

Физиология сенсорных

систем Часть 2

Зрительная

сенсорная

система



Зрительная сенсорная система – система, воспринимающая электромагнитное излучение с длинами волн видимого диапазона (400-700 нм) и формирующая световые ощущения.

Зрительная сенсорная система обеспечивает поступление в мозг около 90% информации о внешней среде.

Вспомогательный аппарат глаза (слезный аппарат)

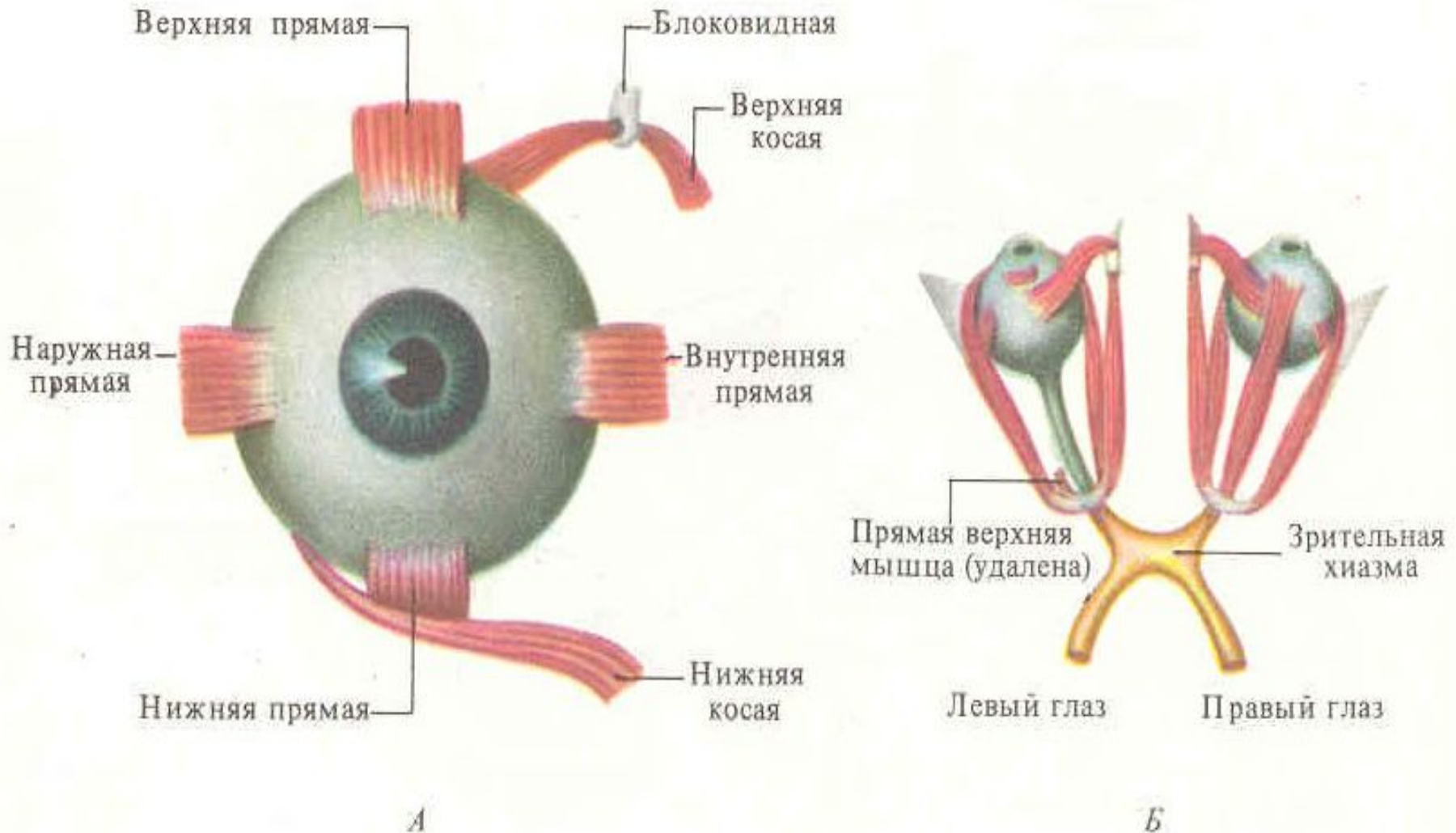


Функции слезной жидкости:

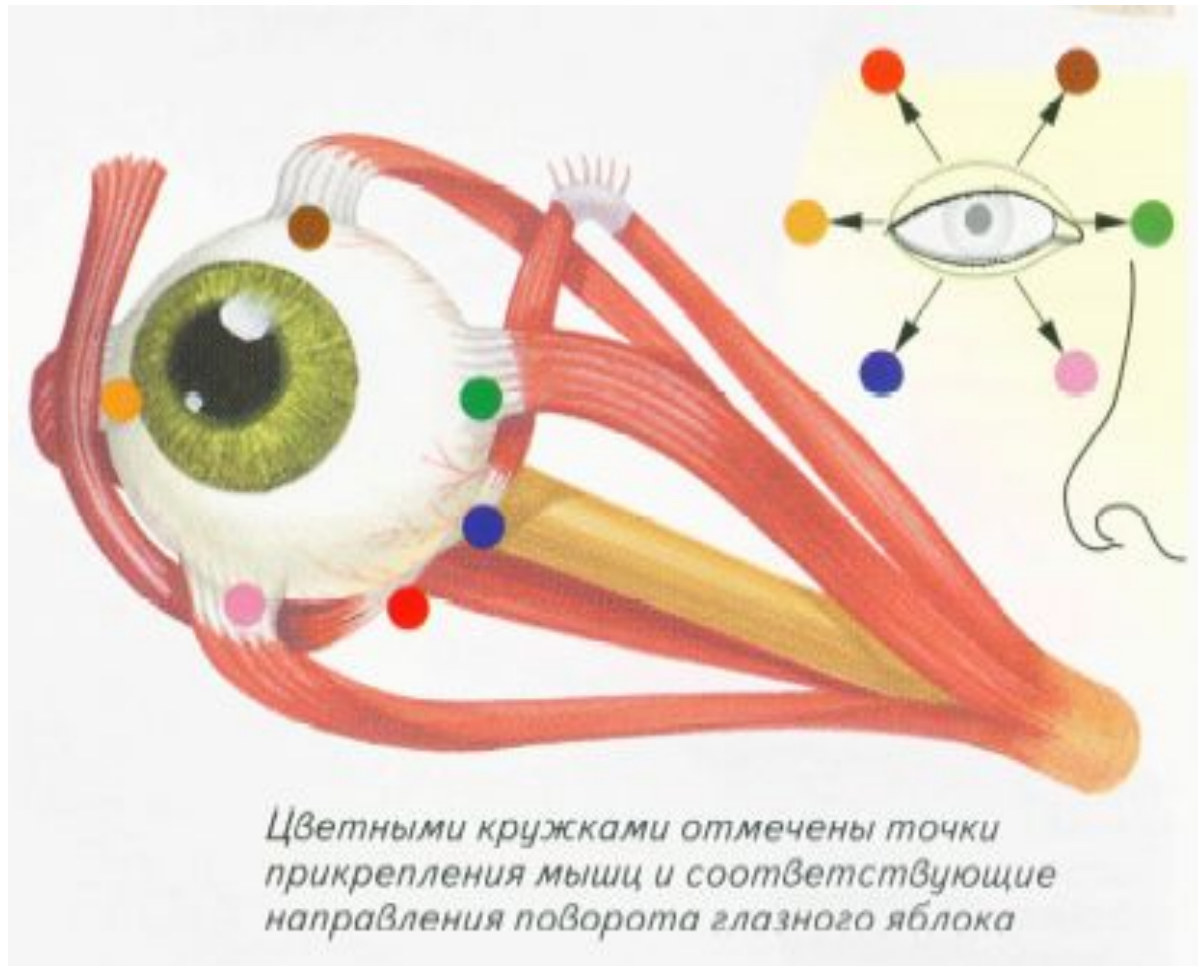
- предохраняет роговицу и конъюнктиву от высыхания;
- улучшает оптические свойства роговицы;
- уменьшает трение между веками и глазным яблоком;
- обладает бактерицидным действием (содержит лизоцим, IgA и др.)
- способствует удалению инородных тел.

