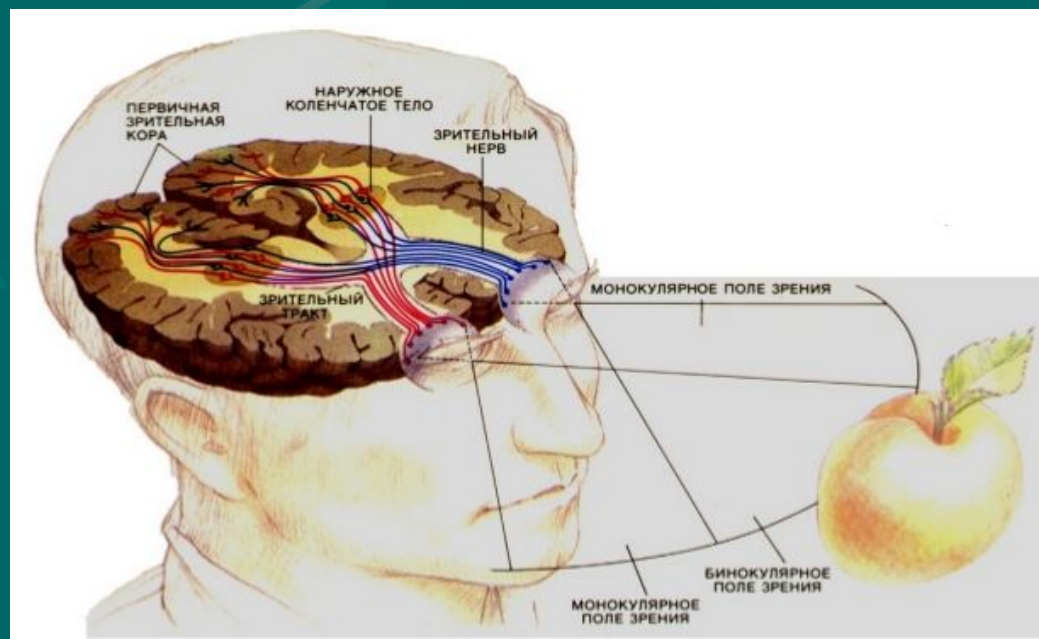


СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ

Лекция № 11

