопические очки устраиваются из непрозрачных стекол с узким прозрачным отверстием в форме полукруга или узкой щели, для ограничения проходящих в глаз лучей света. Они употребляются для улучшения зрения в тех случаях, когда лишь одна часть диоптрического аппарата глаз является прозрачной, для того, чтобы воспрепятствовать рассеянию световых лучей, проходящих сквозь непрозрачные части роговицы а также с целью задержать проникновение в глаз избытка лучей.

Призматические очки



Призматические очки — это комбинация призматических и сферических стекол. Пользование ими указано Креке, Дондерсом и Грефе. Их применяют главным образом при страданиях глазных мышц (косоглазие) и при некоторых неправильностях рефракции. Также, сферопризматические очки с призмой, ориентированной основанием к носу и выпуклой (плюсовой) сферой могут применяться с целью профилактики и остановки прогрессирования миопии, лечения и профилактики псевдомиопии при длительной работе на близком расстоянии.

Список сокращений

Все указанные исправления сферическими очками главных аномалий рефракции и пресбиопии мы свели в выше помещенную таблицу, пользуясь следующими обозначениями: Э — эмметропия, М — миопия, Г или Н — гиперметропия, П — пресбиопия, р. г. — punctum remotum, р. п. — punctum proximum, А — означает фокусное расстояние той воображаемой прибавочной чечевицы, которая как бы временно приставляется к передней поверхности хрусталика — при наибольшей аккомодации его для ясного видения ближайшей точки (р. п.), Pr — означает условно, по Дондерсу, степень пресбиопии, В — фокусное расстояние, на котором при пресбиопии желательно

иметь р. h., Ас (As) — правильный астигматизм и, наконец, 1-й м., 2-й м. — главные меридианы глаза.

Защитные очки

Защитные очки предназначены для предотвращения механического, светового, термического или химического поражения глаз, а также от действия ветра, воды и пыли.

- Очки для защиты глаз от механических повреждений чаще всего выполняют из прочной и вязкой пластмассы. Их применяют при работе с металлорежущим, деревообрабатывающим оборудованием, слесарным и садово-огородным инструментом.

- Очки для защиты глаз от светового поражения имеют светофильтры. Их применяют при сварочных работах, при работах с яркими источниками света, при работах с лазерами, при наблюдениях за ядерными взрывами и пуском ракет. Спектральная характеристика светофильтра подбирается в зависимости от характеристик излучения. Так очки для сварочных работ практически полностью поглощают сине-фиолетовые и ультрафиолетовые лучи, доля которых в спектре излучения электрической дуги максимальна, но относительно хорошо пропускают красные и желтые лучи, что позволяет сварщику видеть нагретый металл. Очки для защиты от лазерного излучения могут иметь монохроматические фильтры.

- Очки для защиты глаз от термического поражения задерживают тепловое излучение и поток горячих газов. Применяются при работе с нагретыми телами: в металлургическом производстве, при стеклодувных работах.

- Очки для защиты глаз от химического поражения должны плотно прилегать к глазницам. Их материалы должны быть инертными к химическим реактивам, с которыми выполняется работа.

- Для защиты глаз от воды также применяются очки, плотно прилегающие к глазницам. Применяются при плавании, а также при работе на палубе судна в штормовую погоду.

Солнцезащитные очки

Первые солнцезащитные очки использовались жителями Крайнего Севера и представляли собой куски древесной коры и другие материалы (в том числе кости) с прорезанными в них узкими щелями для глаз.



Очки солнцезащитные, мужские



Очки солнцезащитные, женские



Очки солнцезащитные, модель «Авиатор»

Цветные очки

Первыми дымчатые очки стали использовать китайцы. На что есть ссылка в «Записках о часах досуга» Лю Чи (XII в.). Очки делались из дымчатого кварца. Но вначале такие очки использовались не для защиты глаз от солнца, а судьями, чтобы скрыть своё отношение к приговору во время его оглашения^[8].

Цветные стёкла служат для защиты глаз от слишком яркого света. Прежде употребляли зелёные стекла, но с тех пор, как оказалось, что они, пропуская самые яркие лучи спектра, меньше всего достигают цели, стали пользоваться серыми и синими стеклами. Серые дымчатые стёкла поглощают все цветные лучи почти одинаково; синие стекла наиболее всего задерживают жёлтые и оранжевые лучи (наиболее яркие). Цветными делаются также сферические, цилиндрические и призматические.

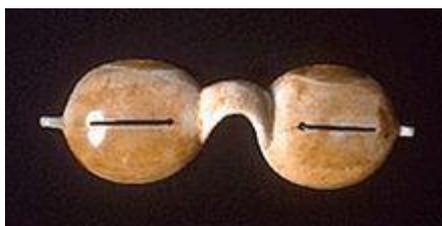
Очки с пластиковыми линзами

Пластиковые цветные линзы удобнее стеклянных и безопаснее их, особенно при активном отдыхе. Однако чаще всего в них применяют дешёвые пластики, пропускающие ультрафиолетовое излучение. Такие очки солнцезащитными называть нельзя. Они усугубляют вредное воздействие ультрафиолетового излучения то есть причиняют глазу больший вред, чем их отсутствие вообще. Связан эффект усугубления с тем, что затемнение в видимой области приводит к расширению зрачка, а в расширенный зрачок соответственно проникнет большее количество ультрафиолетового излучения, чем в нерасширенный, без очков. В связи с этим, покупая солнцезащитные очки с пластиковыми линзами, нужно требовать проверки их эффективности в УФ диапазоне.

Поляризационные очки

Поляризационные очки — специальные очки для вождения автомобиля или для рыбалки. Их применение позволяет видеть под поверхностью воды при рыбалке, повысить комфорт водителя в условиях плохой видимости. Выпускают очки бесцветные и самых разных оттенков жёлтого и коричневого, с диоптриями и без^[9]. Очки, в зависимости от угла отражения, уменьшают или вовсе предотвращают (угол Брюстера) эффект засветки от бликующего света, отражённого от неметаллических поверхностей (вода, волны, снег, лёд, мокрая дорога, стеклянные и окрашенные поверхности автомобилей). Поляризационные очки водителя уменьшают блики, делая изображение более контрастным. В остальном и внешне ничем не отличаются от солнцезащитных очков.

Принцип действия поляризационных очков основан на отсеке преимущественно поляризованного отражённого излучения. При езде на автомобиле отсекается излучение, отражённое от поверхности других автомобилей, а также от мокрой поверхности дорожного полотна. При ловле рыбы отсекается отражённое от поверхности воды излучение. Также для вождения используются хамелеоны.



Солнцезащитные очки эскимосов из моржовой кости

Дырчатые очки из тёмной пластмассы. Перфорированные очки

У северных народов существовали своеобразные «солнцезащитные очки», для предотвращения снежной слепоты. Оказалось, что такого типа дырчатые очки могут быть применены и для коррекции близорукости. Известно, что при наблюдении через небольшое отверстие (например, ирисовую диафрагму) чем меньше диаметр отверстия, тем больше глубина резкости. Человек может даже без хрусталика получать изображение приемлемого качества (см. камера-обскура). Перфорированные очки представляют собой набор маленьких отверстий в тёмной матрице. У этих очков есть недостаток — их нельзя носить постоянно, так как может ухудшиться бинокулярность зрения. Правильный режим ношения этих очков может способствовать расслаблению (отдыху) глазных мышц.

Очки для просмотра стерео/3D фильмов

Для просмотра 3D фильмов разработаны очки которые разделяют изображения предназначенные для левого и правого глаза. Каждый глаз видит только свою картинку и таким образом зритель видит объёмное изображение.

«Умные» очки

В строгом смысле это не очки, а носимый компьютер, закрепляемый на голове. В зависимости от дизайна они могут быть практически неотличимы от обычных очков или, напротив, могут быть совершенно на очки непохожими. Самым известным примером «умных» очков является Google Glass.

6. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТ

Диоптриметр

Прибор диоптриметр предназначен для выражения преломляющей силы очкового стекла в диоптриях. Среди основных составных элементов: коллиматор, микроскоп, зрительная труба, несколько механизмов для работы с линзой. **Диоптриметр** служит для контроля качества при изготовлении очков, измеряет силу оптических стекол, помогает при подборе очков. Различают ручные и автоматические диоптриметры.



Диоптриметр может быть как ручной, так и компьютерный. У каждого из видов есть свои преимущества. У ручных диоптриметров единственный плюс – это их стоимость. Они дешевле, но при этом высокий уровень ошибки. Поскольку может сказываться человеческий фактор. Специалисту придется вручную фиксировать все данные, поэтому вероятность ошибки очень высокая. Предпочтение отдается в первую очередь приборам, имеющим компьютерное обеспечение. Главное их преимущество – это то, что вероятность ошибки практически исключается, это высокоточные устройства. В работе используются различного рода линзы, они помогут точно определить, какого рода линзы необходимы. Конечно, многие ручные устройства не способны выполнить подобного рода тонкую работу. Именно, такое оборудование способно точно использовать все необходимые параметры для изготовления очков.

