НЕДОСТАТКИ РЕФРАКЦИИ ГЛАЗА И ИХ КОРРЕКЦИЯ

Аккомодация глаза

Аккомодация — способность глаза четко видеть предметы, находящиеся от него на различных расстояниях. Для того чтобы изображение предмета было четким, должно выполняться условие (1.), т. е. формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

Видно, что при изменении расстояния d до предмета соответственно изменяется либо расстояние до изображения f, либо фокусное расстояние линзы F.

Если рассматриваемый предмет находится на достаточно большом расстоянии ($d \to \infty$), то $1/d \to 0$ и, как следует из формулы (1), $F = f$, т. е. удаленные предметы проецируются непосредственно на сетчатку.

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}.$$

При рассмотрении более близких предметов плоскость их изображения перемещается за сетчатку, и изображение на сетчатке теряет резкость. Удержание четкого изображения на сетчатке возможно только путем увеличения оптической силы глаза. Она осуществляется благодаря сокращению специальных цилиарных мышц — хрусталик увеличивает свою кривизну и его оптическая сила может возрастать на 12–13 диоптрий.

Так как изменение кривизны хрусталика может происходить только в определенных пределах, для всякого глаза существуют границы расположения предмета, в пределах которых глаз может его отчетливо видеть — дальняя и ближняя точки аккомодации (четкого видения). В ненапряженном состоянии нормальный глаз аккомодирован на рассмотрение бесконечно удаленных предметов, т. е. дальняя точка ясного видения R для нормального глаза находится в бесконечности(дальше 5 или 6 метров).

При наибольшем напряжении аккомодации глаз четко фокусирует на сетчатке некоторую точку P, которая лежит от него на расстоянии примерно 7 см и называется ближней точкой аккомодации.

Разность минимального напряжения (при покое аккомодации) и максимального напряжения аккомодации называется диапазоном аккомодации:

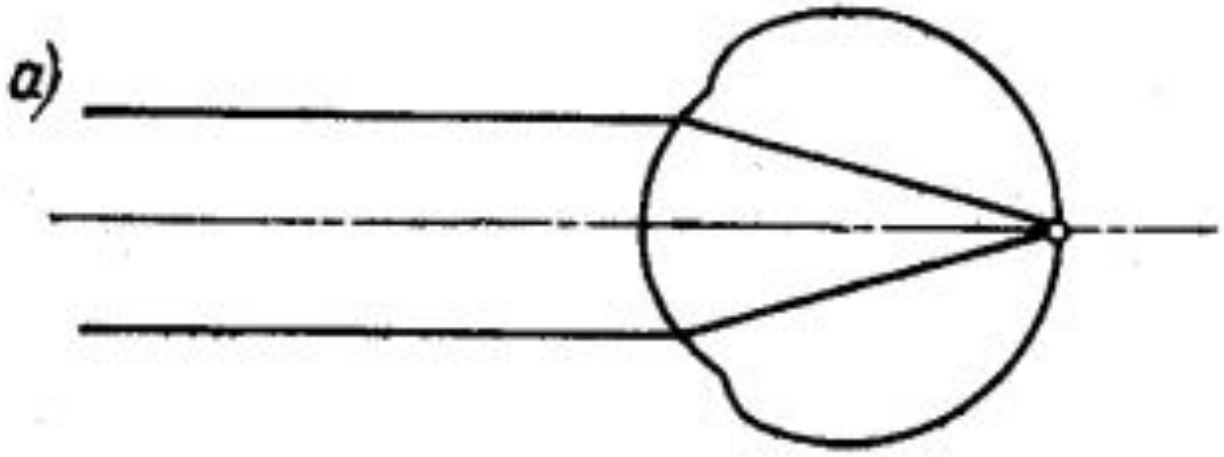
$$A_{PR} = \frac{1}{l_P} - \frac{1}{l_R},$$

где A_{PR} — диапазон аккомодации, дптр; l_P — расстояние до ближней точки аккомодации; l_R — расстояние до дальней точки аккомодации.