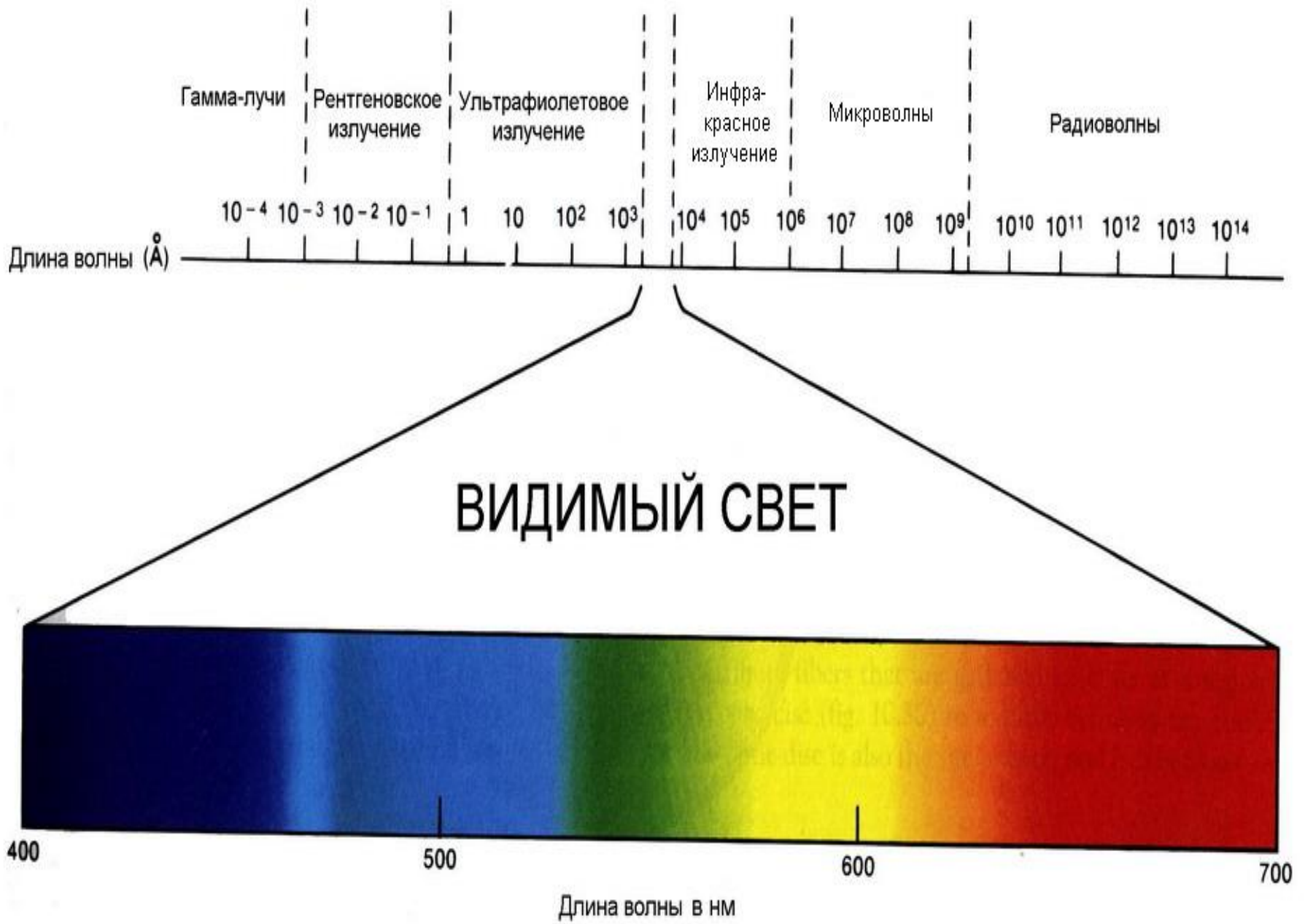
ФИЗИОЛОГИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА



