

# **ОСНОВЫ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ**

## ЗРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

- Человек получает зрительную информацию с помощью зрительной системы, состоящей из **глаза, нервной системы и зрительного центра коры головного мозга.**

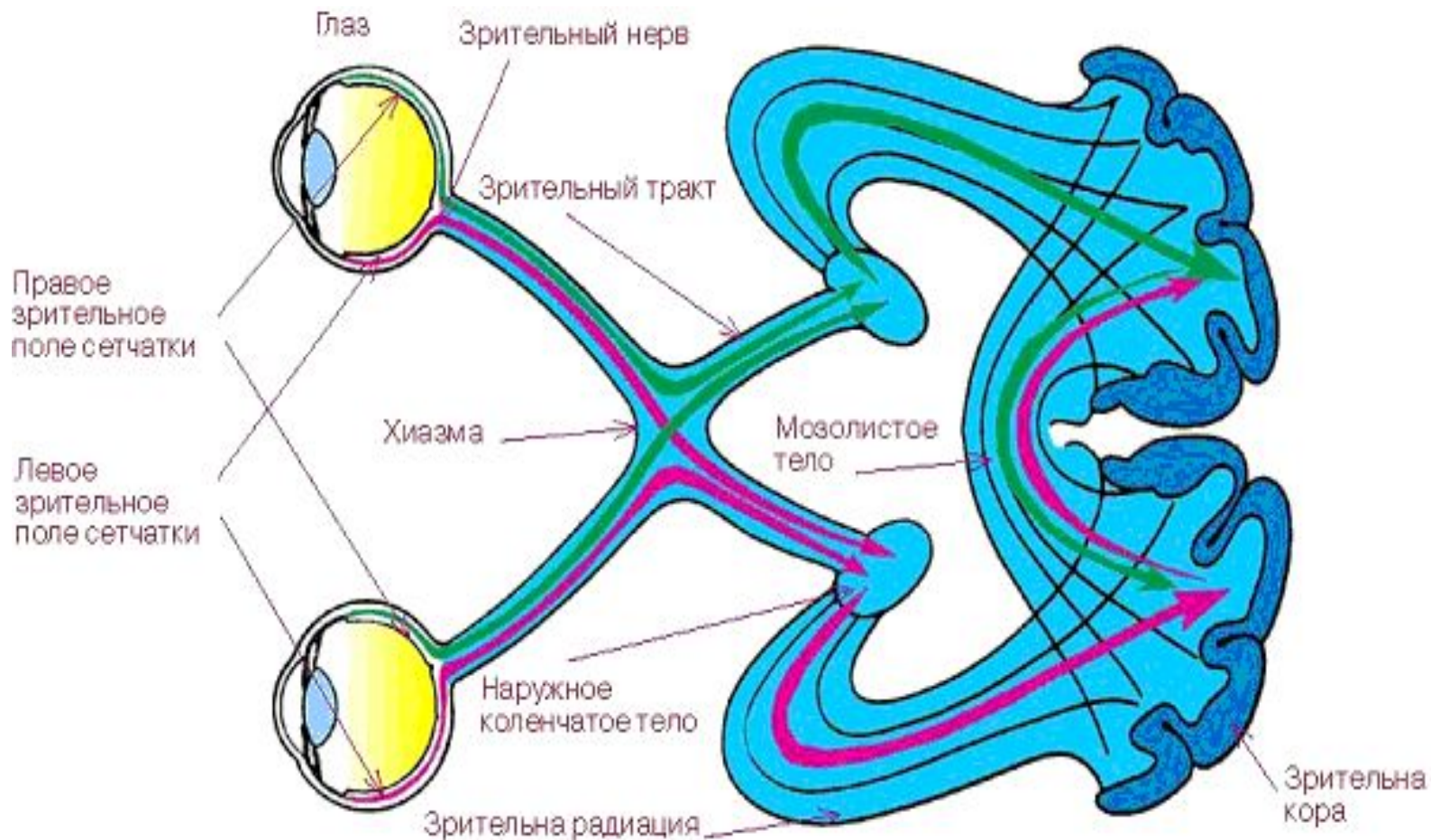
# Строение глаза человека



- **Глаз** - имеет приблизительно шарообразную форму с диаметром около 2,5 см. Внешняя прочная оболочка глазного яблока - **склера** – защищает его от внешних повреждений. На передней части глаза склера прозрачна, она называется – **роговицей**. За ней располагается **хрусталик**, представляющий собой прозрачное упругое тело в форме двояковыпуклой линзы. Кривизна поверхности хрусталика может меняться под действием охватывающих его мышц, за счет чего осуществляется аккомодация – автоматическая фокусировка на сетчатке изображения тех предметов, которые мы хотим рассмотреть. Спереди хрусталик прикрыт **радужной оболочкой**, которая **является диафрагмой**, имеющей в середине отверстие – **зрачок**. Диаметр зрачка может произвольно (без участия сознания человека) меняться. В результате происходит адаптация – автоматическое регулирование количества света, поступающего внутрь глаза, для защиты от световых перегрузок.