Самый широкий диапазон — в молодом возрасте (до 14 дптр)

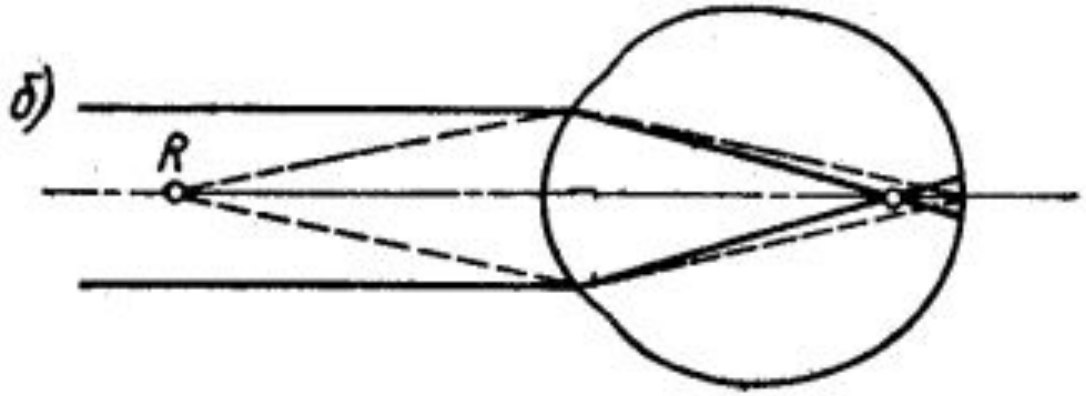
НЕДОСТАТКИ РЕФРАКЦИИ ГЛАЗА И ИХ КОРРЕКЦИЯ

- Главный фокус оптической системы глаза может находиться в трех положениях: на сетчатке, перед ней и за ней. Нормальный глаз при покое аккомодации фокусирует изображение удаленных предметов на сетчатке — такой глаз называется эмметропическим, а если это условие не выполняется — аметропическим.