План лекции

- I. Общая характеристика зрительной сенсорной системы и основные зрительные функции.
- I. Периферический отдел зрительного анализатора - орган зрения. Структурная и функциональная организация оптической системы глаза.
- I. Проводниковый отдел зрительного анализатора.
- I. Кортикальный отдел зрительного анализатора. Бинокулярное зрение. Расстройства зрительного восприятия.
- II. Теории цветового зрения. Аномалии цветовосприятия.

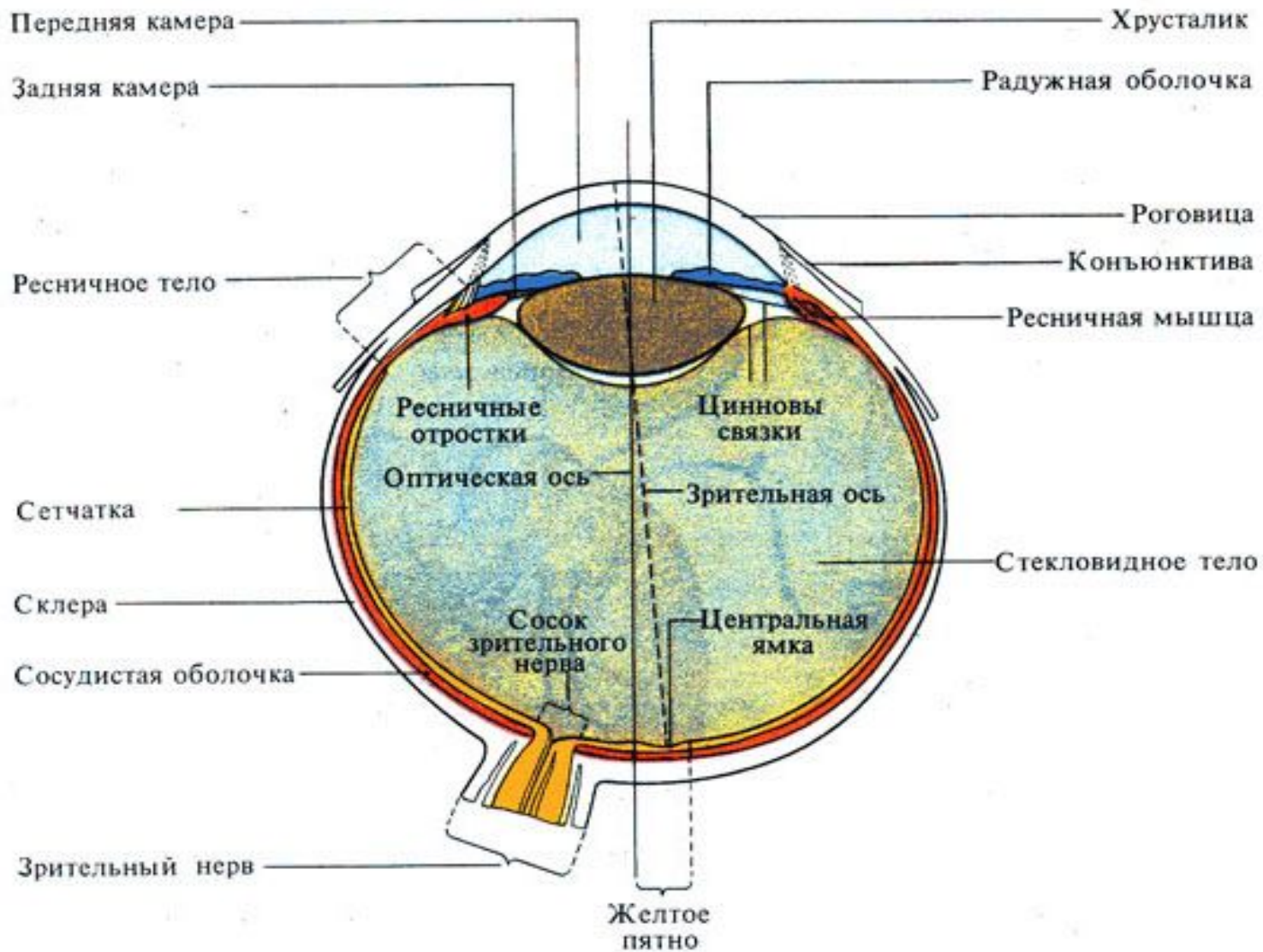
- **Зрительный анализатор** - это сенсорная система, воспринимающая электромагнитные излучения с длинами волн видимого спектра (400 – 760 нм) и формирующая световые ощущения.
- **Функции:**
 - Обеспечивает поступление в мозг 90% информации о внешней среде и на ее основе адаптацию организма
 - Играет роль в формировании поведения (в функциональной системе поведенческого акта обеспечивает обстановочную, пусковую и обратную афферентации)