Глазодвигательные мышцы

А – вид спереди, Б – вид сверху

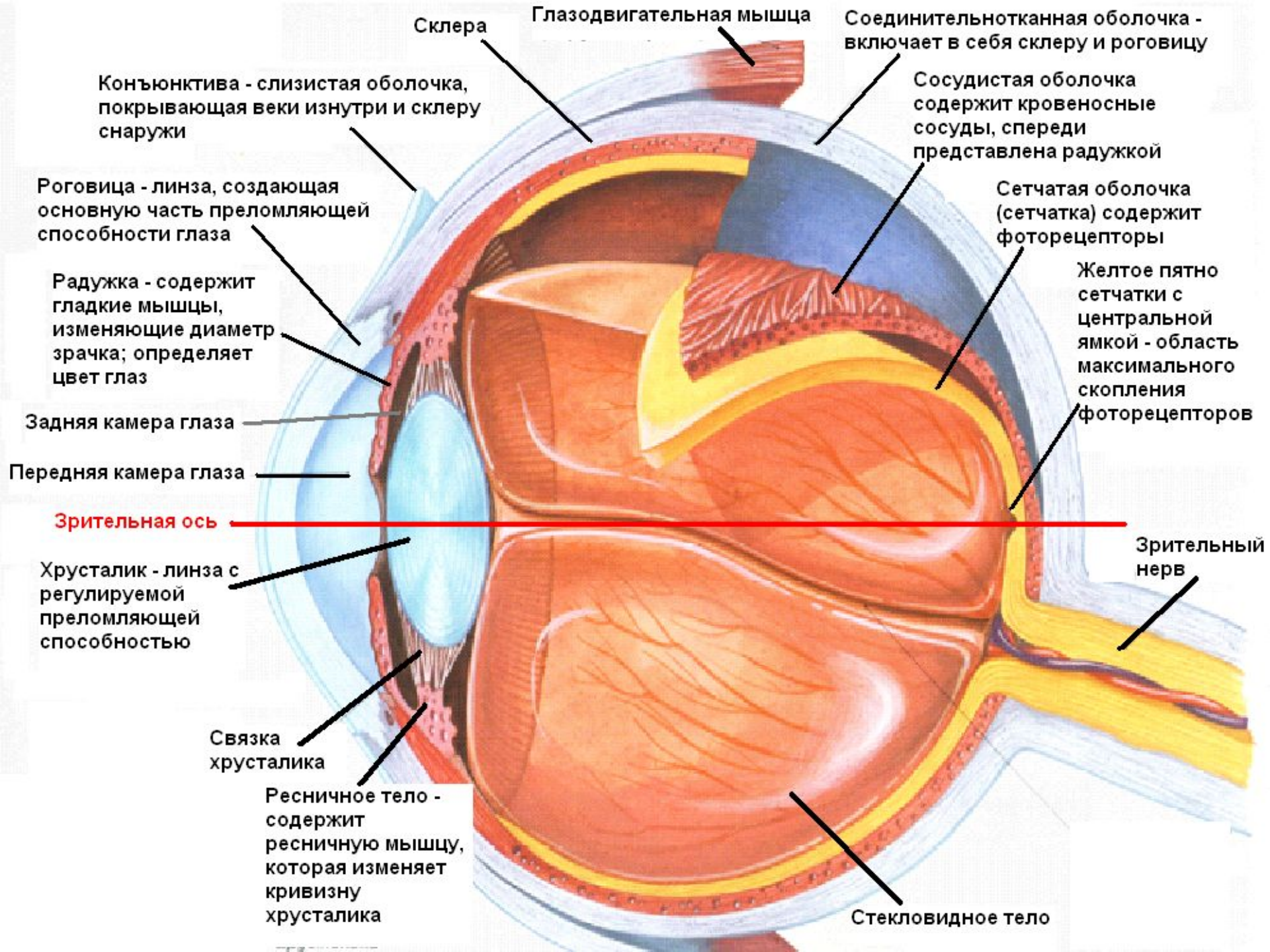


Движения глаз



Виды движения глаз:

- Поворот глаз в сторону нового раздражителя (ориентировочный рефлекс)
- Плавные (следящие) движения глаз при движения предметов в поле зрения
- Саккады (скачкообразные движения глаз, сохраняющие восприятие неподвижных объектов)
- Бинокулярная координация – содружественные движения глаз.



Склера

Глазодвигательная мышца

Соединительнотканная оболочка - включает в себя склеру и роговицу

Конъюнктивa - слизистая оболочка, покрывающая веки изнутри и склеру снаружи

Сосудистая оболочка содержит кровеносные сосуды, спереди представлена радужкой

Роговица - линза, создающая основную часть преломляющей способности глаза

Сетчатая оболочка (сетчатка) содержит фоторецепторы

Радужка - содержит гладкие мышцы, изменяющие диаметр зрачка; определяет цвет глаз

Желтое пятно сетчатки с центральной ямкой - область максимального скопления фоторецепторов

Задняя камера глаза

Передняя камера глаза

Зрительная ось

Зрительный нерв

Хрусталик - линза с регулируемой преломляющей способностью

Связка хрусталика

Ресничное тело - содержит ресничную мышцу, которая изменяет кривизну хрусталика

Стекловидное тело

Диоптрический аппарат глаза

Диоптрический аппарат глаза – это система линз, формирующая на сетчатке перевернутое и уменьшенное изображение внешнего мира.

Компоненты диоптрического аппарата глаза:

- секрет слезных желез
- роговица
- передняя и задняя камера
- радужная оболочка и зрачок
- хрусталик
- стекловидное тело

Аккомодация глаза



- Аккомодация – приспособление глаза к четкому видению предметов, удаленных на разное расстояние. Основной компонент аккомодации – изменение кривизны хрусталика.