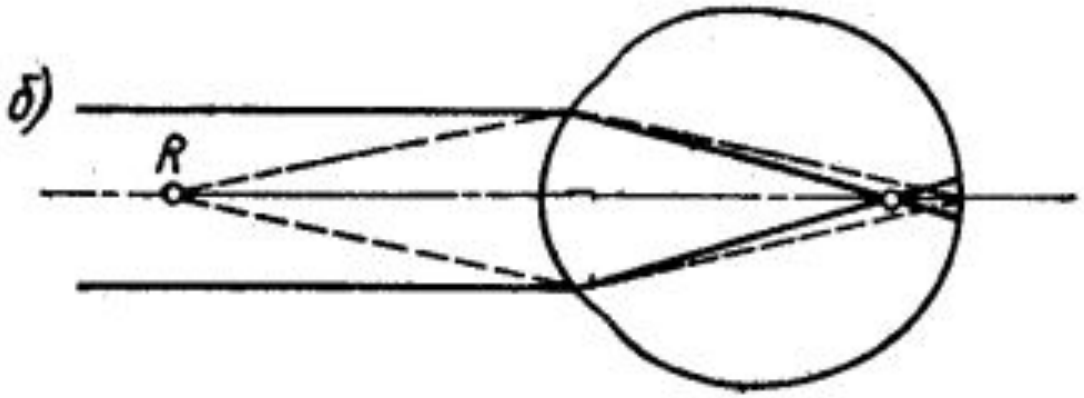


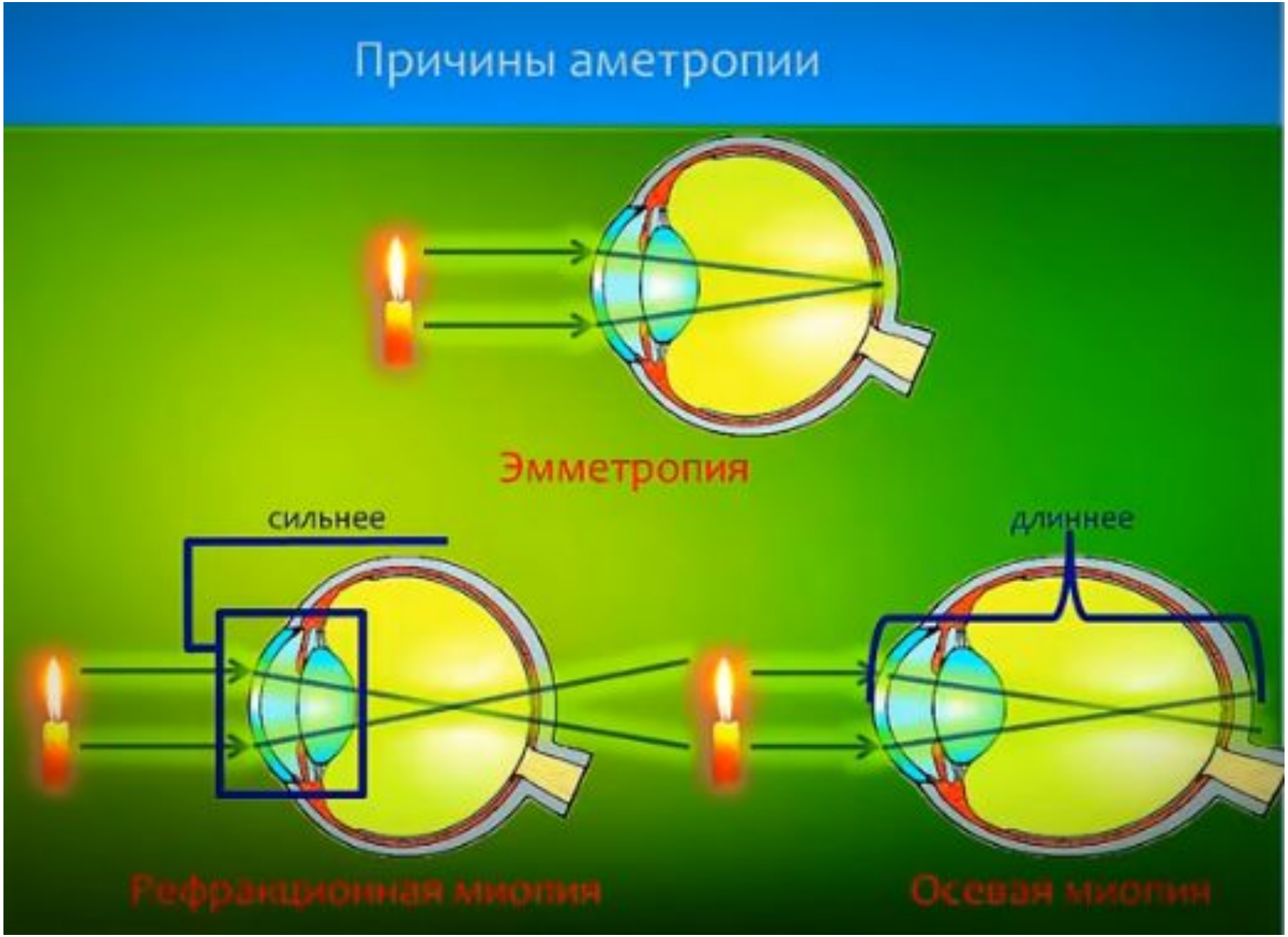
Термин «аметропия» означает несоразмерное зрение. Помимо отклонения от нормы оптической силы глаза она обусловлена длиной глазного яблока. Наиболее распространенными видами аметропии являются близорукость (миопия) и дальнозоркость (гиперметропия).

При близорукости преломляющая сила глаза избыточна, поэтому лучи от далекого предмета фокусируются не на сетчатке, а перед ней и дальше расходятся, образуя размытое пятно.

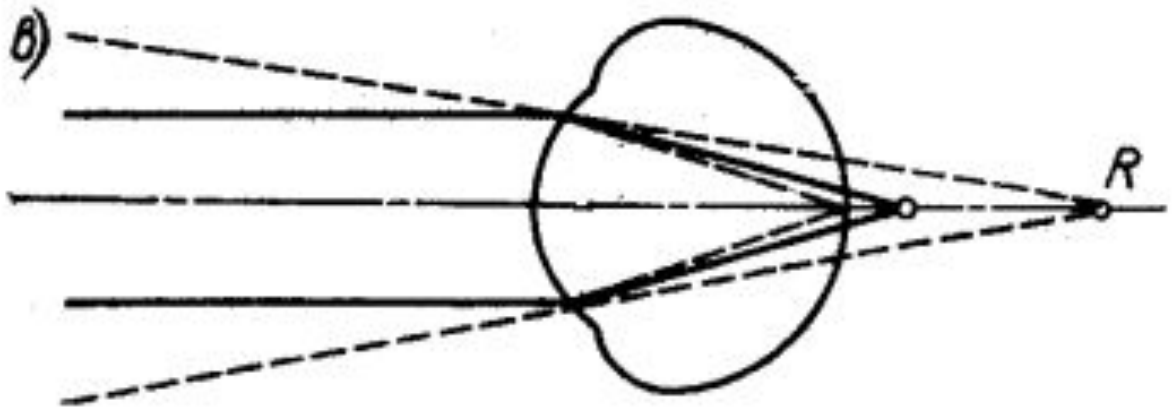


При близорукости четко фиксируются только предметы, расположенные не дальше определенной точки R, называемой дальней точкой аккомодации. Близорукость может являться следствием удлиненной формы глазного яблока или избыточной преломляющей способностью основных сред глаза.