Строение зрительного анализатора

- **Периферический отдел** – орган зрения – глаз, включает светопреломляющую (диоптрическую) систему и сетчатку;
- **Проводниковый отдел** – зрительные нервы и зрительные тракты, наружные коленчатые тела, верхние бугры четверохолмия;
- **Центральный отдел** – корковые зрительные поля: проекционная и гностическая зоны, т.е. первичные и вторичные зоны.

Структура глаза



Диоптрический аппарат глаза (оптическая система)

- Сложная система линз, неточно центрированная, формирующая на сетчатке **перевернутое, уменьшенное, действительное изображение внешнего мира.**
- **Основная функция диоптрической системы – рефракция.**

Диоптрический аппарат глаза (оптическая система)

- прозрачная роговица
- передняя и задняя камера, заполненные водянистой влагой
- радужная оболочка, окружающая зрачок (диафрагма)
- хрусталик, окруженный прозрачной сумкой
- стекловидное тело - это прозрачный гель, состоящий из внеклеточной жидкости с коллагеном и гиалуроновой кислотой в коллоидном растворе

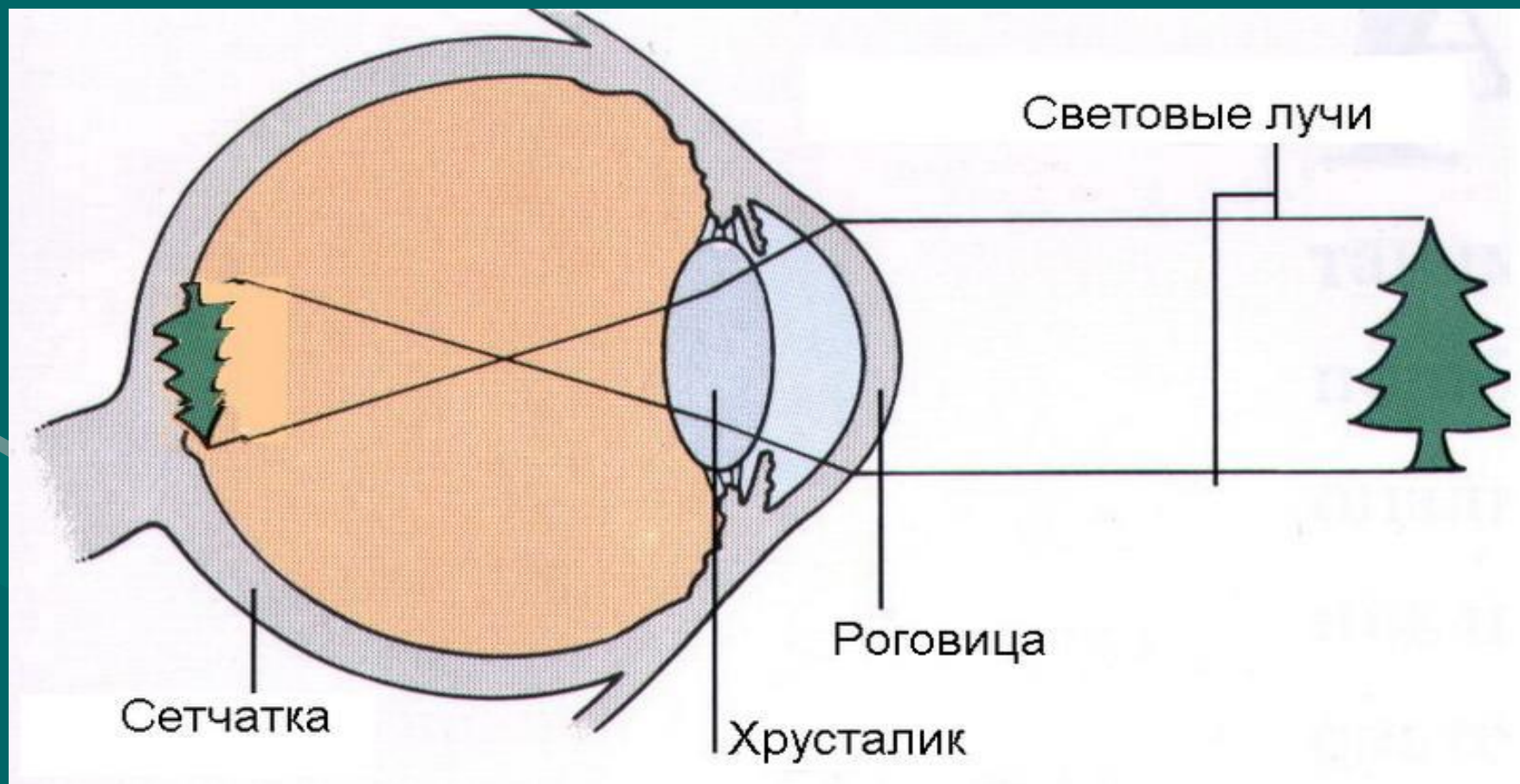
Рефракция

- преломление лучей оптической системой глаза.
- преломляющая сила системы зависит от радиуса кривизны границы двух сред и их коэффициентов преломления.
- *Самая большая преломляющая сила у роговицы, потому, что она лежит на границе воздушной и водной сред.*
- *1D – диоптрия – равна преломляющей силе линзы с фокусным расстоянием 100см*
- *Роговица – 43 Д, Хрусталик – 19-33 Д, Вся оптическая система – 59-70,5 Д.*

Модель "редуцированного глаза"

- Для упрощения оценки преломляющей силы глаза пользуются моделью "редуцированного глаза", в котором все среды имеют один и тот же показатель преломления и единую сферическую поверхность.
- При этом на сетчатке формируется уменьшенное, перевернутое и настоящее отображение предмета.

Модель "редуцированного глаза"



Регуляция диоптрической системы глаза

- **Осуществляется рефлекторно.** При этом достигается ясное видение предмета.

Условия:

1) лучи от всех точек предмета должны сходиться на сетчатку;

2) на сетчатку должны фокусироваться только центральные лучи, а периферические необходимо гасить, т.к. они преломляются сильнее и могут давать круги аберрации (светорассеяния).