Диоптриметр - прибор для измерения основных оптических характеристик очковых линз, таких как оптическая сила, выраженная в диоптриях, определение положения главных меридианов астигматического очкового стекла, для определения и отметки его оптического центра.

Диоптриметр состоит из коллиматора, микроскопа, зрительной трубы, группы механизмов для манипуляции с линзой.

Диоптриметр необходим в каждом оптическом салоне при изготовлении очковых линз и в оптометрическом кабинете, где производится подбор корректирующих линз.

По построению оптической схемы диоптриметры подразделяются на окулярные и проекционные. Окулярные напоминают по внешнему виду микроскоп, в окуляр диоптриметра наблюдают марку и диоптрийную шкалу. В проекционных моделях диоптриметров марка высвечивается на экране.

В зависимости от способа управления, различают механические и электронные модели диоптриметров. В первом случае все манипуляции, включая фиксацию результатов, выполняют вручную. Это не слишком удобно и надежно, поэтому в настоящее время все чаще интересуются автоматическими моделями диоптриметров.

Современные диоптриметры имеют режимы измерений как одиночных, так и бифокальных, трифокальных, прогрессивных и призматических линз.

Кроме того, практически все модели диоптриметров обеспечивают возможность измерения всех типов контактных линз (мягких и жестких).

7. Контактная коррекция

Контактная коррекция зрения - это применение контактных линз, известных уже более 100 лет. Контактная линза (КЛ) - прозрачная пленка или пластинка, изготовленная из различных полимеров, которая надевается непосредственно на роговицу. Сегодня КЛ пользуются примерно 100 млн человек во всем мире. Контактная коррекция зрения не имеет возрастных ограничений.

Преимущества КЛ перед очковыми линзами состоят в том, что КЛ:

- не суживают поля зрения;
- не искажают размеров и изображения предметов;
- могут обеспечить более высокую остроту зрения, например, при коррекции астигматизма роговицы;
- применяются для лечения заболеваний роговицы и для местного введения лекарственных препаратов;
- совместно с фильтром ультрафиолетовых лучей защищают роговицу от периферических и косых лучей потенциально вредного ультрафиолетового излучения;
- не искажают внешность, могут применяться для изменений натурального цвета глаз и маскировки их дефектов;
- не ограничивают деятельную активность, удобны при занятиях спортом;
- не запотевают, не давят на переносицу.

Классификация КЛ.

По типу полимера :

- жесткие/газопроницаемые;
- гидрогелевые;
- силикон-гидрогелевые;
- силиконовые;
- коллагеновые.

По деформационно-прочностным свойствам материала:

- жесткие из термопластиков и газопроницаемых полимеров;
- мягкие из гидрогелей с различным влагосодержанием;
- из силикон-гидрогелей; из силикона и коллагена.

По назначению:

- корригирующие (коррекция аметропии): сферические, торические, бимультифокальные;
- цветные/косметические;
- лечебные (терапевтические);
- специальные (например, для коррекции птоза, для подводного плавания);
- для ортокератологии.

По длительности ношения:

- дневного ношения;
- пролонгированного ношения;
- гибкого ношения.

По частоте замены:

- традиционные;
- плановой замены;
- одноразовые (однодневные).

Совершенствование производства и материалов для КЛ

Первые КЛ были изготовлены из стекла и требовали сложного подбора, они имели громоздкую конструкцию и создавали дискомфорт. Стекланные линзы уступили место КЛ из термопластиков. Так полиметилметакрилат (ПММА) долго использовали для производства не только контактных, но и интраокулярных линз. В настоящее время КЛ из ПММА применяют редко, так как появились КЛ из так называемых жестких газопроницаемых полимеров. Такие КЛ газопроницаемы, прочны, устойчивы к появлению белковых отложений на поверхности линзы и допускают коррекцию астигматизма роговицы.

В 60-х годах прошлого столетия благодаря изобретению чешского ученого Отто Вихтерле появились КЛ из мягкого полимера, содержащего воду гидрогеля гидроксиэтилметакрилата. С этого момента КЛ стали разделять на жесткие (из ПММА и газопроницаемых полимеров) и мягкие (из гидрогелей).

Гидрогелевые КЛ из полимеров с различным влагосодержанием получили широкое распространение благодаря большему комфорту простоте подбора этих линз по сравнению с КЛ из жестких полимеров. Однако, несмотря на целый ряд явных достоинств, гидрогелевые имеют и недостатки, основным из которых является недостаточная для нормального метаболизма роговицы газопроницаемость линз, что в ряде случаев приводит к развитию гипоксических осложнений (табл. 1).

Таблица 1. Основные преимущества, недостатки и назначение современных КЛ из различных материалов

Тип КЛ	Преимущества	Недостатки	Назначение
Жесткие/ жесткие газопроницаемые КЛ	Коррекция роговичного астигматизма Отсутствие дегидратации Прочность	Дискомфорт Сложность подбора	Коррекция аметропии и роговичного астигматизма Механическая защита и поддержание влажности роговицы
Мягкие КЛ из гидрогелей	Комфортность Легкость подбора Широкий диапазон параметров	Недостаточная кислородопроницаемость. Низкая эффективность коррекции роговичного астигматизма Дегидратация (высыхание линз) Белковые отложения на КЛ	Коррекция аметропии Лечение роговицы Местное введение лекарственных препаратов

Мягкие КЛ из силиконгидрогелей	Высокая проницаемость для кислорода Возможность пролонгированного ношения Низкая дегидратация Устойчивость к белковым отложениям	Повышение жесткости материала линзы, приводящее к дискомфорту Жировые отложения на КЛ	Коррекция аметропии Лечение роговицы
КЛ из силикона	Высокая проницаемость для кислорода Отсутствие дегидратации	Гидрофобность поверхности Сложность подбора и обращения	Лечебное назначение
КЛ из коллагена	Растворимость	Дискомфорт Плохие оптические свойства Непредсказуемость по срокам	Кратковременная коррекция роговицы

Знаменательным событием в контактной коррекции зрения стало появление к концу 90-х годов нового типа мягких КЛ из силикон-гидрогелей, сочетающих некоторые свойства гидрогеля с высокой газопроницаемостью

силикона. Газопроницаемость КЛ из силикон-гидрогелей в несколько раз выше, чем гидрогелевых КЛ. Современные силикон-гидрогелевые КЛ позволяют достигать роговицы 96-98% кислорода, предотвращая развитие гипоксии роговицы даже при пролонгированном (без снятия на ночь) ношении КЛ. Однако силикон-гидрогелевые КЛ не лишены недостатков: из-за присутствия в материале линз силикона, они в несколько раз более жесткие, чем гидрогелевые КЛ, что в ряде случаев становится причиной дискомфорта и механических осложнений.

КЛ из других полимеров - коллагена, обладающего непредсказуемой растворимостью и плохими оптическими свойствами, и высокогазопроницаемого, но гидрофобного (с низкой смачиваемостью) силикона, практически не используются для коррекции зрения назначаются только с лечебной целью.

Открытие повреждающего действия света повысило требования к средствам коррекции зрения. Появились не только очковые, интраокулярные линзы, но и КЛ с добавлением в материал адсорбентов ультрафиолетовых лучей, защищающих структуры глаза от вредного излучения. Длительное воздействие ультрафиолетовых лучей является одной из причин помутнения хрусталика (катаракты).

Воздействие ультрафиолетовых лучей зависит от различных факторов (географического положения, приема лекарственных препаратов, индивидуальной чувствительности и т. д.). Ультрафиолетовые лучи исходят не только от солнца, но и от искусственных источников освещения, например, от флюоресцентных ламп.

Современные КЛ - это линзы с фильтром для ультрафиолетовых лучей, соответствующие международным стандартам. Этот фильтр не изменяет свойств линзы и не влияет на переносимость КЛ глазом.

Однако КЛ с фильтром для ультрафиолетовых лучей не являются полноценной защитой от вредного излучения. КЛ с таким фильтром в отличие от очков стандартной (не облегающей) формы, защищают роговицу от периферических и косых ультрафиолетовых лучей, но и защищают от ультрафиолетовых лучей окружающие глаз ткани.

Использование корригирующих КЛ с фильтром для ультрафиолетовых лучей в условиях повышенной инсоляции и особенно при наличии факторов, повышающих риск фотоповреждения (пребывание в горах прием некоторых лекарственных препаратов, аниридия, афакия, повышенная индивидуальная чувствительность и др.), не исключает необходимость применения других средств защиты от ультрафиолетовых лучей (солнцезащитные очки, тенты, шляпы с полями, очки специального назначения и т. д.).