- Вся полость глаза за хрусталиком заполнена прозрачной желеобразной массой, называемой **стекловидным телом**. С помощью всей этой оптической системы изображение объекта проецируется на внутреннюю оболочку глаза – **сетчатку**, представляющую собой огромное количество мельчайших светочувствительных элементов - фоторецепторов – **колбочек и палочек**.
- **Колбочки** – рецепторы дневного зрения, имеют **низкую световую чувствительность, но большую разрешающую способность и цветовую чувствительность**. Наиболее густо они располагаются в центральной области сетчатки, называемой желтым пятном – в области наилучшего зрения, обеспечивающей различение мелких деталей изображения.
- **Палочки** – рецепторы сумеречного зрения имеют **высокую световую чувствительность, но низкую разрешающую способность и чувствительность к цвету**.
- Фоторецепторы через сложную нервную систему – **зрительный нерв** – связаны со зрительной корой головного мозга

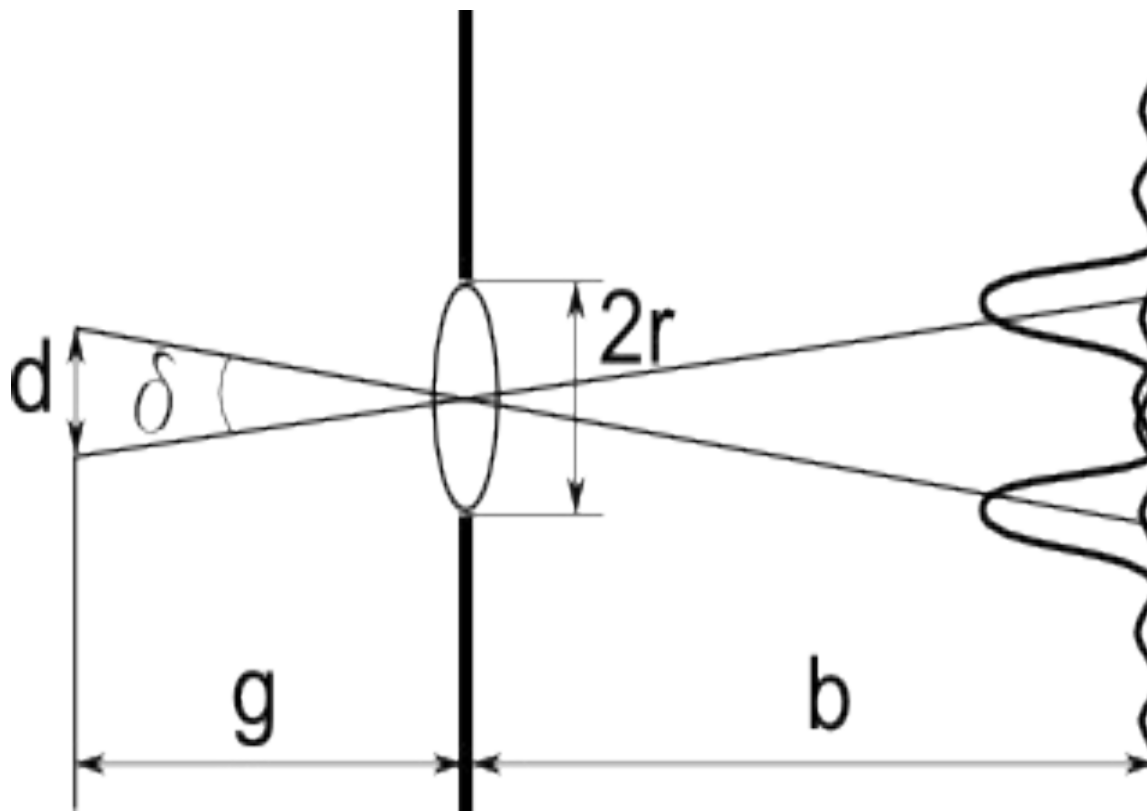
# Структура системы зрения человека



# Основные характеристики системы зрения человека

- Способность глаза различать мелкие детали изображения определяется **разрешающей способностью** или **остротой зрения**. Она определяется наименьшим угловым расстоянием  $\delta$  между двумя точками на изображении, при котором наблюдатель видит эти точки **раздельно**