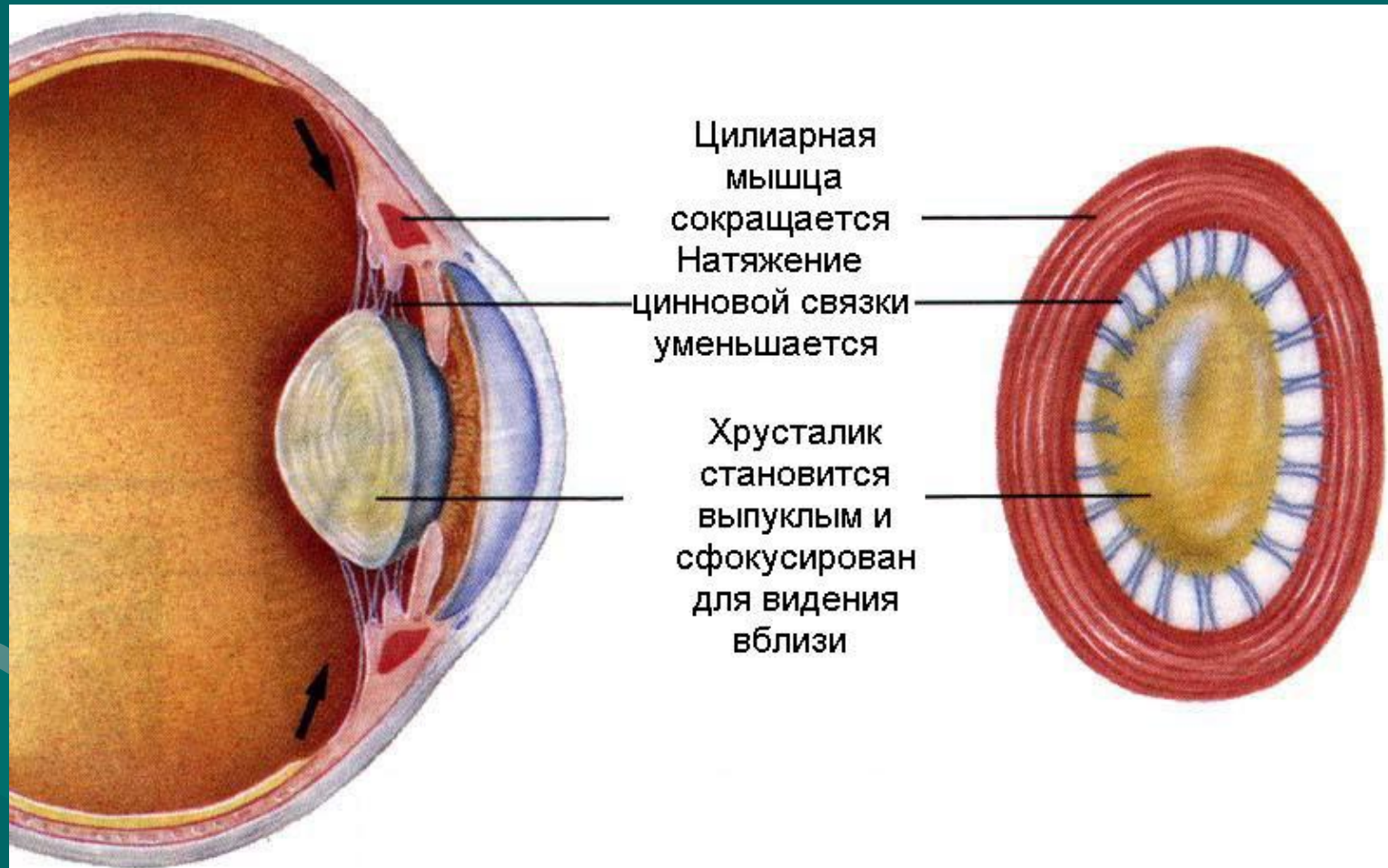
- **Обеспечивается 2-мя рефлексами:**

- Рефлекс аккомодации, изменяющий кривизну хрусталика
- Зрачковый рефлекс – сужение и расширение зрачка

Аккомодация

- Приспособление глаза к ясному видению разноудаленных предметов называется *аккомодацией*
- Меняются кривизна хрусталика и его преломляющая способность
- Аккомодационная мышца — *ресничная*
- *Иннервация — парасимпатическая ветвь глазодвигательного нерва*