Современный процесс производства КЛ автоматизирован, имеет большой объем, тщательный контроль параметров и качества КЛ. Разнообразие конструкций современных КЛ, создание новых полимеров и совершенствование свойств материалов для КЛ повышают их корригирующие свойства и комфорт при ношении.

Назначение КЛ - контактная коррекция аметропии; это самая большая область применения КЛ.

КЛ эффективны для коррекции миопии, гиперметропии, астигматизма, афакии и пресбиопии. Широкое применение КЛ в оптической коррекции аметропии, повышение зрительных функций и зрительного комфорта, особенно в случаях аметропии высокой степени, обусловлено определенными преимуществами контактной коррекции по сравнению с очковыми линзами.

Основные оптические достоинства КЛ: компенсация оптических aberrаций и призматического эффекта, свойственных очковым линзам; минимальные изменения поля зрения и изображения объекта на сетчатке при коррекции высокой анизометропии; создание оптимальных условий для бинокулярного зрения; возможность коррекции высокого Разнообразные цветные КЛ, в том числе и КЛ причудливой окраски («кошачий глаз», «звезда» и др.) используются для кратковременного применения в театрализованных представлениях или на дискотеках.

Цветные КЛ назначают с косметической целью для маскировки дефектов глаз, таких, как бельмо роговицы, дефекты или полное отсутствие радужки (аниридия), неоперабельная катаракта.

Применение КЛ с лечебной целью. Лечебный эффект терапевтических или так называемых бандажных (англ. bandage - повязка) КЛ известен давно. Лечебное действие КЛ включает в себя:

- анальгезирующее действие. Механизм анальгезирующего эффекта КЛ заключается в уменьшении контакта конъюнктивы век с поврежденной роговицей при мигании. Доказана эффективность лечебных КЛ при эндотелиально-эпителиальной дистрофии роговицы, когда КЛ, играя роль дополнительного прекорнеального защитного слоя, защищает «оголенные» вследствие дистрофических изменений роговицы нервные окончания от травмирующего действия век, существенно уменьшая субъективные проявления буллезной кератопатии (боль, светобоязнь, слезотечение);

- эпителизацию повреждений роговицы. КЛ способствуют эпителизации роговицы, уменьшая смещение нежно прикрепленной к базальной мембране эпителиальных клеток, главным образом путем механической защиты поверхности роговицы от травмирующего действия век и экзогенной травмы;

- защиту роговицы от дегидратации. КЛ помогают сохранять присущую роговице влажность, уменьшая испарение влаги с поверхности;

- герметизацию операционной раны роговицы при расхождении краев раны после кератопластики, экстракции катаракты;

- механическую защиту поверхности роговицы и конъюнктивы при трихиазе век, после хирургического лечения симблефарона, для предотвращения развития корнео-палпебральных сращений, а также при дискомфорте, вызванном раздражением конъюнктивальной полости концами хирургических швов на роговице;

- местное введение лекарственных препаратов. Применение мягких КЛ, насыщенных растворами лекарственных препаратов, рассматривается как

альтернативный метод традиционным (инстилляционному и субконъюнктивальному) способам введения лекарств.

Многочисленные исследования фармакокинетики лекарственных препаратов в мягких КЛ позволяют сделать важный вывод. КЛ обеспечивает более высокий уровень лекарственного препарата в ткани переднего отдела глаза и достаточно долго поддерживает его; равноценный терапевтический эффект может быть достигнут при меньшем по сравнению с инсталляциями концентрациях препарата.

В отличие от корригирующих КЛ, повышение остроты зрения является главным и обязательным эффектом лечебных КЛ. Одна в ряде случаев лечебные КЛ повышают остроту зрения вследствие уменьшения отека и коррекции неправильного астигматизма.

Ортокератология

Ортокератология - метод, основанный на применении газопроницаемых (жестких) КЛ особой конструкции для изменения рефракции глаза - уменьшения или полного устранения аметропии. Механизм воздействия линз этого типа на роговицу, приводящий к изменению оптической системы глаза, до конца не выяснен. В результате ношения таких КЛ меняются структура и топография роговицы, что, возможно, приводит к уменьшению аметропии и избавляет пациентов от необходимости использования средств коррекции зрения в течение дня. Для поддержания эффекта пациент должен ежедневно надевать ортокератологическую линзу на ночь. После прекращения ношения линзы роговица (и соответственно рефракция глаза) возвращается к исходным параметрам.

Метод применяют в основном при миопии слабой и средней степени, он имеет достоинства и недостатки и нуждается в дальнейшем изучении.

Подбор, режим ношения и уход за КЛ

КЛ подбирает офтальмолог. Тип и параметры КЛ зависят от рефракции, преломляющей силы роговицы, остроты зрения с очковой коррекцией, а также от стиля жизни и профессиональной деятельности пациента. При подборе КЛ оценивают положение и подвижность линзы на роговице, остроту зрения с КЛ. Затем пациента обучают обращению и уходу за КЛ.

Офтальмолог рекомендует и режим ношения КЛ. В зависимости от свойств материала и газопроницаемости КЛ возможны дневное ношение - ношение в течение дня со снятием на ночь; пролонгированное ношение - весь день и всю ночь (современные высокогазопроницаемые силикон-гидрогелевые КЛ); гибкое ношение - иногда линзы оставляют на ночь.

КЛ находятся в непосредственном контакте с роговицей и конъюнктивой глаза и подвергаются загрязнению продуктами слезы и окружающей среды, образующих отложения на поверхности линзы.

Количество этих отложений в значительной степени зависит от длительности ношения и срока замены линзы.

Так называемые традиционные линзы меняют каждые 6-8 мес, за ними

нужно тщательно ухаживать.

Существуют КЛ плановой замены - через 2 нед, 1 мес, 3 мес, наконец, одноразовые линзы - линзы на 1 день, которые обеспечивают самый здоровый режим ношения и не требуют ухода.

Чем чаще меняются КЛ, тем меньше на них загрязнений и отложений, и тем выше зрительный и физический комфорт. Отложения поверхности линзы ухудшают оптические свойства, снижают кислородопроницаемость линзы, способствуют прикреплению и размножению микроорганизмов, что приводит к осложнениям контактно коррекции зрения.

КЛ требуют не только частой замены, но и регулярного ухода очистки от отложений, дезинфекции и увлажнения для профилактики осложнений и повышения переносимости КЛ.

Осложнения контактной коррекции зрения

В отличие от очков КЛ находится в непосредственном контакте с роговицей и конъюнктивой и может вызывать определенные изменения переднего отрезка глаза. В 3-20% случаев эти изменения становятся патологическими, требуют лечения и классифицируются как осложнения.

Основными факторами в патогенезе этих изменений и развитии осложнений при ношении КЛ служат относительная гипоксия из-за ограничения снабжения тканей глаза кислородом, изменение метаболических процессов, механическое и токсико-аллергическое воздействие КЛ и средств ухода за ними.

Классификация осложнений

По этиологическому фактору осложнения контактной коррекции зрения подразделяются на: *механические* (деформация поверхности эпителиальные повреждения роговицы и конъюнктивы); *гипоксические* (отек роговицы, васкуляризация роговицы); *токсико-аллергические* (папиллярный конъюнктивит), воспалительные и инфекционные (стерильный инфильтрат роговицы, микробные кератиты).

Механические осложнения (деформации поверхности, эпителиальные повреждения роговицы и конъюнктивы) возникают при жестких КЛ и мягких силикон-гидрогелевых КЛ, неправильном подборе КЛ, скоплении под линзой пузырьков воздуха или попадании под линзу инородного тела, а также при использовании поврежденной или загрязненной КЛ.

Гипоксические осложнения клинически могут проявляться симптомами отека и васкуляризации роговицы, лимбальной гиперемией. Это бывает при неадекватном подборе КЛ или использовании линз с недостаточной газопроницаемостью.

Токсико-аллергические осложнения (папиллярный конъюнктивит, эпителиопатия роговицы) являются следствием реакции глаза на средства ухода за линзами, отложения на поверхности КЛ, в редких случаях - на материал линзы.

Воспалительные и инфекционные поражения глаз (стерильные инфильтраты, микробные конъюнктивиты и кератиты) относятся к числу

наиболее серьезных осложнений. Риск развития инфекционного процесса повышается при нарушении режима ношения и ухода за КЛ, при несоблюдении правил гигиены и хронических заболеваниях глаз.

Выраженность изменений переднего отрезка глаза при ношении КЛ зависит от типа линзы, адекватности ее подбора, а также от индивидуальных особенностей глаза.