Механизм аккомодации глаза

Взгляд на близкорасположенный предмет

Фоторецепторы сетчатки (стимул – нечеткое изображение объекта)

Зрительные нервы и тракты

Парасимпатическое ядро глазодвигательного нерва

Сокращение цилиарной мышцы

Ослабление натяжения связок сумки хрусталика

Увеличение кривизны хрусталика –
увеличение преломляющей силы хрусталика

Четкая фокусировка близкого объекта

Аномалия рефракции: близорукость



Миопия

(близорукость) –
фокусировка
предметов
происходит перед
сетчаткой

Аномалии рефракции: дальнозоркость

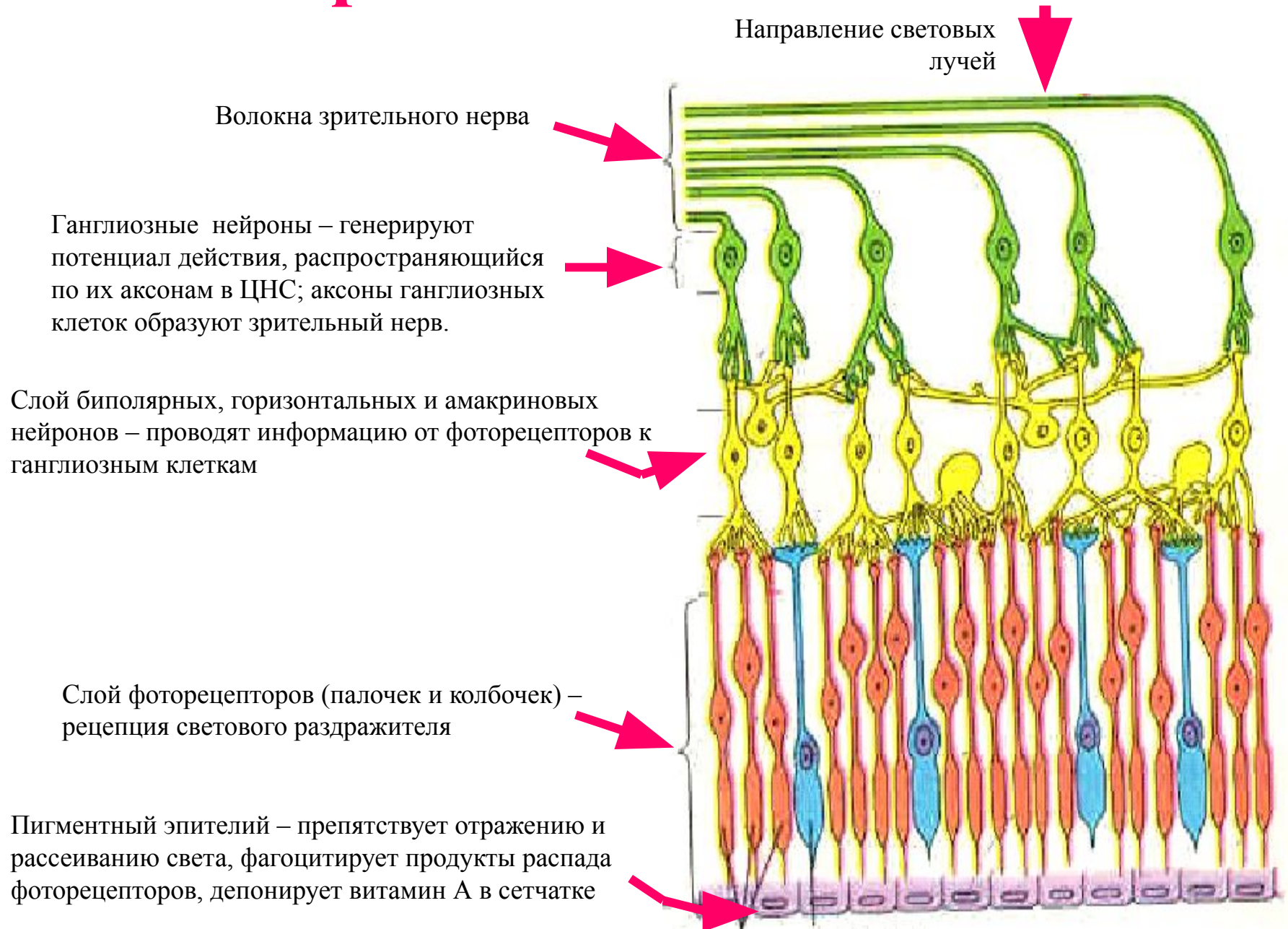


Дальнозоркость – лучи фокусируются за сетчаткой.

Гиперметропия

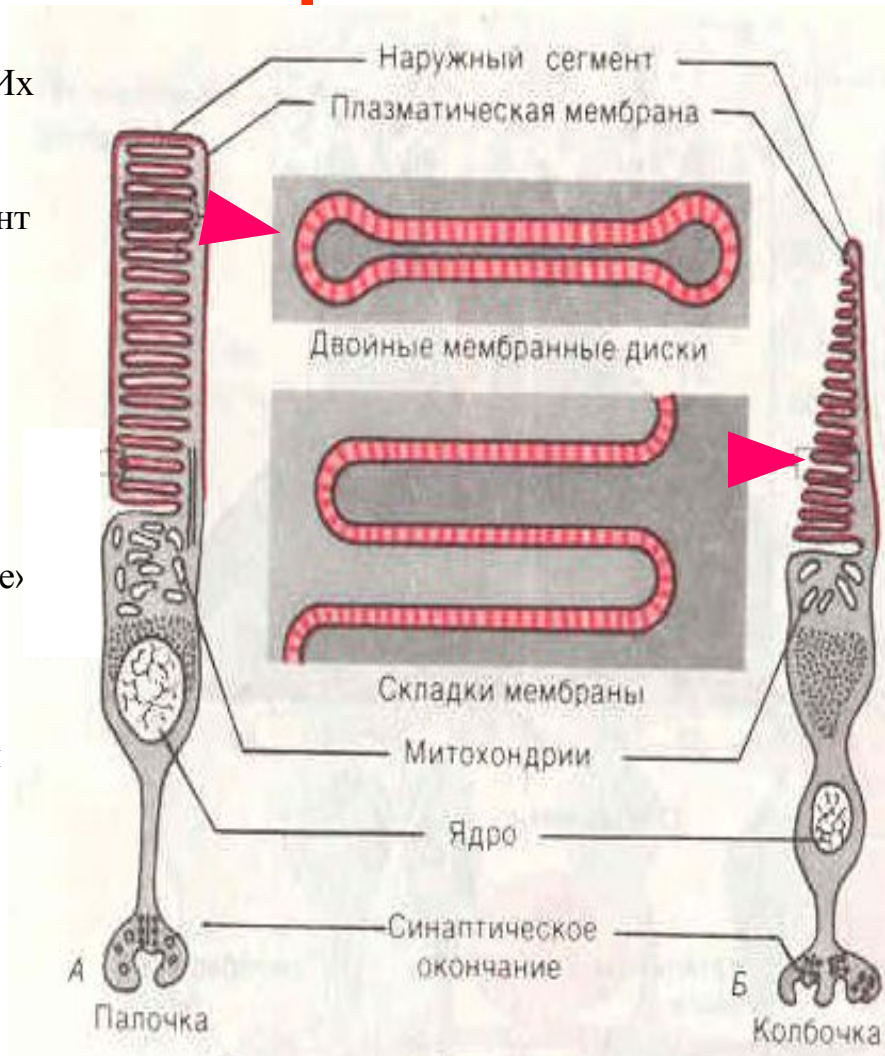
Пресбиопия

Схема строения сетчатки



Рецепторный аппарат зрительной сенсорной системы

Палочки – около 120 млн. Их мало в центре сетчатки и много по периферии сетчатки. Наружный сегмент содержит около 1000 мембранных дисков. Содержат зрительный пигмент родопсин (белок опсин + 11-цис-ретиаль). Имеют высокую чувствительность к свету (обеспечивают «сумеречное» зрение), обеспечивают периферическое зрение. Острота зрения, обеспечиваемая полочками невелика, так как на один ганглиозный нейрон конвергируют несколько палочек (см. следующий слайд).