Механизм аккомодации



Механизм аккомодации

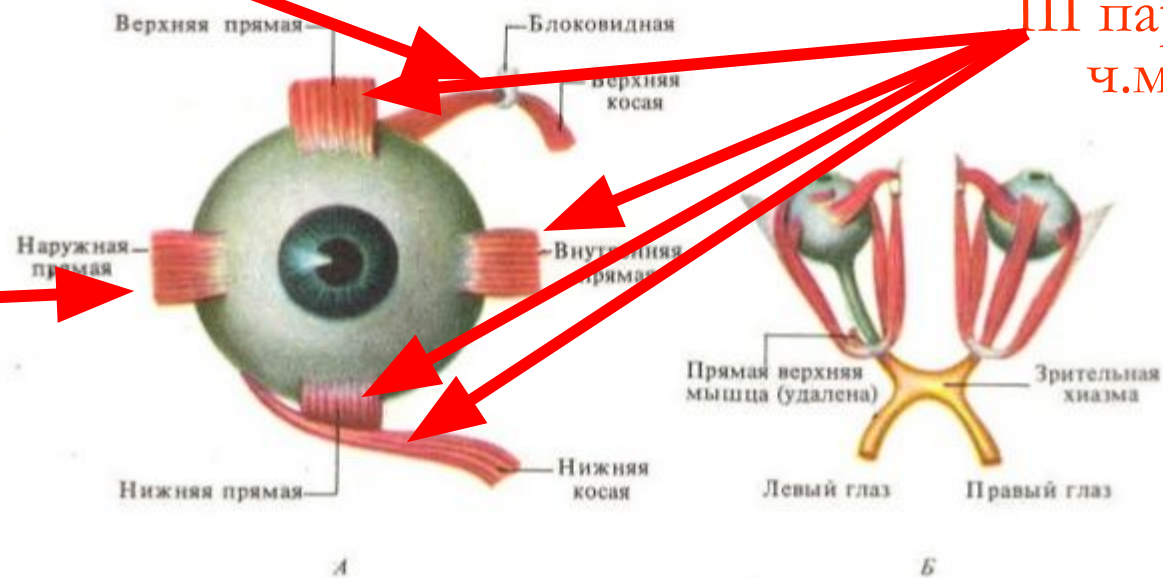
Рефлекс конвергенции и дивергенции

Мышцы глаза. А – вид спереди, Б – вид сверху

IV пара
ч.м.н.

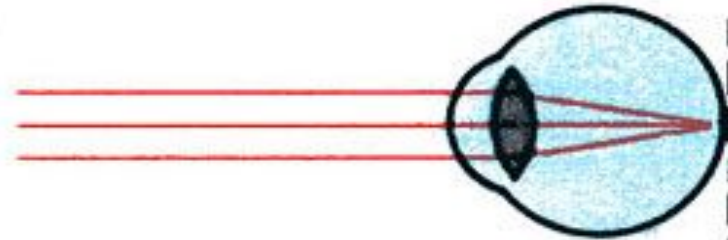
VI пара
ч.м.н.

III пара
ч.м.н.

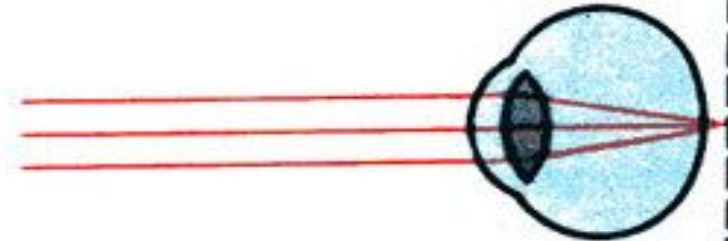


Аномалии рефракции глаза

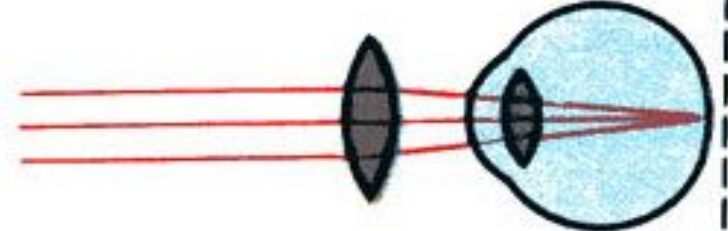
Эмметропия



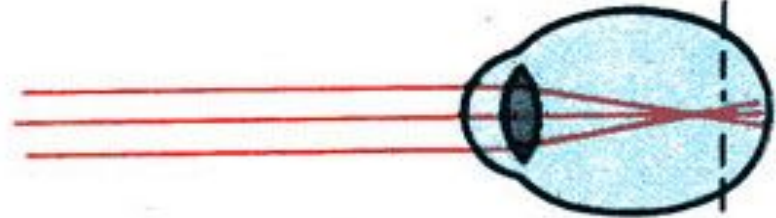
Гиперметропия



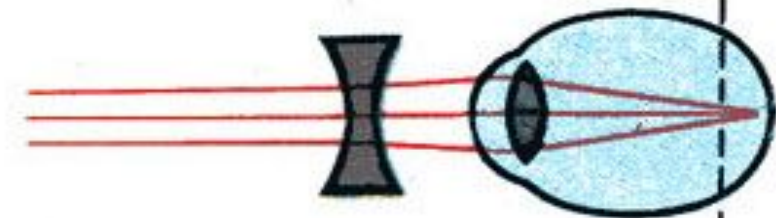
Коррекция гиперметропии



Миопия



Коррекция миопии



Внутриглазное давление

- Создается соотношением вырабатываемой и отводимой жидкости глаза
- Влияет на форму глаза и состояние диоптрического аппарата – рефракцию.
- Жидкость вырабатывается путем фильтрации из капилляров цилиарного тела и поступает сначала в заднюю, а потом в переднюю камеру глаза.
- Отток жидкости происходит в трабекулярную систему сосудов глаза, а оттуда через шлеммов канал в венозную систему.
- Сужение зрачка облегчает отток жидкости, расширение зрачка затрудняет его.