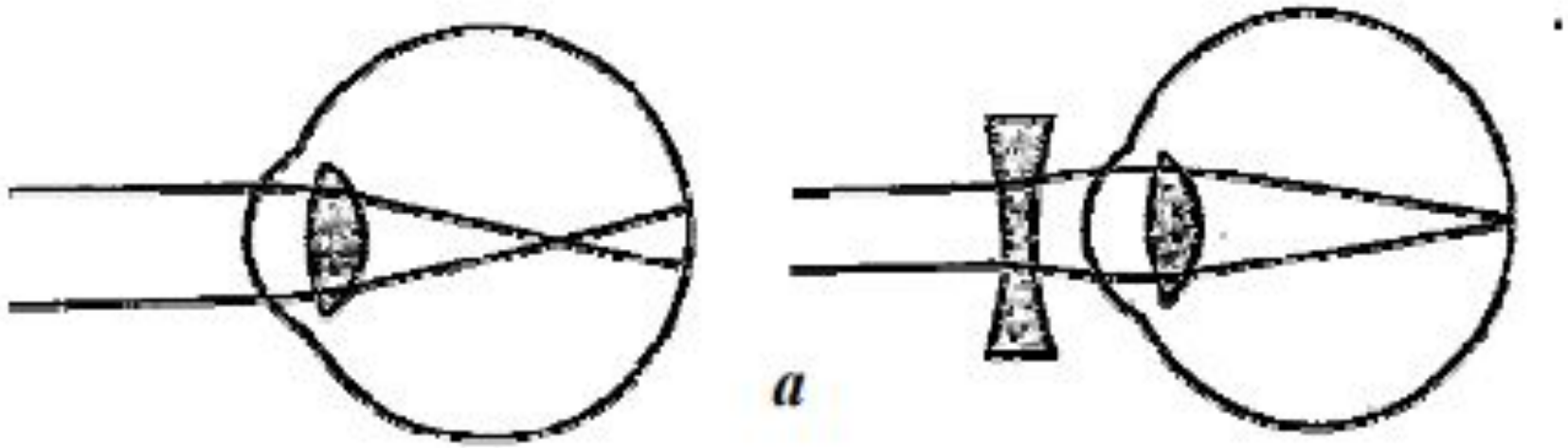

Причины аметропии
Эмметропия
сильнее
длиннее
Рефракционная миопия
Осевая миопия

Дальнозоркость связана с недостаточной преломляющей способностью глаза или с укороченной формой глазного яблока. Вследствие этого лучи параллельного пучка света фокусировались бы за сетчаткой, если бы они могли за нее пройти. На сетчатке собрались бы только лучи, сходящиеся в направлении точки R, лежащей за сетчаткой. Но поскольку таких лучей в природе не существует, человек, глаза которого дальнозорки, в покое аккомодации не видит ясно ни близких, ни далеких предметов.