Влияют на переносимость КЛ и повышают риск развития осложнений:

- заболевания глаз: эпителиальные дефекты, эрозия, дистрофии роговицы, состояние после травм и операций на роговице, хронические заболевания век и конъюнктивы, снижение или нарушение слезопродукции;

- общие заболевания (диабет, авитаминоз) и прием лекарственных препаратов, побочными эффектами которых являются отложения на линзах, снижение слезопродукции, ухудшение переносимости КЛ;

- низкий уровень гигиены, неблагоприятные условия в быту и на производстве (повышенная сухость, загрязненность воздуха, аллергены), а также особенности климата. Риск бактериального и грибкового инфицирования при ношении КЛ увеличивается в тропическом климате и в сырых помещениях с плесенью. Тип КЛ (низкая газопроницаемость линзы, неправильный подбор, невысокое качество или повреждение линзы);

- длительность ношения и срок замены КЛ: пролонгированное ношение КЛ и длительное ношения КЛ без частой плановой замены повышают риск развития осложнений;

- средства по уходу за КЛ (токсико-аллергическое действие компонентов растворов, нарушение рекомендаций по уходу за линзами).

В большинстве случаев различные виды осложнений контактной коррекции зрения имеют свои особенности и многофакторную этиологию.

К числу наиболее характерных для ношения КЛ негативных изменений роговицы и конъюнктивы относится инъекция сосудов глазного яблока.

Конъюнктивальная инъекция («красный глаз») - гиперемия конъюнктивы глазного яблока различной выраженности, сопровождается сухостью, жжением, зудом, повышенной утомляемостью глаз, дискомфортом при ношении КЛ. Эти явления усиливаются к концу дня.

Основными причинами гиперемии конъюнктивы при ношении КЛ являются гипоксия роговицы, снижение слезопродукции, реакция раствор по уходу за линзами или на химическое вещество, попавшее на линзу, а также на микробные токсины. Гиперемия конъюнктив может быть симптомом начала конъюнктивита или кератоконъюнктивита различного происхождения.

Лимбальная гиперемия - расширение сосудов в области лимба; возникает, как правило, при ношении мягких КЛ из гидрогелей. Основная причина - гипоксия роговицы, обусловленная недостаточной газопроницаемостью или плотной «посадкой» КЛ на роговице.

Папиллярный конъюнктивит может возникать при ношении КЛ любого типа. Чаще это осложнение выявляется при использовании традиционных КЛ с

длительным сроком замены (замена через 6-8 мес).

Основным диагностическим признаком этого конъюнктивита служат шероховатость эпителия тарзальной конъюнктивы, появление гипертрофированных сосочков (иногда гигантских, более 0,5 мм) на конъюнктиве верхнего века в сочетании с гиперемией конъюнктивы и умеренным слизистым отделяемым. Перечисленные изменения вызывают ощущение инородного тела, сухость глаз, жжение под веками, зуд, изменение «посадки» (положения КЛ на роговице) и сокращение времени комфортного ношения КЛ.

Одной из причин развития папиллярного конъюнктивита считают механическое рефлекторное раздражение конъюнктивы век краем линзы (особенно жестких или силикон-гидрогелевых КЛ с высокой жесткостью материала), а также аллергическую реакцию на компоненты раствора для линз.

Однако в большинстве случаев папиллярный конъюнктивит - это аутоиммунная реакция на отложения денатурированного белка слезы на поверхности КЛ. Количество отложений на линзе зависит от частоты ее замены. При применении современных линз частой плановой замены (замена через 2-4 нед.) и одноразовых линз (не требуют ухода) значительно меньше риск развития этого осложнения.

Отек роговицы возникает вследствие нарушения корнеального метаболизма из-за недостаточного снабжения роговицы кислородом при ношении КЛ.

При отеке роговицы биомикроскопическое исследование определяет структурные изменения ее слоев: эпителиальные микроцисты (более 20), стрии роговицы (вертикальные линии в строме роговицы), складки эндотелия роговицы. Увеличение толщины и нарушение прозрачности роговицы приводят к затуманиванию и снижению зрения, ухудшению переносимости КЛ.

Компенсаторным механизмом при хроническом отеке роговицы служит ее васкуляризация - образование в роговице сети кровеносных сосудов. Это осложнение долго не вызывает субъективных симптомов, его находят при контрольном биомикроскопическом обследовании. При васкуляризации роговицы нарушается структура стромы, возникает отек эпителия роговицы. Длительная васкуляризация роговицы может приводить к нарушению прозрачности роговицы и снижению зрения.

Основными причинами гипоксии и развития отека роговицы служат неадекватный подбор («крутая посадка» линзы), нарушение режима ношения (продолжительное без снятия на ночь ношение линз с низкой газопроницаемостью) или недостаточная кислородопроницаемость КЛ, а также ухудшение газопроницаемости линз вследствие длительного ношения линзы, появления отложений или дегидратации (подсыхание) материала линзы.

Эпителиопатия роговицы - поверхностные эпителиальные повреждения роговицы, возникающие в результате точечного слущивания и отслоения эпителия роговицы. Эти изменения роговицы, как правило, протекают бессимптомно, со слабой инъекцией конъюнктивы, в некоторых случаях

пациенты отмечают ощущение инородного тела, сухости глаз, сокращение времени комфортного ношения КЛ. Дефекты эпителия при применении флюоресцеина имеют вид точечного окрашивания различной формы и локализации.

Стерильные инфильтраты роговицы - выявляются у 2-10% носителей КЛ. По периферии роговицы появляются мелкие серые инфильтраты, которые быстро рассасываются. Это осложнение развивается обычно на фоне хронического блефарита, мейбومیита и представляет собой воспалительную реакцию роговицы на микробные токсины отложения на КЛ или на компоненты растворов для линз. Другой механизм развития стерильного инфильтрата связан с гипоксией роговицы, которая вызывает рефлекторное расширение лимбальных сосудов и миграцию воспалительных клеток, участвующих в образовании инфильтратов. Инфильтрат состоит из воспалительных клеток мигрирующих из лимбальных сосудов (нейтрофилы, макрофаги лимфоциты), микробных эндотоксинов, серозного экссудата и белка из сосудов лимба.

Стерильные инфильтраты роговицы отличаются от микробных кератитов слабой субъективной симптоматикой; периферической локализацией инфильтратов; интактным эпителием; слабой или умеренной инъекцией конъюнктивы; быстрой позитивной динамикой процесса (рассасывание инфильтрата).

Инфекционные кератиты - самое грозное осложнение контактной коррекции зрения. Повышенный риск развития инфекционных осложнений при ношении КЛ обуславливает совокупность инфицирования глаз вследствие инфицирования линз и средств ухода линзами (растворы и контейнеры для хранения линз), несоблюдение правил гигиены и рекомендаций по уходу и использованию КЛ.

Клинические наблюдения показали, что одно из самых тяжелых инфекционных осложнений - акантамебный кератит в большинстве случаев развивается при плавании с линзами в водоемах с непроточной водой, где обитает акантамеба, и использовании для ухода за линзами водопроводной воды. К инфекционному кератиту приводит нарушение физиологических механизмов защиты глаза от инфекции (гипоксия роговицы, микротравмы эпителия роговицы, нарушена мигация и слезной секреции при ношении КЛ).

Риск развития кератита повышается при пролонгированном (без снятия на ночь) ношении линз.

Инфекционные осложнения контактной коррекции зрения могут вызвать бактерии, патогенные грибы, вирусы и простейшие организмы - акантамеба. Наиболее часто встречаются бактериальные кератоконъюнктивиты, вызванные стафилококками и синегнойной палочкой.

Все инфекционные кератиты имеют острое начало, сопровождаются гиперемией и отеком конъюнктивы, очаговой инфильтрацией роговицы и слизисто-гнойным отделяемым. Инфильтрат может изъязвляться и превращаться в язву роговицы. Поражение роговицы вызывает боль, светобоязнь, слезотечение, блефароспазм, снижение зрения. Клинический

диагноз подтверждается лабораторными исследованиями материала с конъюнктивы и роговицы.

В лечении осложнений контактной коррекции зрения наряду с назначением лекарственных препаратов и других лечебных мероприятий значительная роль отводится устранению возможной причины осложнения - замене КЛ или раствора. Современные КЛ позволяют избежать или значительно снизить риск развития любых осложнений контактной коррекции зрения.

Профилактика осложнений контактной коррекции зрения:

- диагностика и лечение хронических заболеваний глаз;
- квалифицированный подбор КЛ;
- выбор оптимальной КЛ с учетом стиля жизни и профессиональной деятельности пациента. Предпочтение следует отдавать КЛ коротких сроков замены, в первую очередь одноразовым КЛ;
- применение современных КЛ с высокой газопроницаемостью, из материалов, повышающих комфорт при ношении даже в неблагоприятных условиях окружающей среды;
- соблюдение режима ношения и правильный уход за КЛ.