Угловая разрешающая способность глаза  $\delta$

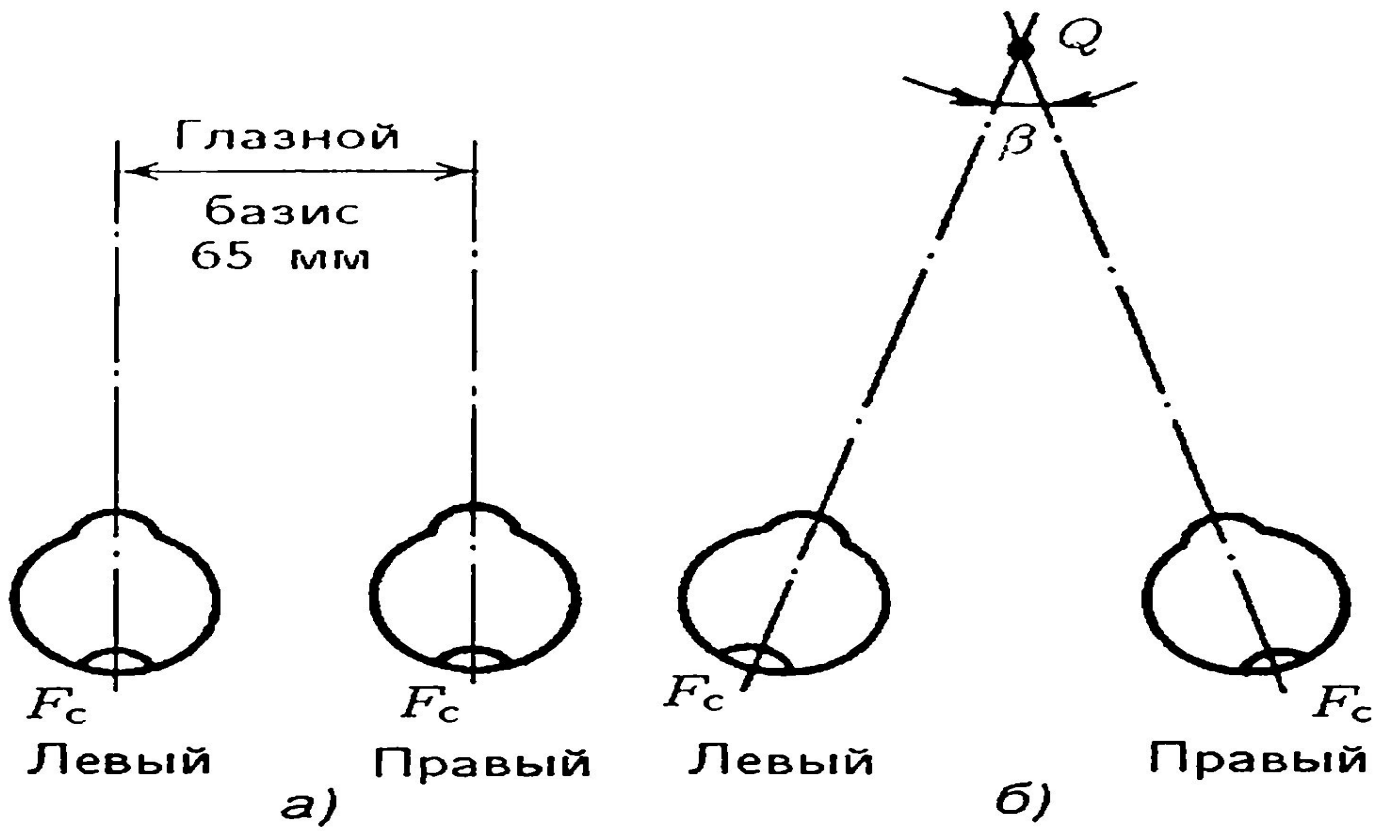




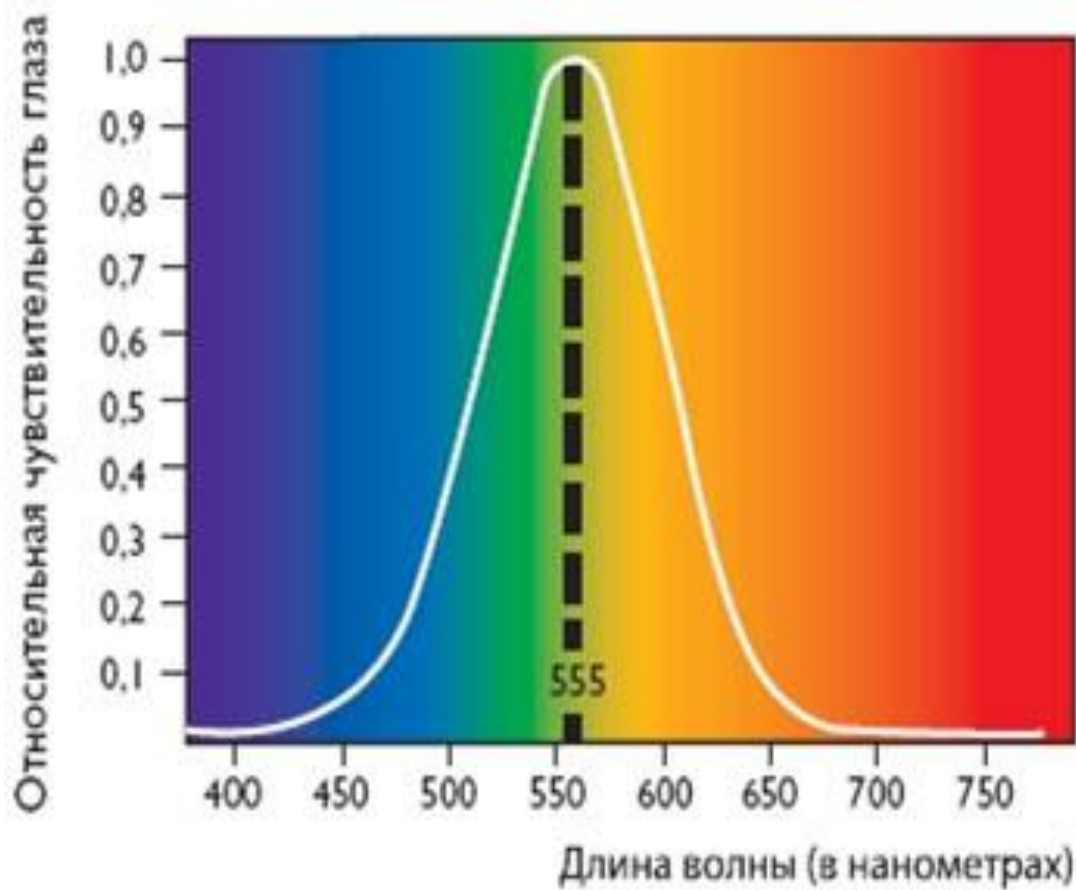
- Различают два вида остроты зрения: в плоскости, нормальной к оптической оси глаза, и по глубине деталей, которую называют **остротой глубинного** или **стереоскопического** зрения.
- **Разрешающая способность глаза в плоскости** у обычного здорового человека составляет примерно 1 угловую минуту, что соответствует расстоянию между различаемыми точками равному примерно 3 см на дистанции 100 метров. Из-за неоднородности структуры сетчатки по мере удаления от центра острота зрения падает. Основная четко воспринимаемая зрительная информация сосредоточена в пространственном **угле ясного зрения**, который составляет примерно 160 x 120.

- **Стереоскопичность зрения человека обусловлена его бинокулярностью (от слов «два» и «глаз»). Смысл бинокулярного зрения заключается в том, что мы видим один и тот же объект двумя разнесенными в пространстве глазами, но воспринимаем это как одну объемную картинку, которая складывается из двух плоских в нашем мозгу.**

# Биноккулярное зрение и восприятие “глубины”



- **Цветовая чувствительность.** Видимая человеческим глазом часть спектра электромагнитных колебаний – составляет примерно от 350 до 800 нм. При этом различные частоты (цвета) воспринимаются системой зрения по-разному, что определяется спектральной чувствительностью человеческого зрения.



Кривая  
светочувствительности  
человеческого глаза

# Инерционность системы зрения

- Характер и степень зрительного восприятия являются функциями времени. Например, одиночный световой импульс длительностью  $t_0$  и мощностью  $F_0$  может быть обнаружен только при условии, если время его действия на глаз  $t_0$  больше некоторой критической величины  $t_{кр}$  (критической длительности), или же суммарная световая энергия  $E_0 = t_0 F_0$  превышает  $E_{кр}$ .
- После прекращения действия светового потока на сетчатку, в силу инерционности, глаз как бы продолжает “видеть” источник с убывающей во времени яркостью

- Постоянная времени, с которой происходит экспоненциальное “забывание”, составляет обычно  $\tau_0 = 0,05 - 0,1$  секунды. Этот параметр определяет **критическую частоту мельканий**, представляющую собой наименьшую частоту повторения импульсных возбуждений сетчатки, при которой наблюдатель перестает замечать изменения уровня светового потока и **воспринимает световой поток как непрерывный и неизменный во времени**.
- Именно на этом свойстве человеческого зрения – его инерционности, основана возможность **поочередной**, (а не одновременной), передачи элементов изображения во всех современных системах телевидения. И именно это делает передачу изображений технически реализуемой.