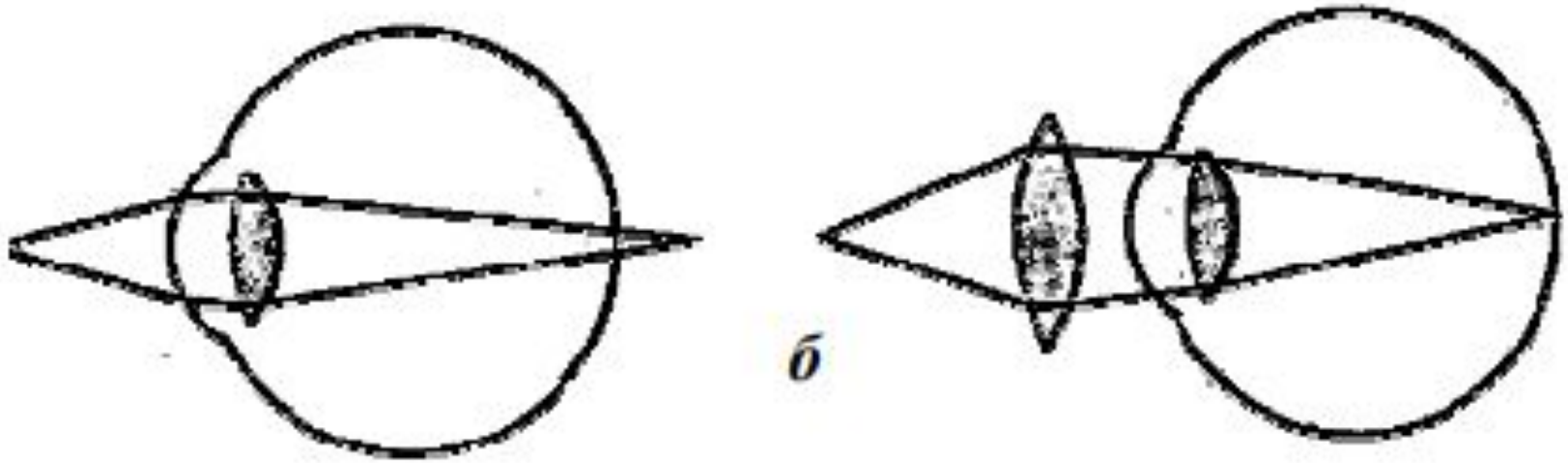


Чем дальше находится фокус от сетчатки, тем выше степень аметропии. Степень аметропии измеряют преломляющей силой линзы, исправляющей дефект зрения, т. е. возвращающей фокус на сетчатку, при этом для близорукости аметропия отрицательна, для дальнозоркости — положительна. Она определяется при помощи специального прибора, называемого диоптриметром (глазным рефрактометром). Приблизительно оптическую силу линзы, используемую в очках для коррекции зрения, можно рассчитать, зная расстояние наилучшего зрения для конкретного глаза.

Для коррекции близорукости в очках применяют рассеивающие линзы, дальнозоркости — собирающие.



а



б

Старческая дальнозоркость

- Преломляющая сила хрусталика может увеличиваться от 20 диоптрий до 34 диоптрий у детей. Средняя аккомодация составляет 14 диоптрий. В результате общая преломляющая сила глаза составляет почти 59 диоптрий, когда глаз аккомодирован для дальнего зрения, и 73 диоптрия - при максимальной аккомодации.

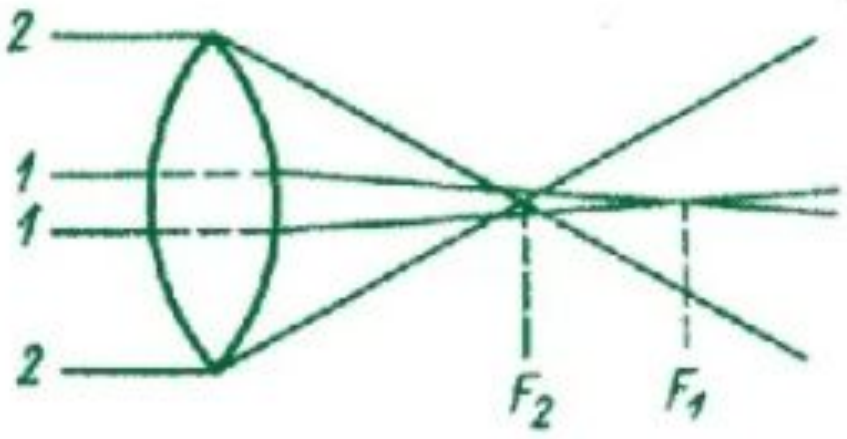
  При старении человека хрусталик становиться более толстым и менее эластичным. Следовательно, способность линзы изменять свою форму уменьшается с возрастом. Сила аккомодации уменьшается от 14 диоптрий у ребенка до менее 2 диоптрий в возрасте от 45 до 50 лет и становится равной 0 в возрасте 70 лет. Поэтому линза почти не аккомодируется. Это нарушение аккомодации называется *старческой дальнозоркостью*. Глаза при этом сфокусированы всегда на постоянном расстоянии. Они не могут аккомодироваться как для ближнего, так и дальнего зрения.