Слезная жидкость

Вырабатывается в слезных железах, по составу близка к плазме крови, содержит много бактерицидных веществ.

Функции:

- 1) предохраняет роговицу от пересыхания;
- 2) смывает инородные тела;
- 3) противовоспалительное действие.

РЕЦЕПТОРНЫЙ АППАРАТ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

- Пигментные клетки – содержат меланин.

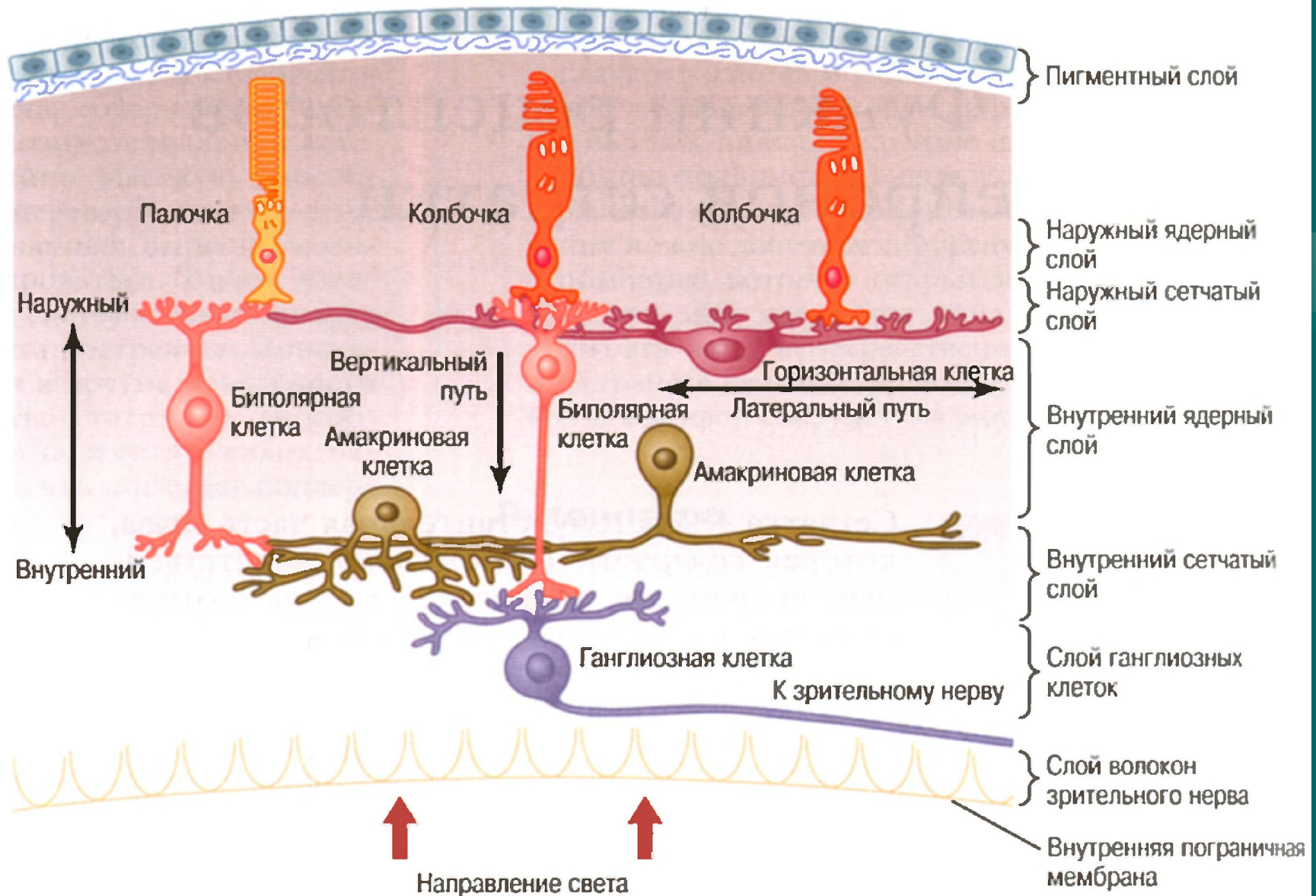
Функции:

- а) не позволяют рассеиваться световой энергии;
- в) депо витамина А в сетчатке;
- с) защитная – фагоцитоз продуктов распада фоторецепторов.