За последние десятилетия созданы материалы для КЛ с различными свойствами, исследовано влияние на глаз различных параметров и материалов. Повышается эффективность КЛ в коррекции аметропии, расширяются лечебно-диагностические возможности применения КЛ.

В настоящее время продолжают совершенствоваться технологии изготовления и конструкций КЛ, поиски «идеальной» КЛ из материала с биологической инертностью, прозрачностью, высокой газопроницаемостью, мягкостью, оптимальной смачиваемостью, бактерицидностью, минимальным сродством к белкам, липидам слезы и различным загрязняющим агентам окружающей среды.

8. ОПТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОРРЕКЦИИ ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ

Оптические средства коррекции

Одной из важных тем программы «Пространственное ориентирование» является тема «Использование функции сохранных анализаторов». В процессе восприятия окружающего мира, доступности информации ведущим анализатором остается частично утраченное зрение. Важно научить человека с остаточным зрением активно и осознанно использовать остаточное зрение. С этой целью проводится занятие по тестированию и подбору оптических средств коррекции, так как в городе нет специального кабинета, оснащенного современными оптическими средствами коррекции. Преподавателями Центра накоплен большой опыт по использованию оптических средств коррекции, который они выражают в рекомендациях для индивидуальных программ реабилитации.

Далее предлагается обзор, анализ и некоторые рекомендации по использованию оптических средств, в зависимости от диагноза заболевания.

Прогресс в области производства средств для слабовидящих

Прогресс — не только слово для Eschenbach Optik, но и обещание, которое снова и снова звучит в новых технологиях. Последнее достижение, позволяющее нам использовать преломление и дифракцию света, является наилучшим примером этого. Результат: были получены линзы с высоким увеличением с большим сроком службы и исправлением цветовых искажений изображения, которые имеют тот же самый эффект как увеличительные лупы, но незаметны и очень удобны в использовании благодаря низкому весу. Предварительное условие для появления этого международного новшества было достигнуто благодаря ультраточной механической обработке линзы с точностью меньше чем 100 нанометров и инновационных методов в технике распыления, чтобы создать высокоточные микроструктуры - ноухау, развитое через обширную исследовательскую работу, которая тоже является показателем прогресса Eschenbach Optik.

К оптическим средствам коррекции относятся лупы, телескопы, галилеевские системы, кеплеровские системы, монокуляры, бинокли и электронные приборы для зрения.

Карманные лупы с подсветкой (светодиодная)

Назначение: Преимущественно для непродолжительного домашнего использования или для применения вне дома, например, для просмотра номеров в телефонной книге или ценников в магазине.

Технические характеристики: Асферическая облегченная линза из PXM® материала. Покрытие seratec® на обеих поверхностях линзы. Батарейки в комплекте (плюс лампочка). Батарейки: 2 Mignon, 1,5 В, Тип АА.

Сила увеличения: 3 х, 3,5 х, 4 х, 5 х, 7 х, 10 х, 12,5 х.

Апланатические линзы для чтения

Назначение: Благодаря отсутствию дисторсии почти на всей поверхности линзы (до краев линзы), апланатические/ асферические линзы главным образом могут применяться пациентами с потерей (ухудшением) центрального зрения.

Характеристики: Изображение, свободное от дисторсии и на участках линзы, удаленных от центра (на краях линзы). Эргономичная ручка держатель, дает возможность удерживать увеличительное стекло без проблем и напряжения в течение длительного периода времени. Плосковыпуклые линзы, с их кривыми выточенными поверхностями образуют апланатическую линзовую систему.

Сила увеличения: 4,5 х, 3,8 х, 2,9 х, 2,4 х, 2,7 х.

Асферические линзы (лупы) для чтения

Назначение: Наиболее удобны для чтения и просмотра изображений при хорошем внешнем освещении.

Характеристики: Асферические линзы (лупы) с большим увеличением для четкого изображения, как в центре лупы, так и по краям. Оптимальное качество изображения достигается при соблюдении рассчитанного расстояния, указанного на увеличительном стекле для чтения.

Технические характеристики: Облегченная асферическая линза из PXM® материала. Преимущество асферических линз в большом диаметре и широком поле обзора даже при больших увеличениях. Твердое покрытие ceratec® на обеих поверхностях линзы.

Сила увеличения: 6 х, 5 х, 4 х, 3,5 х, 3 х, 2,8 х.

Двояковыпуклые лупы и лупы для чтения

Назначение: Двояковыпуклые лупы для чтения обеспечивают широкое поле обзора в пределах низких значений увеличений. Эти изделия удобны для людей с начальной стадией нарушения зрения, которые нуждаются в дополнительном увеличении мелкого шрифта и текста. Лупы удобны в случаях, когда необходимо большое поле обзора при небольших увеличениях.

Характеристики: Дополнительная лупа большого увеличения в основании ручки дающая увеличение до 5 крат. Более простая ориентация лупы во время чтения за счет прозрачной оправы.

Сила увеличения: 3 х, 2,5 х, 2 х.

Ручные и настольные увеличительные лупы

Назначение: Использование в качестве карманной лупы, настольной лупы с наклонной плоскостью обзора, например, для рукоделия и с прямой плоскостью обзора для хобби. Опоры вращаются или складываются друг относительно друга для создания прямой или наклонной плоскости обзора.

Сила увеличения: 2,5 х.

Складные лупы

Назначение: Идеальная карманная лупа, если мелкий текст должен быть увеличен быстро и ненавязчиво.

Сила увеличения: 4 х, 5 х, 10 х.

Лупы, которые можно носить на шее

Назначение: Везде, где требуется обе руки для работы под увеличительной лупой. Шитье, вязание, рукоделие.

Характеристики: Большая прямоугольная увеличительная лупа с двукратным увеличением для нормальной работы. Отдельная дополнительная линза с четырехкратным увеличением для особенно кропотливой работы.

Настольные лупы и лупы для чтения

Лупы оснащены ксеноновым освещением

Назначение: Настольные лупы с подсветкой главным образом предназначены для использования дома. Лупы особенно удобны для пользователей, которые не могут легко держать увеличительную лупу (например, дрожание рук из-за возраста или болезни Паркинсона). Так как лупы во время чтения лежат непосредственно на объекте, и нет необходимости держать их в руке, они наиболее подходят для чтения в течение долгого периода времени. Высоко регулируемый адаптер, интегрируемый во все ручки, позволяет приспособлять высоту к используемому телу лупы.

Сила увеличения: 3 х, 4 х, 5 х, 6 х, 7 х, 10 х, 12,5 х.

Настольная лупа

Характеристики: Линза с большим полем обзора, которая может быть использована для бинокулярного просмотра. Используется для чтения, письма и рукоделия. Имеется съемная дополнительная линза для еще большего поля обзора.

Сила увеличения: 2 х, 3 х.

Галилеевские системы

Назначение: Идеально подходит для поддержания передвижения, несмотря на нарушение зрения. Дает возможность рассматривать названия улиц, номера домов, номера транспорта, четкие изображения возможны на расстоянии до 1,4 м. с дальней установкой. Возможно использование для чтения расписания, плана улиц, схем метро, ценников. Можно использовать для близкого расстояния со светодиодной подсветкой.

Сила увеличения: 1,5 х, 2 х, 2,5 х, 3 х, 4 х, 5 х, 6 х, 7 х

Кеплеровские системы

Назначение: Монокуляр, приспособленный к системе оправ как телескопическая лупа.

Характеристики: Высокая передача света и яркости изображения. Имеется надрез точности для легкого фокусирования.

Монокуляры

Может использоваться как ручной монокуляр, настольный микроскоп, настольная лупа. Имеется регулировка точности для легкой фокусировки. Высокая передача света и яркости изображения.

Электронные зрительные приборы

Назначение: В случае, когда увеличения и поля обзоры лупы с подсветкой уже не достаточно. Подходит для пользователей при остроте зрения 0,1.

Характеристики: Оптическая лупа и прибор для чтения в одном устройстве. Большое поле обзора для простого и легкого чтения. Очень высокая

глубина поля позволяет читать на неровных поверхностях, таких как книги с толстым переплетом. Легко подключается к телевизорам оборудованным видео входом (SCART).