Астигматизм

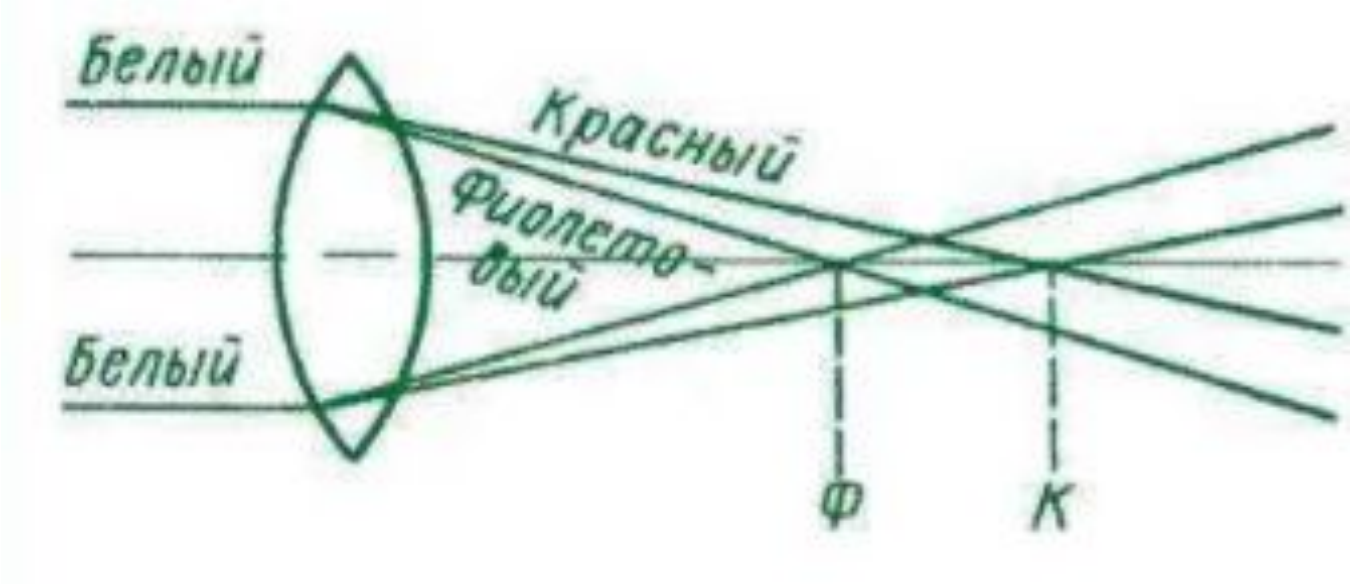
Астигматизм является сочетанием в одном и том же глазу разных видов аметропии, аметропии и эмметропии или аметропии одного и того же вида, но разной степени. Астигматизм чаще всего обусловлен несимметричностью поверхности роговицы относительно оптической оси. Часто астигматичным бывает также хрусталик. Небольшой астигматизм встречается довольно часто и не приводит к снижению зрения, однако значительная его степень может вызвать существенное снижение зрения за счет возникающих при этом искажений. Астигматизм исправляют с помощью корригирующей цилиндрической линзы.

Аберрации

Сферическая аберрация возникает в силу того, что периферические отделы хрусталика преломляют параллельные монохроматические лучи сильнее центральных. Реально на зрительное восприятие человека сферическая аберрация оказывает влияние только в сумерках, когда зрачок расширен. Также перед исследованием глазного дна в клинике зрачок искусственно расширяют с помощью лекарственных средств, и поэтому после проведения процедуры изображение предметов становится не резким.



Хроматическая аберрация глаза, как и сферической линзы, проявляется в большем преломлении света с меньшей длиной волны. Поэтому синие предметы, требующие меньшей аккомодации, кажутся более удаленными, чем расположенные на том же расстоянии красные. Этот эффект широко использовался при создании витражей готических храмов: фон делался синим, а все остальные предметы и фигуры окрашивались в другие цвета. В результате плоское изображение приобретало объем.



СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И АДАПТАЦИЯ ГЛАЗА

Светочувствительными элементами в сетчатке являются палочки и колбочки. Палочки (примерно 125 млн) расположены по всей поверхности сетчатки, при чем на периферии их концентрация выше, чем в центральной части. Палочки не различают цветов, но обладают очень высокой чувствительностью в условиях слабой освещенности (сумеречное зрение). Колбочки (около 6,5 млн) отвечают за цветное (дневное) зрение, они концентрируются в центральной части сетчатки, особенно много их в желтом пятне и вокруг него.

Световая чувствительность глаза обратно пропорциональна интенсивности светового раздражителя: $E = 1/I$,

где E — световая чувствительность.

Способность глаза проявлять световую чувствительность при различной освещенности называется адаптацией. Эта функция является защитной и позволяет сохранять высокую чувствительность и одновременно предохранять фоторецепторы сетчатки от перенапряжения. Принято различать световую адаптацию и темновую адаптацию.

Зрительный пигмент родопсин, распадающийся под действием света на опсин и ретиналь, может затем опять восстанавливаться.

При постоянном уровне освещенности в сетчатке устанавливается динамическое равновесие между процессами распада и восстановления родопсина. Если освещенность сетчатки снижается, то это равновесие сдвигается в сторону более высокой концентрации родопсина и наоборот. С увеличением концентрации родопсина увеличивается чувствительность глаза (темновая адаптация). Поскольку чувствительность палочек к свету значительно выше, чем колбочек, то в темноте слабые световые стимулы лучше различаются не центральной ямкой, а окружающей ее частью сетчатки.