Колбочки – около 6 млн. Их плотность максимальна в центральной ямке, в других участках сетчатки плотность колбочек низкая. Наружный сегмент состоит из складок плазматической мембраны. Существует три вида колбочек с различными видами опсина, воспринимающие, соответственно, синий, зеленый и красный цвет. Осуществляют цветовосприятие, отвечают за центральное зрение. Обеспечивают остроту зрения, так как каждая колбочка соединяется с одним ганглиозным нейроном (см. следующий слайд).

Зрительные рецепторы – вторичночувствующие фоторецепторы, экстерорецепторы

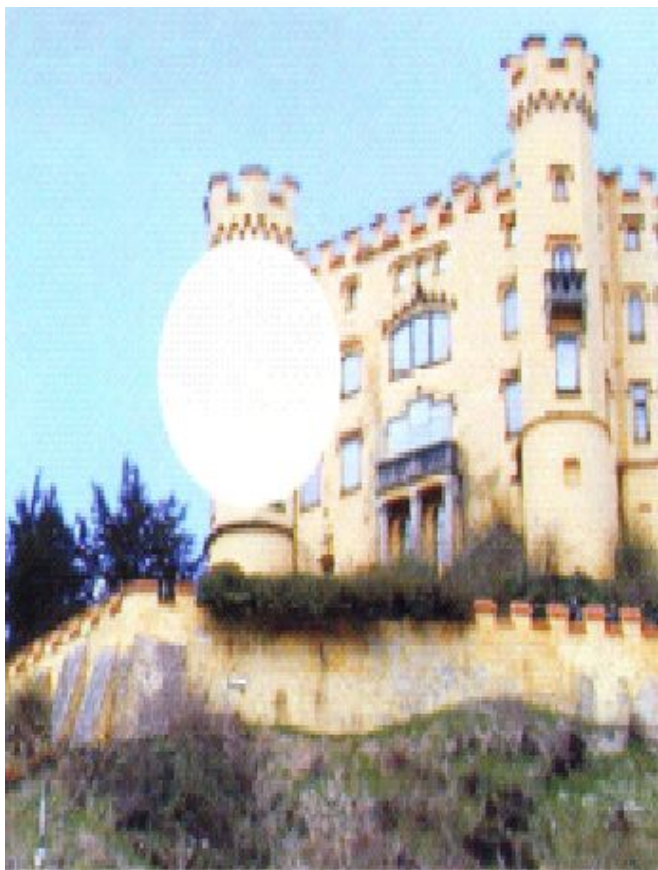
Колбочковое зрение:

центральное

цветовое

острое

дневное



Палочковое зрение:

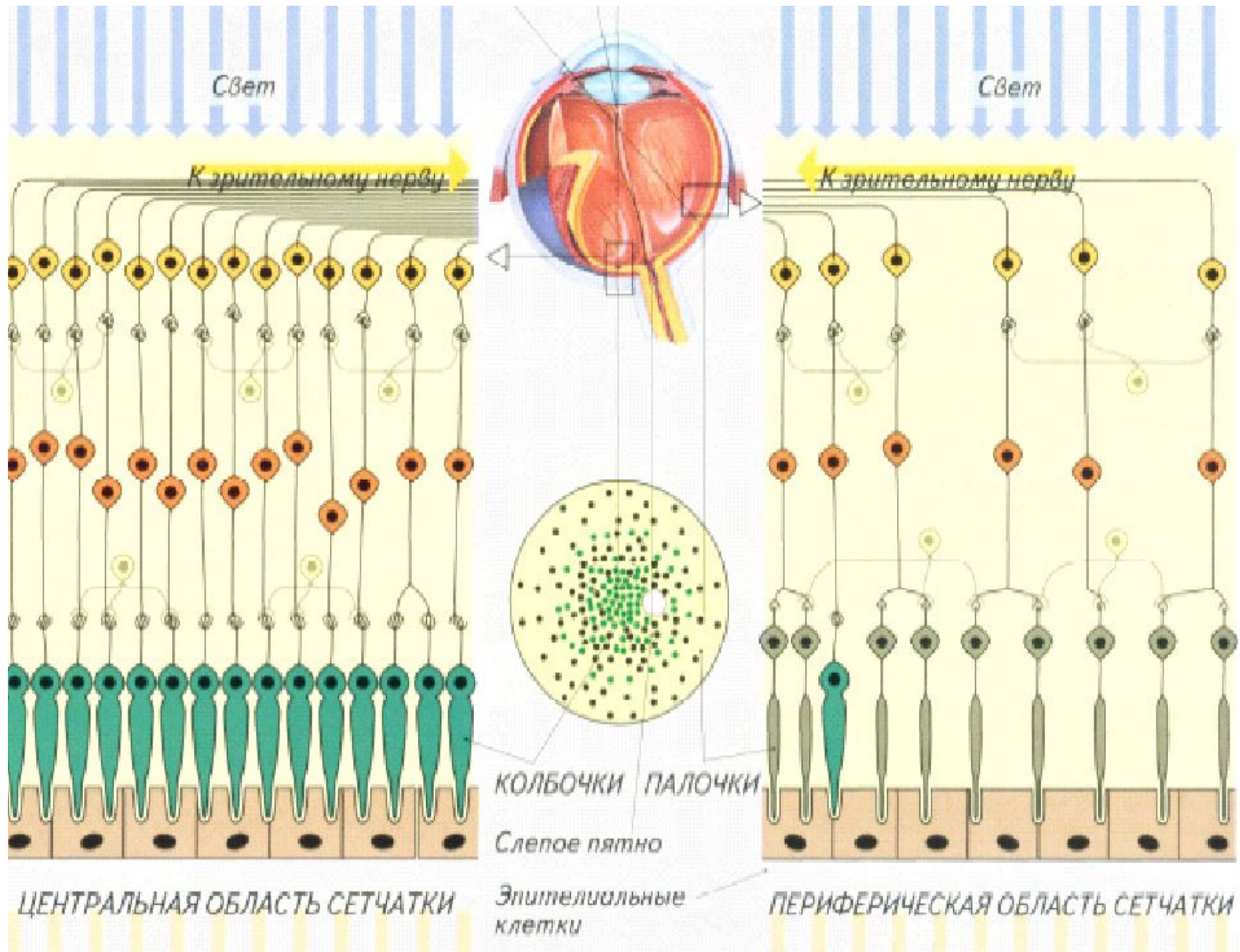
боковое

черно-белое

не острое

сумеречное

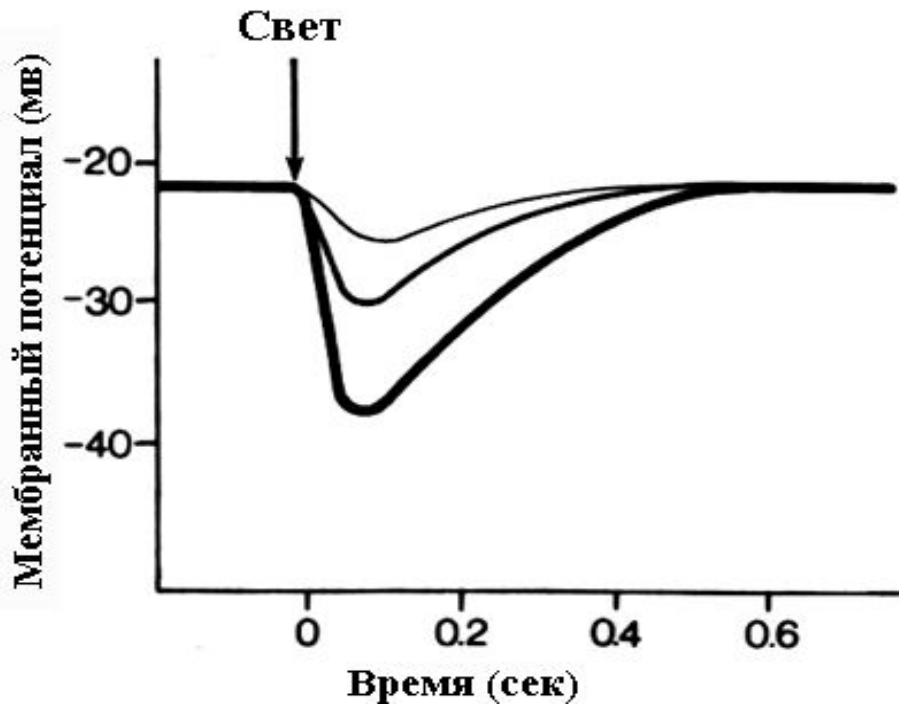




Распределение палочек и колбочек в сетчатке

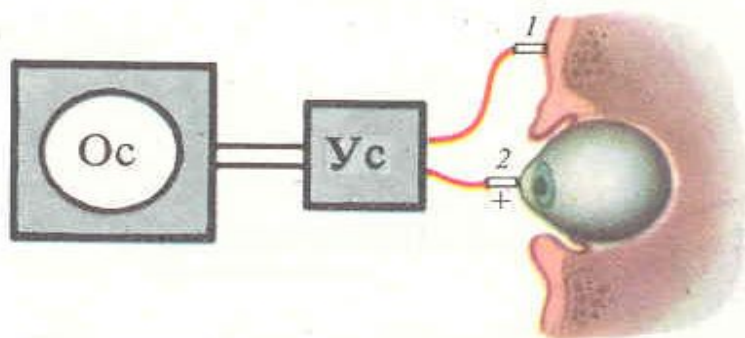


Фотохимические и электрические процессы в фоторецепторах



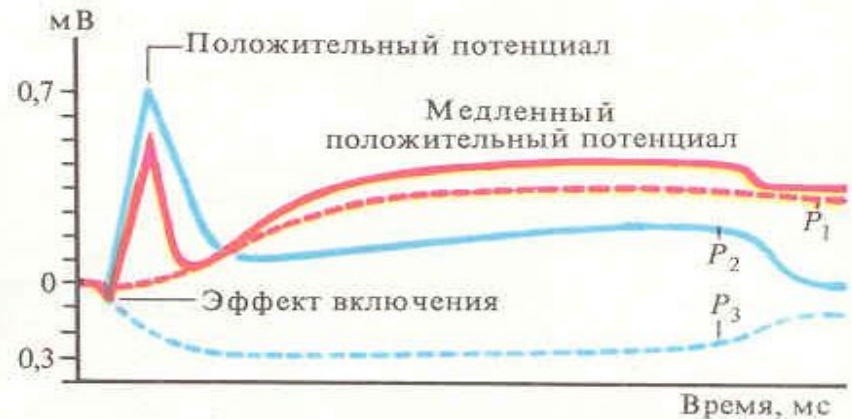
В темноте фоторецепторные клетки деполяризованы (имеют заряд от -25 до -40 мВ) из-за высокой проницаемости мембраны для Na^+ . На свету фоторецепторы гиперполяризуются. Поглощение света зрительным пигментом запускает цепь реакций: переход 11-цис-ретиналя в транс-ретиналь, понижение внутриклеточного уровня цГМФ, закрытие Na^+ -каналов, гиперполяризация фоторецепторов. При гиперполяризации фоторецепторов уменьшается выделение медиатора (глутамата) в синапсе между фоторецепторной клеткой и биполярным нейроном. При этом биполярные клетки возбуждаются, так как глутамат является для них тормозным медиатором.

Электроретинография



Примечание. Разность потенциалов между электродами 1 и 2 – 6 мВ.

А



Б

P_1 – компонент палочек; P_2 – реакция биполярных клеток;

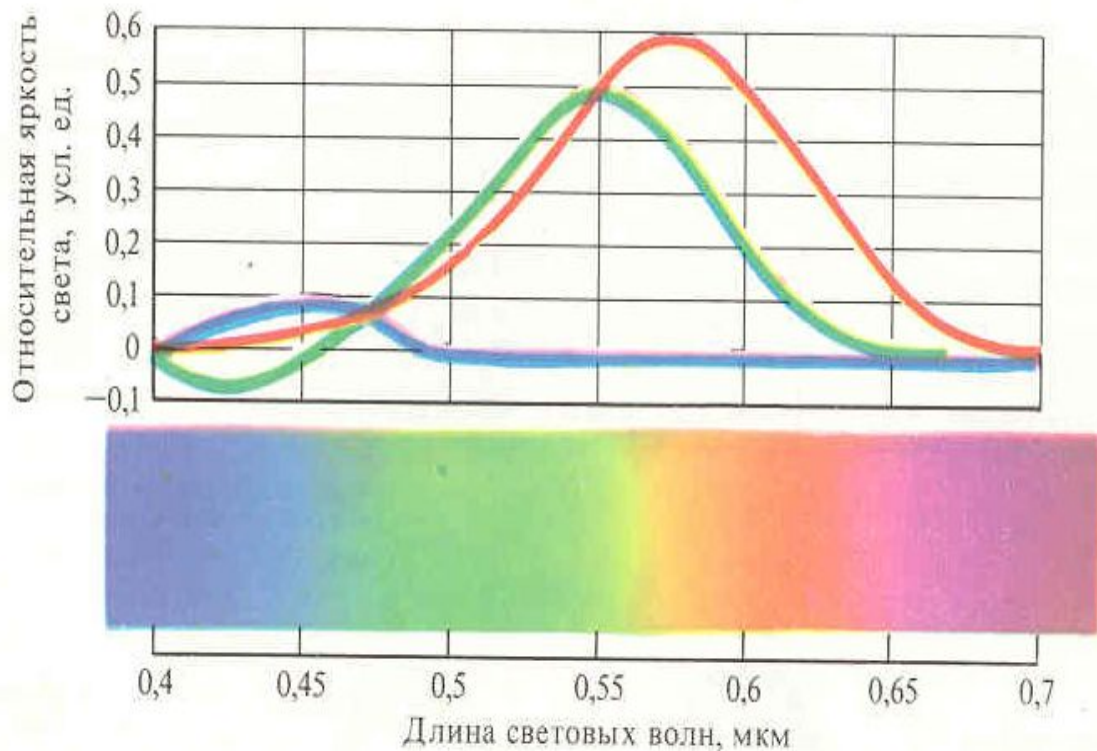
P_3 – торможение в рецепторных клетках

Электроретинограмма – суммарный потенциал сетчатки глаза на действие света. Состоит из нескольких волн, отражающих изменение мембранного потенциала фоторецепторов, биполярных, горизонтальных, амакриновых, глиальных клеток.