Опыт работы по подбору и использованию оптических средств коррекции показывает, что при таких диагнозах как макулодистрофия, дегенерация сетчатки, ретинопатия, чаще всего используются лупы с подсветкой кратности – 5, 7, 12. Для определения таких технических средств реабилитации возникла необходимость создания специализированного кабинета по тестированию, подбору оптических средств коррекции, в зависимости от диагноза и остроты зрения и нарушения поля зрения.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЧТЕНИЯ «ГОВОРЯЩИХ КНИГ», ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ СЛАБОВИДЕНИЯ

Тифлотехнические средства реабилитации для слепых и слабовидящих - совокупность специальных средств и приспособлений, позволяющих осуществлять компенсацию выраженных нарушений функций органа зрения и способствующих активному приспособлению человека к окружающей среде.

К тифлотехническим средствам относятся: трость тактильная (белого цвета), специальные устройства для чтения «говорящей книги», для оптической коррекции слабовидения, медицинские термометры и тонометры с речевым выходом; собаки-проводники с комплектом снаряжения.

Специальные устройства для чтения «говорящей книги» предназначены для компенсации ограничений способности к обучению, общению, трудовой деятельности, особенно лиц, занятых в профессиях интеллектуального труда, овладению навыками самообслуживания.

К ним относятся:

- тифломагнитолы различных типов и фирм-производителей;
- тифлоплееры различных типов и фирм-производителей;
- другие специальные устройства для чтения «говорящей книги».

Требуются инвалидам по зрению, детям-инвалидам, слепым и слабовидящим (при остроте зрения 0 - 0,1).

Оптические средства для коррекции слабовидения способствуют частичной компенсации ограничений к обучению, трудовой деятельности, самообслуживанию, ориентации. Особенно важное значение они имеют для трудовой деятельности лиц, занятых в сфере интеллектуального труда, а также для получения общего и профессионального образования.

Выбор устройства осуществляется индивидуально в зависимости от характера патологии органа зрения, анатомо-оптических характеристик и других офтальмологических параметров.

Оптические средства реабилитации для слабовидящих

Зрение — одно из наиболее ценных качеств, данных человеку природой. Снижение или потеря зрения всегда является чрезвычайно трагичным

событием. Однако благодаря развитию оптики, машиностроения, электронной промышленности, информатики сегодня имеется много возможностей улучшить качество жизни человека со сниженным или отсутствующим зрением.

Согласно определению ВОЗ, слепота — это состояние, характеризующееся остротой зрения 0,02 или ниже на лучше видящем глазу с максимальной коррекцией или сужение поля зрения до 10 градусов или менее в наиболее широком меридиане на лучшем глазу.

Слабовидение (ВОЗ) — острота зрения менее 0,3 на лучше видящем глазу с максимальной коррекцией.

По данным ВОЗ (2002), число слабовидящих и слепых людей во всем мире составляет 161 миллион человек.

Из них — 124 миллиона слабовидящих и 37 миллионов слепых. 82% слепых и слабовидящих людей — в возрасте старше 50 лет, хотя их общее число в популяции населения Земли — 19%.

Реабилитация пациентов со сниженным зрением проводится в следующих направлениях:

Улучшение существующих зрительных возможностей. Как правило, данная методика наиболее эффективна при наличии у пациента 10 — 30%- ного зрения.

Улучшение достигается с помощью подбора оптических средств реабилитации:

- Луп
- Монокуляров
- очков-гипеоркуляров
- сферопризматических очков
- специальных телескопических очков систем Кеплера и Галилея
- электронных увеличивающих устройств — портативных и стационарных
- специальных программ для увеличения текста на экране монитора
- специальных цветных фильтров для изменения контрастности и окружающего фона
- особого освещения — «холодного» или «теплого» света

Оптические технические средства могут оказать значительную помощь слабовидящим пациентам. К оптическим возможностям помощи относится применение увеличивающих приборов (оптических и электронных), специального освещения, цветных фильтров и использование неоптических средств.

Увеличивающие средства можно разделить на:

- средства для работы вблизи (чтение, письмо, работа на компьютере, домашняя работа);
- средства для дали (просмотр телевизора, перемещение по улице, посещение общественных мест)
- оптические средства
- электронные средства

Оптические средства

очки с усиленным увеличением (очки – гиперокуляры) – применяются преимущественно при равном снижении зрения на оба глаза. Представляют собой готовые очки с большой диоптрийной силой (+12 — +16 Д), что соответствует 3 – 4х увеличению) и введением призматического компонента, который устраняет диплопию (двоение), возникающую вследствие конвергенции зрительных осей. Применяются очки – гиперокуляры для рассматривания текста, изображения при умеренном снижении зрения.

Накладная полусферическая и сегментная лупа – имеет вид полусферы (или сегмента полусферы). Накладывается на текст или изображение. Благодаря особой конструкции фокус лупы находится непосредственно на изображении, поэтому расстояние от лупы до изображения изменять не нужно. Особенно удобна лупа для детей и пожилых людей, которым трудно удерживать предмет на весу. Благодаря особой обработке лупы она позволяет создать чёткое изображение без искажений по краям, что обеспечивает возможность её использования несколькими пациентами. Особенностью конструкции лупы является концентрация в ней световых лучей. Это увеличивает уровень освещенности рассматриваемого объекта в поле лупы по сравнению с объектом вне поля зрения данной лупы. Некоторые модели луп снабжены также дополнительной подсветкой, усиливающей освещенность и контрастность объекта. Как правило, степень увеличения таких луп не превышает 3 – 4х.

опорная лупа с ручкой или на подставке – оптическая часть лупы вставлена в ручку с дополнительной подсветкой (с рассеиванием или без рассеивания). Лупа накладывается на текст и перемещается по нему. Степень увеличения составляет от 4х до 12х, используется преимущественно для продолжительного рассматривания текстов, изображений.

система Кеплера и Галилея – представляют собой компактную телескопическую систему со степенью увеличения 3 – 6х, встроенную в очковую оправу. Применяется для работы на расстоянии от 40 см до 2 метров – просмотр телевизора, чтение книг.

ручная лупа – одна из самых простых конструкций, степень увеличения различна – от 3 до 10х. Используется в основном как мобильное устройство, например в дороге, в магазине.

лупа на штативе – применение для домашней работы – шитья, вышивания или профессиональной деятельности. Степень увеличения не превышает 3х, может использоваться как с освещением, так и без освещения.

налобная лупа и лупа – насадка на очки – создают дополнительное увеличение к обычным очкам, не превышающее 2 – 3х, применяется как дополнительная помощь при домашней работе.

подвесная лупа – небольшого увеличения (2 – 3х) и большого диаметра (100 – 110 мм) – используется для выполнения домашней работы – шитья, вышивания, рассматривания надписей на лекарствах;

лупа – линейка – очень простое средство в виде узкой и длинной лупы полусферической формы. Преимущественно применяется для чтения текста, перемещая лупу вдоль него сверху вниз

Достоинствами оптических средств для близи является их относительная дешевизна, легкость, практичность и простота использования (что особенно важно для пожилых людей), возможность применения в разных ситуациях. Применение даже простых оптических средств может значительно улучшить возможности для зрительной работы пациента.

Приборы для дали

монокулярные телескопы (монокуляры) – изготовлены в виде компактной зрительной трубы небольшого размера и веса. Наиболее часто используются монокуляры с увеличением от 4х до 8х. Следует отметить, что с повышением степени увеличения поле зрения рассматриваемого объекта сужается, поэтому при подборе средств коррекции слабовидения необходимо руководствоваться принципом – «настолько много увеличения, насколько нужно, настолько мало увеличения, насколько возможно»

бинокулярный телескоп Кеплера – встроенный в очковую оправу телескоп с увеличением 2 – 3 х. Преимущественно применяется для просмотра изображений с расстояния не более 2-х метров (например, просмотра телевизора).

Приборы для дали предназначены для ориентирования на открытой местности, чтения названий улиц, рассматривания вывесок, предметов за витринами, различения номеров домов и общественного транспорта, посещения выставок, культурно-зрелищных мероприятий, театров, музеев, зоопарков и пр. Школьники и студенты используют данное средство для рассматривания изображения, чтения записей на доске или проекционном экране.

Электронные устройства

стационарное электронное увеличивающее устройство – основное устройство для чтения или письма, применяемое в домашних условиях или на рабочем месте.

Сконструировано в виде подставки, с нижней стороны которой находится видеокамера, обращенная вниз на текст или изображение. На верхней поверхности подставки располагается монитор с диагональю 19 – 22», на который проецируется картинка с камеры. Под камерой на расстоянии 30 – 35 см укреплен подвижный координатный столик с возможностью его фиксации. Книга (изображение) располагается на данном столике и передвигается пользователем. Камера создает необходимое увеличение (до 50х). В данном приборе также предусмотрена возможность изменения шрифта и фона.

мобильная видеокамера – видеокамера располагается на подвижном штативе, позволяющем ей поворачиваться в разные стороны. В основном данное устройство используют старшие школьники и студенты, когда преподаватель записывает лекции на доске. Изображение проецируется на

экран, расположенный рядом со студентом, благодаря чему он может наблюдать увеличенное и приближенное изображение.