При повышении освещенности скорость распада родопсина быстро растет, а его концентрация и чувствительность глаза к свету быстро уменьшаются (световая адаптация), палочки «слепнут», и в процессе зрения участвуют почти исключительно колбочки. Таким образом, в зависимости от освещенности зрение «переключается» с колбочковой системы на палочковую и наоборот. Дневное зрение характеризуется высокой остротой зрения и хорошим восприятием цвета, т. к. колбочки способны различать цвета, а палочки этой способностью практически не обладают.

Есть еще один механизм адаптации — изменение диаметра зрачка (от 2 до 8 мм, т. е. в 4 раза), из-за чего освещенность сетчатки может измениться быстро (0,3 с) но не более, чем в 16 раз.

Кроме темновой и световой существуют другие виды адаптации. **Локальная адаптация** соответствует случаю, когда при постоянном среднем значении освещенность разных участков сетчатки неодинакова. Участки сетчатки, на которые во время фиксации попадают темные фрагменты изображения, становятся чувствительнее соседних, воспринимавших светлые детали.

Цветовая адаптация заключается в том, что под влиянием предшествующих условий освещения цветовое восприятие смещается. Например, если человек долго находится в комнате с насыщенным красным светом, то, выйдя из нее в помещение с нормальным освещением, на время адаптации окружающие предметы приобретут зеленоватый оттенок, что будет особенно заметно на белых участках. Способность к адаптации позволяет глазу в широких пределах регулировать светочувствительность фоторецепторов при изменении освещенности и воспринимать световые потоки в широком интервале

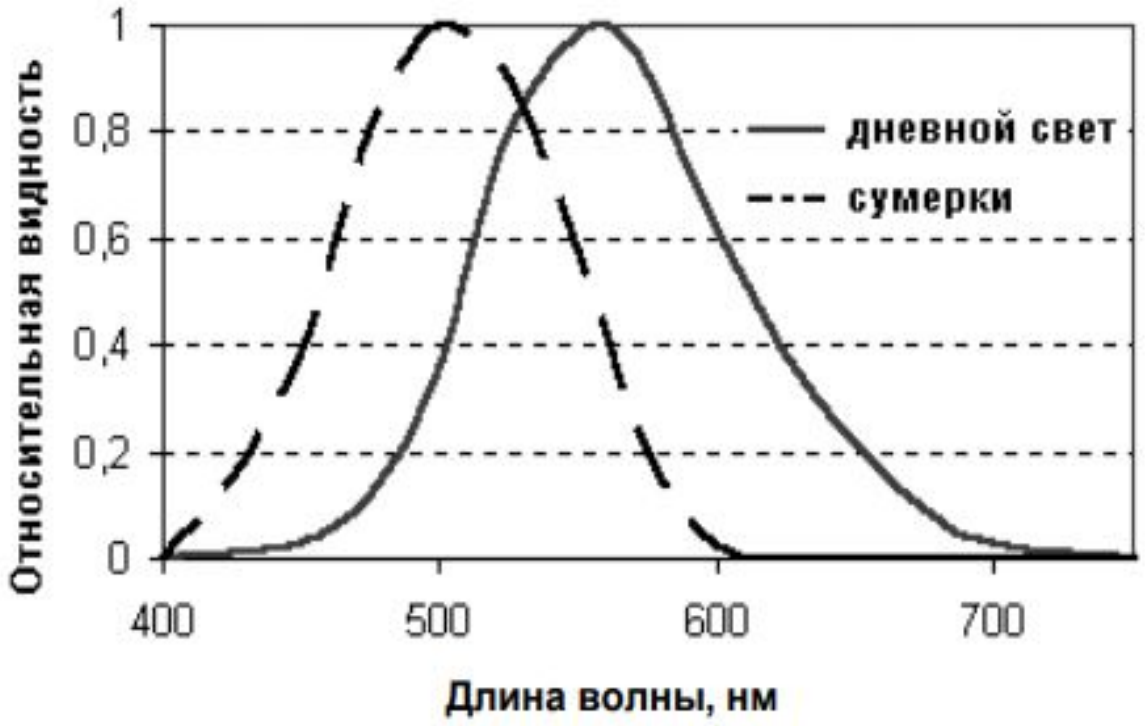
10^{-17}–10^{-5} Вт.