Проводниковый отдел зрительной сенсорной системы

- 1-ый и 2-ой нейроны зрительной сенсорной системы находятся в сетчатке (биполярный и ганглиозный нейроны). Аксоны ганглиозных клеток образуют зрительный нерв (II пара ЧМН) – 1,3 млн волокон.
- Зрительные нервы образуют частичный перекрест, после перекреста формируется зрительный тракт.
- Зрительный тракт несет волокна в:
 - 1) таламус (латеральные коленчатые тела) (3-ий нейрон) → первичная зрительная зона коры (затылочная доля коры больших полушарий). По этому пути преимущественно поступает информация от центральной части сетчатки.
 - 2) верхнее двухолмие покрышки среднего мозга → глазодвигательные центры ствола. По этому пути преимущественно поступает информация от периферических частей сетчатки. Обеспечиваются ориентировочный рефлекс, зрачковый рефлекс, рефлекс аккомодации.
 - 3) супрахиазматическое ядро гипоталамуса – регуляция суточных ритмов.

Восприятие цвета



Врожденные формы цветовой слепоты связаны с отсутствием генов, кодирующих разные виды зрительного пигмента в колбочках. Гены «красного» и «зеленого» пигментов лежат в X-хромосоме, ген «синего» пигмента – в хромосоме 7.

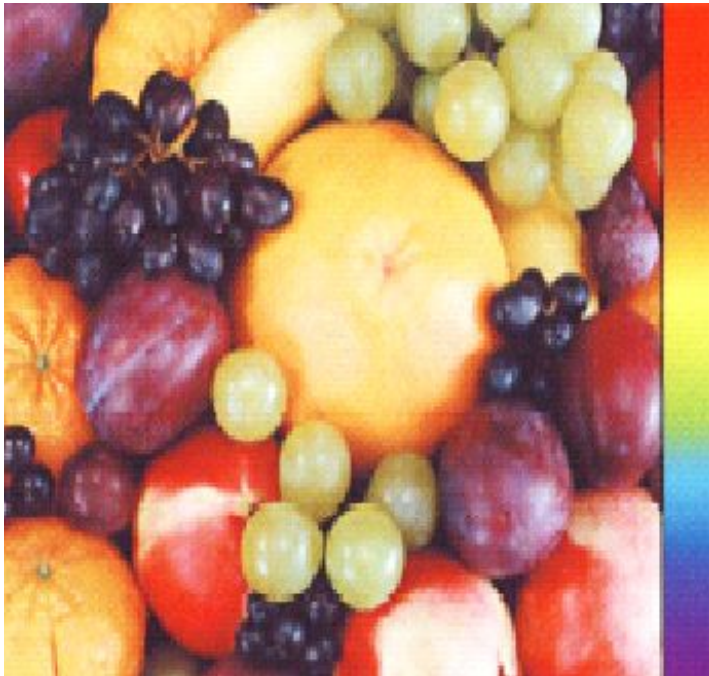
Трехкомпонентная теория цветового зрения: (Т.Юнг, 1802; Г.Гельмгольц, 1859). Теория предполагает наличие 3 типов колбочек со зрительными пигментами, поглощающими разные длины волн света : синие (420 нм), зеленые (530 нм), красные (560 нм). Цвет – результат неодинаковой стимуляции колбочек разного типа. Одинаковая стимуляция всех типов колбочек дает ощущение белого цвета.

Нарушения восприятия цвета (дальтонизм)

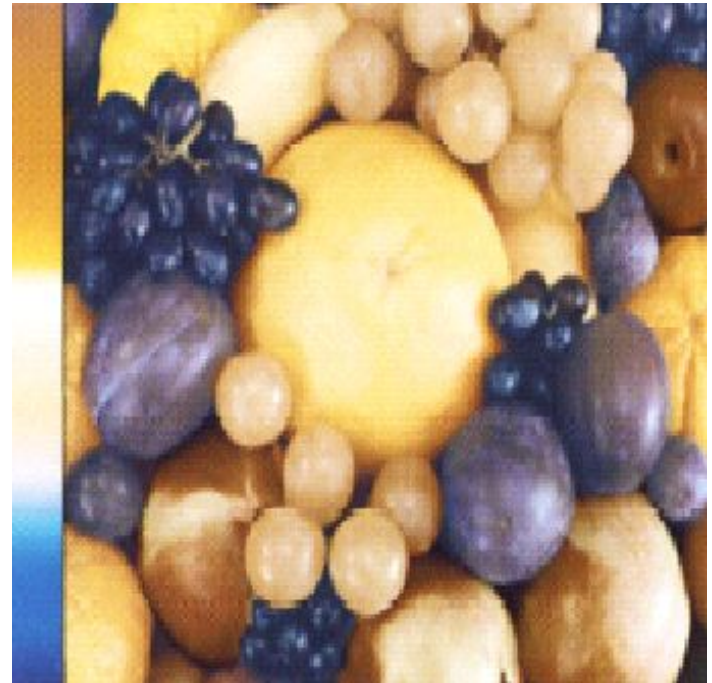
Дихромазия – отсутствие восприятия одного цвета:

- Дейтеранопия – «зеленослепые» (частота около 6%)
- Протанопия – «краснослепые» (частота около 1,1%)
- Тританопия – «синеслепые» (частота около 0,01%)

Ахромазия – полная цветовая слепота – черно-белое восприятие (частота менее 0,01%)