видеолупа – имеет вид компьютерной «мышки», в которую встроена видеокамера. «Мышка» передвигается по тексту, видеокамера проецирует изображение на монитор или телевизор, располагающийся рядом с пользователем.

жидкокристаллические очки с видеокамерой. Имеют вид очков, в которые встроена портативная видеокамера. Видеокамера создаёт увеличенное изображение, передаваемое на два небольших жидкокристаллических экрана, располагающихся перед глазами пользователя. Блок управления изображением располагается отдельно.

Вследствие возможности большего увеличения использование электронных увеличивающих приборов является оправданным при остроте зрения ниже 0,1.

Специальное программное обеспечение позволяет

увеличивать текст и графические объекты на экране монитора, изменять его цвет, фон и контрастность;

читать вслух текст, находящийся на экране;

воспроизводить через аудиоустройство буквы и слова после нажатия на клавишу.

Активизация неоптических возможностей

Данный вид реабилитации проводится при значительно сниженном зрении. Для таких пациентов могут быть рекомендованы магнитофоны для воспроизведения «говорящих книг» на картах памяти, термометры, глюкометры и тонометры с речевым выводом, специальное программное обеспечение со звуковым выводом, изменение окружающих условий (увеличение освещенности рабочего места, изменением контрастности обстановки, удобной расстановкой мебели), проведение занятий по социально-бытовой адаптации, ориентированию, изучению шрифта Брайля.

9. ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Осмотр медицинского оптометриста

Цель создания кабинета оптометриста:

Повышение эффективности своевременного выявления патологии органа зрения на ранних этапах, при одновременной общедоступности

Существует целый ряд глазных заболеваний никак не проявляющих себя клиническими симптомами и снижением центрального зрения на ранних стадиях (начальная глаукома, начальная близорукость, макулодистрофия, периферическая отслойка сетчатки, и т.д.).

Задачи: Раннее выявление отклонений от нормы измеряемых с помощью специализированного оборудования функциональных параметров органа зрения, определение которых может помочь в своевременном выявлении заболеваний, правильной постановке диагноза и более раннему направлению к специалисту-офтальмологу для лечения глазных заболеваний.

Оптометрия

Оптометрия — медицинская специальность, имеющая отношение к глазам и связанным с ними системам, таким как зрение, зрительные системы и зрительное восприятие человека.

Как и для большинства медицинских специальностей, образование, сертификация и практика оптометрии регулируются во многих странах. Чтобы осуществлять медицинское наблюдение глаз и зрения, оптометристы и связанные с ними организации взаимодействуют с правительственными учреждениями, другими медицинскими специалистами и обществом. Оптометрия — одна из двух специальностей, связанных с медицинским наблюдением глаз, наряду с офтальмологией, являющейся отраслью медицины.



Сфера деятельности

Оптометристы предоставляют первичную медико-санитарную помощь в отношении глаз и зрительной системы. Они осуществляют обследование, диагностику и медицинское лечение глазных заболеваний, нехирургических повреждений и расстройств глаз и зрительных систем, таких,

как близорукости дальность, а также определение относительных медицинских условий, влияющих на глаза и глазные придатки.

Оптометристы могут обслуживать население в целом, специализироваться на пожилых людях, детях или слабовидящих, которые нуждаются в специальных зрительных аппаратах; разрабатывают и применяют способы защиты глаз работников от переутомления или повреждений на рабочем месте, или специализируются на контактных линзах, зрительной гимнастике или зрительной терапии.

Обследование глаз и зрения[\[править | править вики-текст\]](#)

Обычное оптометрическое обследование включает четыре компонента:

- выяснение анамнеза — получение данных о состоянии и оптическом функционировании глаз, а также об общем состоянии здоровья пациента,
- анализ, наблюдение за состоянием здоровья и оказание необходимой помощи, выявление глазной болезни,
- анализ зрительных характеристик глаз,
- анализ оптического функционирования глаз.

Выяснение анамнеза

- получение информации о пациенте, включая расстройства (заболевания), которые влияют на тело и, следовательно, на глаза, а также сбор информации об оптических потребностях.

Обследование глазного здоровья:

- осмотр внешних структур глаза, таких как роговица, передняя камера глазного яблока, физиологическая линза, а также внутренних структуры глаза, таких как сетчатка и оптический нерв; осмотр производится с помощью специального оборудования;
- наблюдение за различными движениями глаз и их синхронностью;
- наблюдение за реакцией зрачка на свет, неврологический тест;
- наблюдение общего состояния здоровья придаточных глазных структур, таких как веки и ресницы, а также слезная система и др.;
- измерение глазного давления, также известного как внутриглазное давление;
- оценка функциональных характеристик глаз, таких как поля зрения.

Обследование зрительных навыков:

- применение набора структурированных зрительных заданий к пациенту, чтобы оценить функциональные характеристики зрительной системы, такие как слежение и фокусирование, а также мышечная координация.

Обследование оптических характеристик глаза:

- измерение рефракции или выбор комбинации линз, обеспечивающей наилучшую оптическую коррекцию оптических характеристик зрения.

Примеры оптометрического оборудования

Во время глазного обследования используются различные типы оборудования. Для измерения остроты зрения и зрительных полей используются машины и таблицы остроты зрения. Для измерения рефракции могут использоваться пробные (очковые и контактные) линзы или фороптер и

ретиноскоп. Для оценки глазных движений и выравнивания могут использоваться наборы призм различной силы, мелкие предметы и окклюдаторы. Тестовые буклеты, таблицы, инструкции и карандаши могут быть использованы для обработки, исследования и представления информации в наглядном виде.

Пенлайты и трансиллюминаторы могут использоваться при оценке светочувствительности зрачка, неврологическом скрининг-тесте. Специальные увеличители, такие как офтальмоскопы и биомикроскопы с щелевыми лампами, помогают при детальном осмотре внешних и внутренних анатомических глазных структур. Диагностические глазные капли могут также использоваться для оценки различных анатомических структур глаз.

Многие оптометристы используют компьютеризированное оборудование, специально разработанное для диагностики и/или наблюдения некоторых глазных заболеваний. Например, во многих кабинетах оптометристов есть различные анализаторы поля зрения и тонометры, которые помогают диагностировать заболевания на начальной стадии. Оптометристы используют цифровое оборудование для получения изображений, например, цифровые фотокамеры, чтобы задокументировать вид передних и задних частей глаза. Роговичные топографы используются для сбора информации о внешней стороне глаза и роговице. Другие типы сложного оборудования, такие как оптическая когерентная томография, GDX, HRT II, могут использоваться для тестирования и лечения различных заболеваний.

Диагнозы

Оптометристы ставят диагнозы, исходя из полной информации, полученной при обследовании глаз.

Некоторые глазные заболевания могут быть вызваны осложнениями соматических, нервных и других заболеваний. Оптометрист может проводить лечение некоторых глазных расстройств. В других случаях может потребоваться направление к офтальмологу и хирургическое вмешательство.

Оптические дисфункции, определяемые оптометристом, могут включать:

- аномалии рефракции, такие как миопия, гиперметропия, астигматизм и пресбиопия;
- нарушения аккомодационной вергенции (относящиеся к динамическому фокусу и синхронизации (выравниванию) глаз).

Глазные заболевания, также известные как глазные патологии, диагностикой и лечением которых занимается оптометрист, могут включать:

- царапины (повреждения) роговицы,
- красные глаза,
- глаукому,
- глазные инфекции и воспаления глазной поверхности, включая заболевания роговицы, конъюнктивы, а также внутренние патологии сетчатки, стекловидного тела и зрительного нерва и др.,
- страбизм (косоглазие или глаз, обращенный в другую сторону), когда может потребоваться хирургическая коррекция офтальмологом.

Основные примеры заболеваний органов и системного происхождения осложнений на глаза, которые могут быть выявлены при обследовании глазных структур, включают:

- диабетическое глазное заболевание и ретинопатия, вызванные диабета,
- изменения в сетчатке, вызванные другими соматическими расстройствами, такими как повышенное давление и проблемы с холестерином,
- оценка изменений в глазах, вызванных лекарствами, такими как оральные контрацептивы и др.

Оказание помощи пациенту

- Консультации по поводу комплексного или детализированного обследования глаз человека.
- Диагноз и лечение или оказание помощи при глазном заболевании или расстройстве зрения.
- Назначение медикаментов (лекарств), таких как антибиотики, противовоспалительные и др. для лечения глазных нарушений и заболеваний.
- Назначение оптических устройств, таких как очки, контактные линзы, увеличительные стекла.
- Назначение реабилитации слабого зрения.
- Назначение зрительной терапии.