# Основные светотехнические единицы

- Оптические изображения характеризуются набором светотехнических величин.  
**Основными являются: световой поток, сила света, освещенность и яркость.**
- **Светом** называется часть электромагнитного излучения в диапазоне длин волн от **380** до **770** нм, воспринимаемая человеческим глазом.



- **Световой поток (F) - мощность излучения, оцениваемая по его воздействию на нормальный глаз. Единица измерения – люмен (лм).**  
Экспериментально установлено, что в максимуме кривой восприятия – 550 нм одному ватту (1 Вт) мощности излучения соответствует световой поток **683 лм**, для белого цвета эта величина – 220 лм, а 100 Вт лампа накаливания создает световой поток 800 -1500 лм.

- **Сила света (I) - плотность светового потока в телесном угле.** Сила света характеризует неодинаковость излучения светового потока в разных направлениях. Единицей силы света является **канделла (кд)** – которая соответствует равномерному распределению в телесном угле в 1 стерадиан светового потока в 1 лм. Средняя сила света определяется отношением излучаемого светового потока к полному телесному углу ( $4\pi$ ). Для примера 100 Вт лампа накаливания обладает силой света **60-120 кд.**

- **Освещенность (E) – это распределение плотности светового потока по поверхности, на которую он падает. Единицей освещенности является люкс, который создается световым потоком в 1 лм на площадке в 1 м<sup>2</sup>.**
- **Для примера освещенность экрана в кинотеатре составляет от 40 до 200 лк, освещенность страницы книги при чтении – примерно 20 лк, освещенность в тени летом – 1000 лк, освещенность на пляже в летний, солнечный день – 100 000 лк.**

- **Яркость - плотность силы света, излучаемой с поверхности. Единицей яркости является кандела/м<sup>2</sup>. Светящиеся поверхности по способу их светового возбуждения можно разделить на два вида: самосветящиеся (экран ТВ, нить лампы накаливания) и вторичные, отражающие или пропускающие часть падающего на них света (киноэкран, плафон люстры).**
- **Для примера яркость киноэкрана составляет 10 - 30 кд/м<sup>2</sup>, яркость телевизионного экрана – 40 – 80 кд/м<sup>2</sup>, яркость пламени спички – 5000 кд/м<sup>2</sup>, яркость нити лампы накаливания – около 5.000.000 кд/м<sup>2</sup>, яркость солнца – 1,5 млрд. кд/м<sup>2</sup>.**

# Характеристики оптических изображений

- **Освещенность в плоскости оптического изображения  $E_0$**  определяется освещенностью объекта  $E_{об}$ , его отражательными свойствами, характеризуемыми коэффициентом отражения, а также параметрами объектива – прозрачностью, диаметром входного зрачка, фокусным расстоянием. Относительное отверстие объектива делается обычно регулируемым с помощью диафрагмы, изменяющей диаметр входного зрачка.

- **Четкость** оптического изображения характеризуется качеством воспроизведения мелких деталей и определяется **разрешающей способностью объектива**.
- Наличие искажений изображения, возникающих в оптических системах – аберраций, приводит к тому, что точка воспроизводится в виде кружка и две близко расположенных точки на объекте сливаются в одну на изображении. Минимальное расстояние между двумя светлыми точками, на котором они еще воспроизводятся отдельно, называется **разрешаемым расстоянием**, а величина, обратная ему - **разрешающей способностью объектива**. Она оценивается максимальным числом пар черно-белых линий на 1 мм, воспроизводимых на изображении.

- **Глубина резкости.** При формировании изображений объектов, протяженных по глубине, разрешающая способность объектива реализуется лишь для деталей, расположенных на одинаковом от него расстоянии, т.е. в плоскости резкого изображения. Точки, расположенные дальше и ближе от этой плоскости, будут воспроизводиться на изображении уже не в виде точек, а в виде кругов различных диаметров (круги размытия). **Глубина резкости** - это глубина воспроизводимого пространства  $\Delta A = A1 - A2$ , для которого максимально допустимый диаметр круга размытия  $d$  не превышает некоторой заданной величины. Повышение глубины резкости можно обеспечить только диафрагмированием объектива.