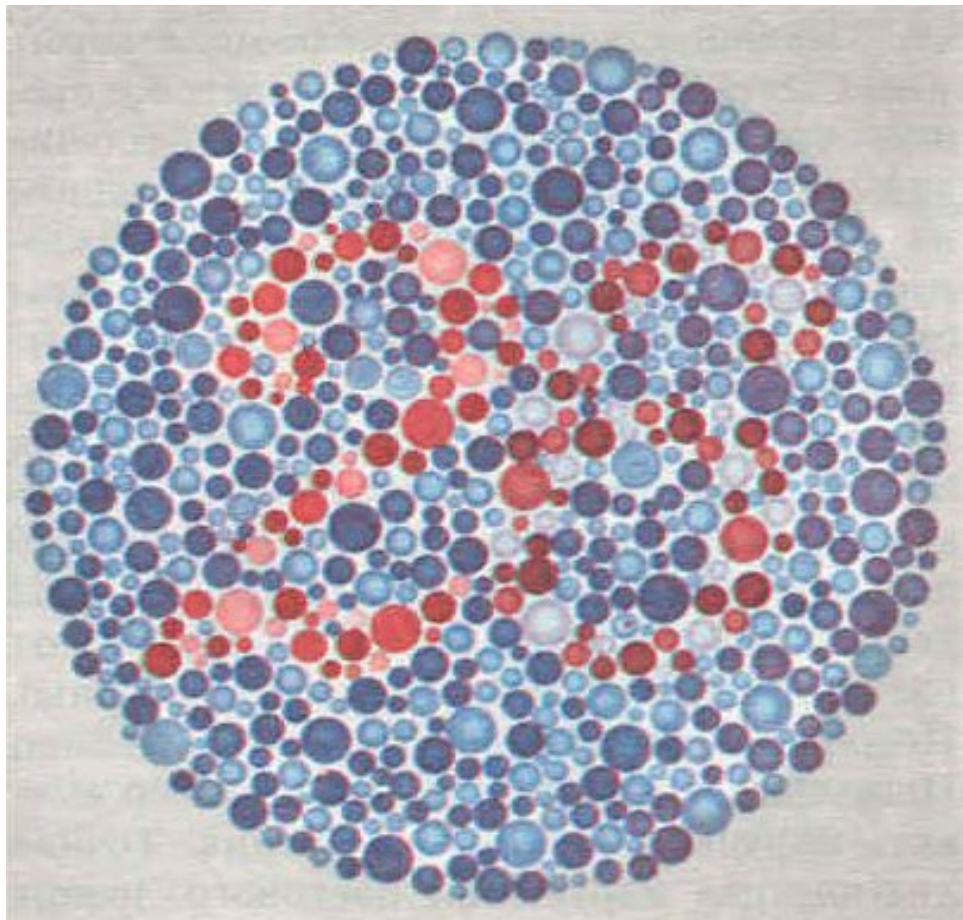
Так видит здоровый человек



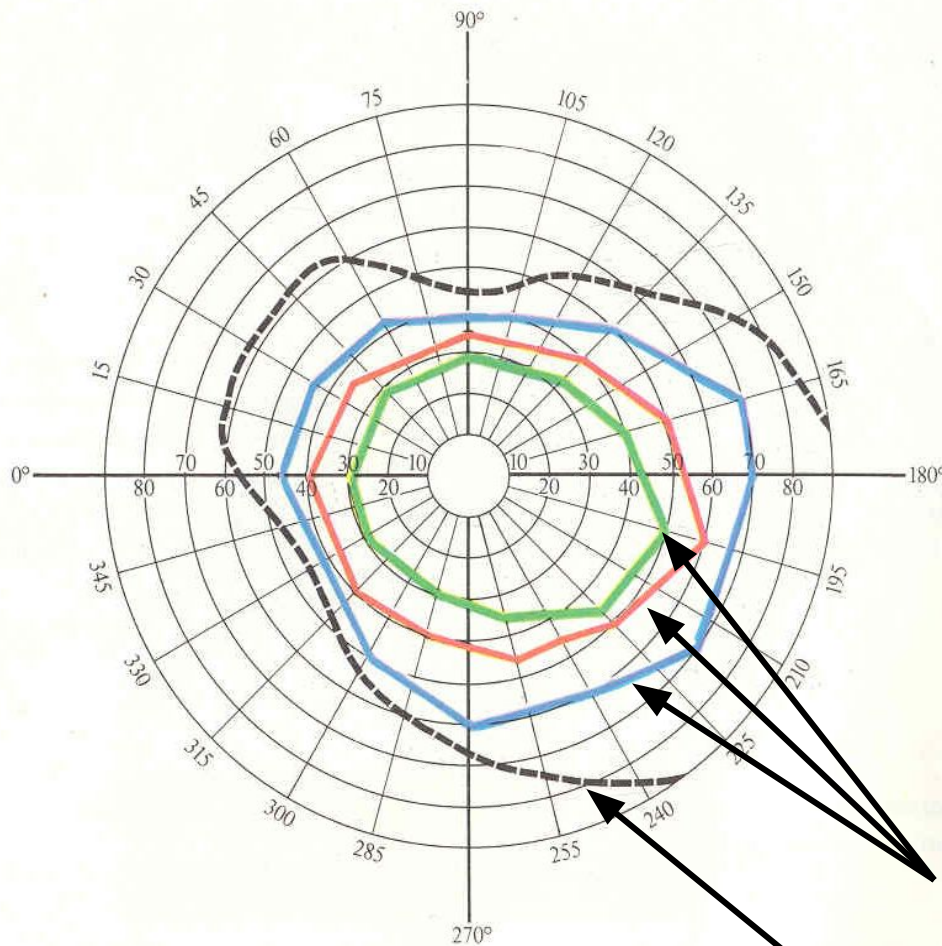
Так видит больной дальтонизмом:
красный и зеленый цвета заменяются
желто-коричневыми.

Исследование цветового зрения с помощью таблиц Рабкина

Испытуемый с нормальным цветовым зрением видит 26, протаноп - 6, а дейтераноп - 2



Поля зрения



Поле зрения – это пространство, видимое глазом человека при фиксации взгляда в одной точке.

Границы поля зрения исследуют отдельно для каждого глаза с помощью специального аппарата – периметра Форстера. Поля зрения неодинаковы в различных направлениях: книзу – 70° , кверху 60° , кнаружи – 90° , кнутри – 55°

Ахроматические (черно-белые) поля зрения больше, чем хроматические, что связано с преимущественно центральным расположением колбочек.

Поля зрения для различных цветов

Ахроматическое поле зрения

Саккадические движения



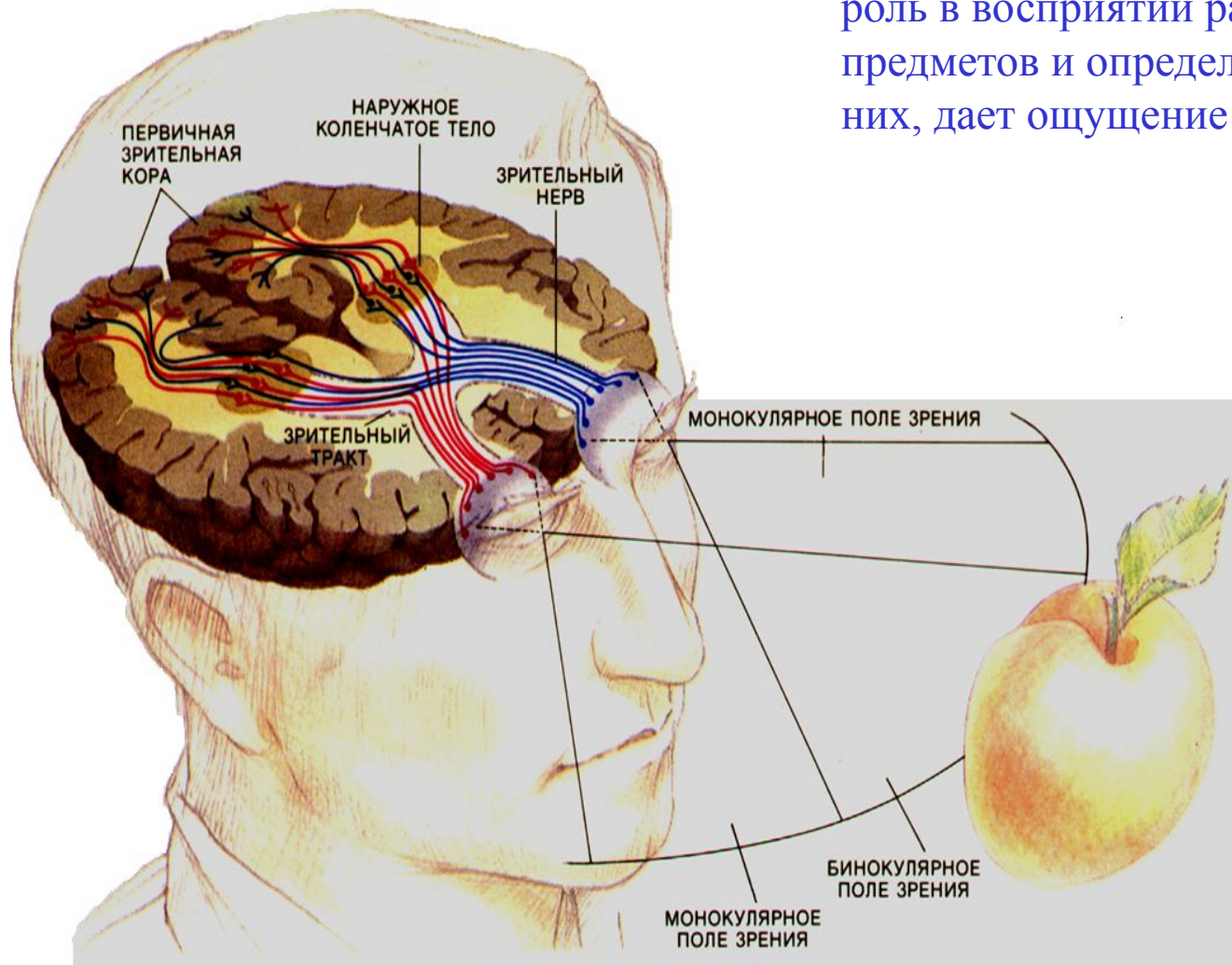
Движения глаз при рассматривании лица. Испытуемый несколько минут рассматривал фото слева