ЦВЕТНОЕ ЗРЕНИЕ

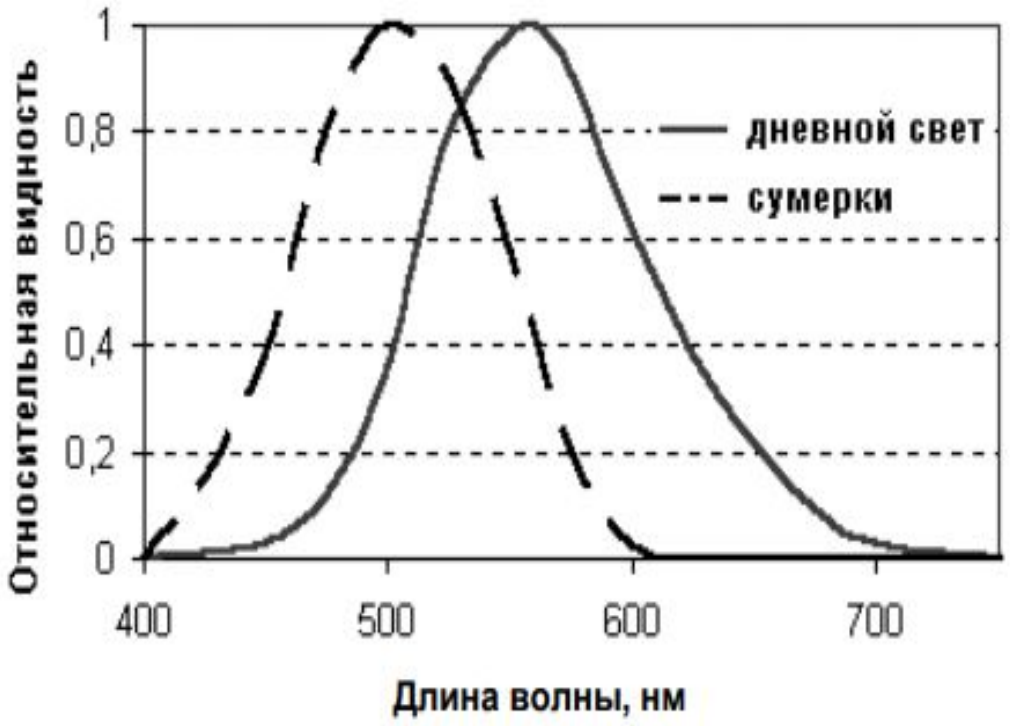
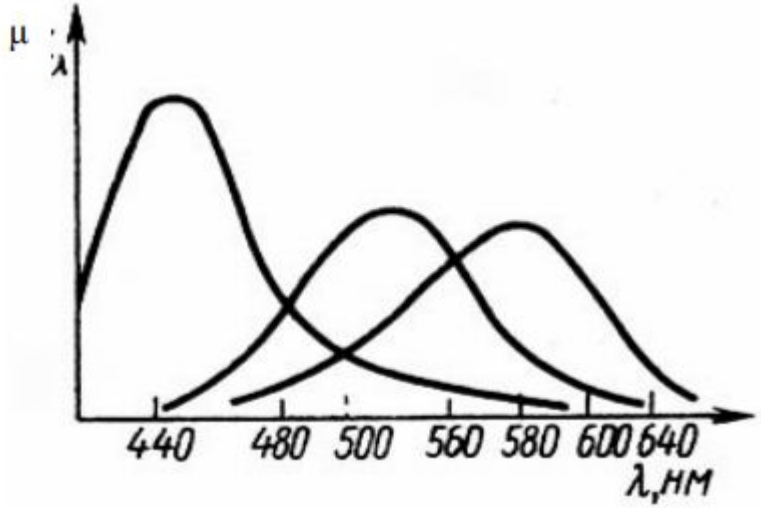
Чувствительность глаза к излучениям разных длин волн видимого диапазона характеризуется кривой видности.

Здесь μ — относительная видность — безразмерная величина, характеризующая чувствительность глаза к свету разных длин волн.

Кривая спектральной чувствительности для дневного зрения имеет максимум в желто-зеленой части спектра при λ = 555 нм, условно принимаемый за единицу.



При сумеречном зрении, когда работает только палочковый аппарат, максимум кривой видности смещается в сторону коротких волн с максимумом около 500 нм. Поскольку колбочки уже «не работают», то в сумерках изменяется и цветовосприятие, поэтому «ночью все кошки серы». Палочки чувствительны в основном к сине-голубой области спектра, красный цвет (λ = 630–760 мкм) при низких уровнях освещенности будет выглядеть практически черным или темно-серым.



В сетчатке имеется 3 типа колбочек с максимумами поглощения на 440, 540 и 590 нм, условно их называют красными, синими и зелеными. Монохроматический свет возбуждает один (иногда два) вида колбочек, а свет сложного спектрального состава — все три типа колбочек, но в различной степени, в зависимости от формы этого спектра, что и приводит в конечном итоге к возникновению цветового ощущения.