Оптометристы дают рекомендации и ведут последующее наблюдение в отношении использования оптических устройств (особенно контактных линз), направляют к другим медицинским специалистам, включая терапевта и других врачей первой помощи, и взаимодействуют с оптиками и оптической промышленностью, которая производит оптические устройства, например, очки, в соответствии с рецептом.

История оптометрии связана с развитием:

- науки о зрении (соответствующие области медицины, микробиологии, неврологии, физиологии, психологии и т. д.),
- оптики, оптических устройств,
- оптических инструментов, техники получения и обработки изображений,
- других профессий, связанных с заботой о зрении.

Термин «оптометрист» был предложен Ландольтом в 1886 г. в значении «сборщик очков». Перед этим в XIX столетии произошло разделение между «изготавливающими» и «рефракционными» оптиками. Последние позднее стали называться оптометристами.

Первая школа оптометрии была основана в конце XIX века в США; в 1940-е гг. начали пользоваться контактными линзами.

В большинстве стран существует регулирование оптометрического образования и практики. Оптометристам, как и большинству других медицинских специалистов, требуется участвовать в постоянно продолжающихся образовательных курсах, чтобы быть в курсе последних стандартов медицины.

Оптометрия официально признана:

- в Северной Америке (Канада и США),

- в Латинской Америке и некоторых Карибских странах,
- в большинстве англоязычных стран, включая Великобританию, Ирландию и Австралию,
- в Европе, включая Испанию, Германию и Францию,
- в Азии, включая Малайзию, Китай, Гонконг, Таиланд и Тайвань,
- на Ближнем Востоке, включая Саудовскую Аравию, Иран и Израиль.

Великобритания

В Великобритании оптометристам нужно отучиться 4 года в университете и получить степень бакалавра, затем в течение как минимум однолетнего дорегистрационного периода, пройти контрольную практику под наблюдением опытного квалифицированного руководителя практики. В течение дорегистрационного года кандидат проходит несколько ежеквартальных аттестаций и при успешном прохождении всех этих аттестаций, заключительную однодневную экзаменационную сессию. При успешной сдаче экзаменов и прохождении однодневной контрольной практики, кандидат получает право стать членом Колледжа оптометристов и зарегистрироваться в качестве оптометриста в Генеральном оптическом совете (ГОС).

Существует 8 университетов, обучающих оптометрии в Великобритании: Английский университет Раскина, Астонский университет (Бирмингем), Брэдфордский университет, Кардиффский университет, Каледонский университет Глазго, Лондонский городской университет, Манчестерский университет и Ольстерский университет (Колрейн).

Регистрация в ГОС обязательна для того, чтобы практиковать в Великобритании. Члены Колледжа оптометристов могут использовать приставку MCOptom. Оптометристы Великобритании, как и большинства стран, получают степень магистра оптометрии.

США

Американские оптометристы проходят 4-летнюю программу и получают степень доктора оптометрии. Многие оптометристы в течение одного или двухлет обучаются в резидентуре, чтобы получить специализацию. Примерный учебный план предоставляется Межамериканской университетской школой оптометрии. Будучи первичными глазными врачами, доктора оптометрии являются неотъемлемой частью системы здравоохранения. Перед поступлением в оптометрическую школу оптометристы, как правило, четыре года обучаются в вузе, после чего получают степень бакалавра. Требуемый базовый университетский курс для оптометристов включает разнообразные медицинские, научные и математические курсы. Оптометрическое обучение включает 4 года обучения, сосредоточенного на глазах, зрении и некоторых соматических заболеваниях. В дополнение к курсам профессиональной специализации от оптометристов требуется пройти медицинские курсы, сосредоточенные на том, как общее медицинское состояние пациента влияет на глаза.

Окончив оптометрическую школу, кандидаты обучаются в аккредитованном колледже оптометрии и получают степень оптометрии. Оптометристы должны сдать строгий национальный экзамен, который проводит Национальная экзаменационная комиссия по оптометрии. Экзамен состоит из 3 частей: базовая наука, клиническая наука и уход за пациентом. (В структуру и формат экзаменов НЭКО могут быть внесены изменения в 2008 г.) Некоторые оптометристы продолжают обучение и, окончив резидентуру, приобретают узкую специализацию. Специализации: педиатрический уход, детское зрение, гериатрический уход, специальные контактные линзы (для пациентов с кератоконусом или другими видами роговичной дистрофии) и многие другие. Все оптометристы обязаны непрерывно получать образование, чтобы быть в курсе последних стандартов медицины.

Аргентина

В Аргентине оптометристы обязаны регистрироваться в местном Министерстве общественной информации, но лицензирование не обязательно. Любой бакалавр может зарегистрироваться в качестве оптометриста, сдав письменный экзамен. Плата за экзамен устанавливается правительством провинции и в разных провинциях разная.

Колумбия

В Колумбии оптометрическое образование аккредитовано Министерством здравоохранения. Последний официальный пересмотр законов, касающихся медицинских стандартов в стране, был произведен в 1992 году в Законе 30. В настоящее время существует 8 официальных университетов, получивших от ICFES право проводить сертификацию оптометриста. Первые оптометристы прибыли в страну из Северной Америки и Европы около 1914 года. Они специализировались на оптике и рефракции. В 1933 по Декрету 449 и 1291 Правительство Колумбии официально установило правила для профессионального образования (обучения специалистов) в области оптометрии. В 1966 году по рекомендации группы специалистов университет «Ля Саль» открывает свой первый факультет оптометрии. В настоящее время оптометристы поощряются не отставать от новых технологий с помощью конгрессов и стипендий, выплачиваемых правительством или частными компаниями (такими как Bausch & Lomb).

Европа

В настоящее время оптометрическое образование и лицензирование отличается в разных частях Европы. Например, в Германии оптометрические задачи выполняются офтальмологами и профессионально обученными и сертифицированными оптиками. Во Франции нет регулирующих структур, и оптометристы иногда обучаются в частных офтальмологических службах.

С тех пор, как образовался Европейский Союз, «существует серьезное движение, возглавляемое Ассоциацией европейских школ и колледжей оптометрии (АЕШКО), ставящее целью унифицировать профессию, разработав общеевропейский экзамен по оптометрии», а также стандартизованную практику и образовательные рекомендации внутри стран Евросоюза.

Ирландия

Профессия оптометрии представлена на протяжении более ста лет Ассоциацией оптометристов Ирландии (АОИ). В Ирландии оптометрист обязан пройти четырёхлетнее обучение, после чего ему присваивается степень оптометрии в департаменте оптометрии Школы физики Дублинского технологического института. Получив диплом, оптометрист должен сдать Профессиональный квалификационный экзамен, чтобы получить регистрацию в Палате оптиков. Чтобы практиковать в Ирландской республике, оптометристы должны зарегистрироваться в Палате.

АОИ запустила программу всестороннего непрерывного образования и профессионального развития в интересах (от имени) ирландских оптометристов. Законодательство, регулирующее оптометрию, было разработано в 1956 году. Законодательство разрешает оптометристам в полной мере использовать своё мастерство, образование и оборудование исключительно на пользу ирландскому народу. Поправка к акту в 2003 году относится к одному из самых значительных ограничений — к применению циклоплегических наркотиков при обследовании детей.

Россия

Санкт-Петербургский медико-технический колледж имеет лицензию на право ведения образовательной деятельности в сфере профессионального образования и проводит обучение по специальности 060606 «Медицинская оптика», квалификации — техник-оптик (срок обучения — 2 года 10 месяцев), а также ведение обучения по программе "Медицинская оптика с углубленной подготовкой в области оптометрии" (срок обучения 3,5 месяца). Колледж осуществляет повышение квалификации и переподготовку по данной специальности с выдачей удостоверения, свидетельства или диплома государственного образца.

В настоящее время существует девять специализаций (резидентур), предлагаемых различными оптометрическими школами в США:

- роговица и контактные линзы;
- семейная оптометрия;
- гериатрическая оптометрия;
- глаукома;
- реабилитация пониженного зрения;
- ортоптическая практика;
- глазные заболевания;
- педиатрическая оптометрия;
- оптометрия первой помощи;
- терапия и реабилитация зрения.

Многие из этих специализаций также выделяются в других странах.

Курс рефрактивной и глазной хирургии включает изучение того, как оказывать помощь пациенту до и после хирургии глаза. Подобным образом, обучение в резидентуре глазных заболеваний включает практику сотрудничества с другими медиками. Также Колледж оптометристов по

улучшению зрения предоставляет глазным врачам сертификаты по терапии зрения, профилактике нарушений зрения, связанных с поведением и развитием, и «зрительной реабилитации». Специализации тренировки бинокулярного зрения и ортоптики часто объединяются с педиатрической или терапевтической программами.