Фоторецепторы сетчатки быстро адаптируются. Поэтому глаз «регистрирует» только движущийся объект. Лягушка приближается к неподвижной змее, которая постоянно выбрасывает наружу свой язык. Неподвижную змею лягушка не видит, а двигающийся язык принимает за летающую бабочку. Но почему мы видим и можем долго рассматривать неподвижный объект? Наши глаза совершают постоянные содружественные быстрые движения – **саккады**. Саккады обеспечивают проекцию изображения на новые участки сетчатки, вызывая дезадаптацию фоторецепторов. Если заблокировать саккадические движения глаз, то мир вокруг нас станет трудно различим.

БИНОКУЛЯРНОЕ ЗРЕНИЕ

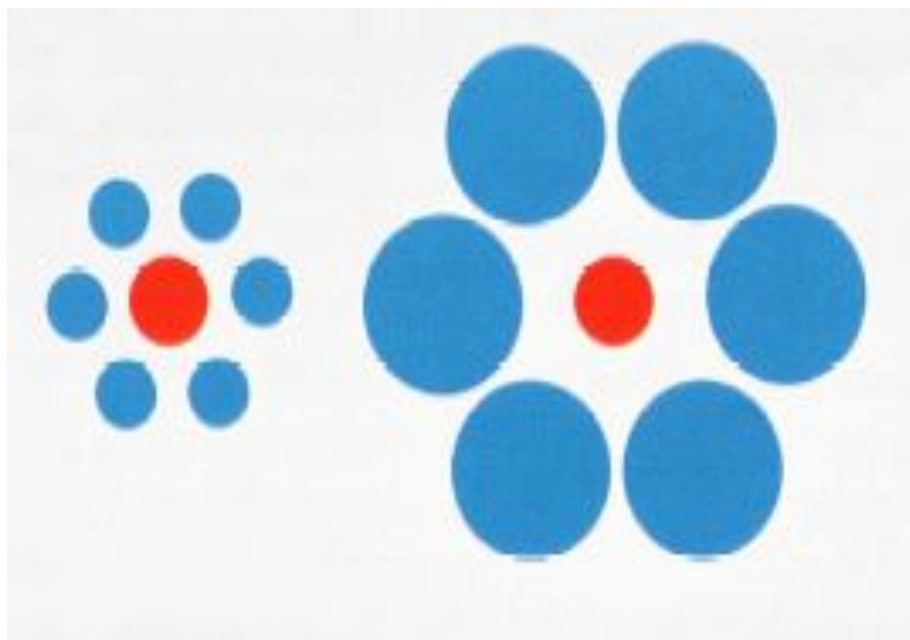
- (зрение двумя глазами) играет важную роль в восприятии разноудаленных предметов и определения расстояния до них, дает ощущение глубины пространства.



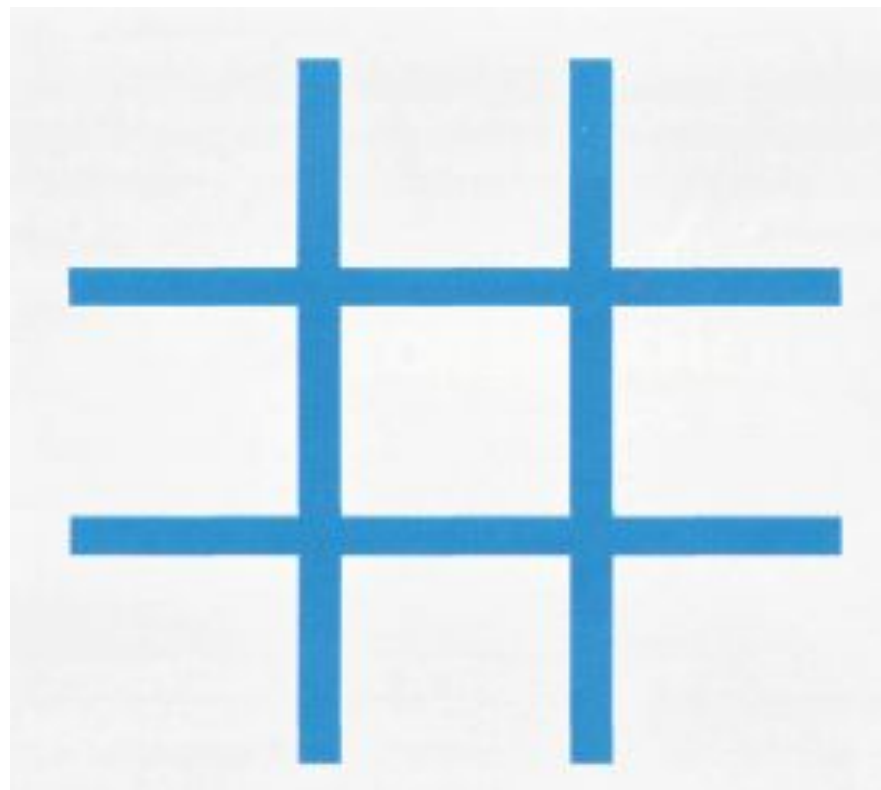
БИНОК
УЛЯРН
ОЕ
ЗРЕНИ
Е

Стереопсис (стереовосприятие) - наличие небольших различий в изображениях предмета, проецируемых на сетчатку обоих глаз, что приводит к впечатлению объемности. Полное совпадение изображений на сетчатке дает восприятие плоского изображения; сильное несовпадение воспринимается как двоение зрительного образа.

Зрение – очень сложный процесс. Это становится особенно ясно при знакомстве с неожиданными эффектами зрительного восприятия. Такие эффекты называются зрительными иллюзиями.



На восприятие объектов сильно влияет их окружение. Красные круги на рисунке равны между собой.



На пересечении линий нет светлых пятен



Двойное изображение

– одна картинка может вызывать в сознании совершенно разные образы. Что это – ваза или два профиля?

Если вы задумаетесь над тем, как это может происходить, вы почувствуете огромную разницу между собственно зрительным ощущением и нашим восприятием зрительного образа