- Слой фоторецепторов
- Слой горизонтальных нейронов
- Слой биполярных нейронов
- Слой амакриновых клеток
- Слой ганглиозных нейронов

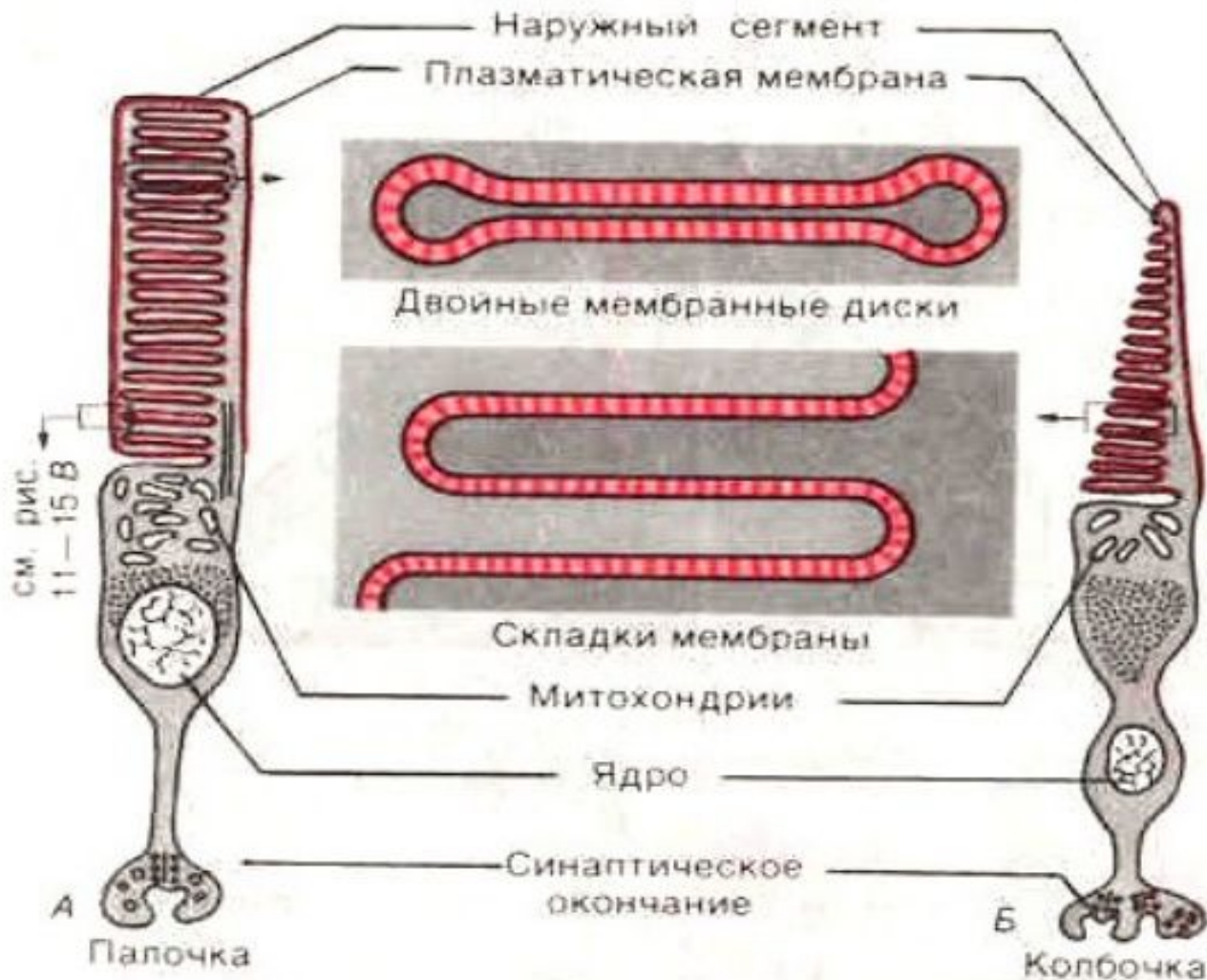
*Все
взаимосвязывается
мюллеровскими
клетками –
глиальные клетки!*

РЕЦЕПТОРНЫЙ АППАРАТ ГЛАЗА



Строение фоторецепторов

2 вида фоторецепторов



Сравнительная характеристика фоторецепторов

Палочки	Колбочки
<ul style="list-style-type: none">• высокая светочувствительность (в 500 раз выше, чем у колбочек);• ночное зрение;• периферическое зрение	<ul style="list-style-type: none">• цветное зрение;• центральное зрение;• острота зрения
Содержат родопсин	Содержат йодопсин
Палочки содержат только 1 вид опсина	Содержат 3 типа опсина: <ul style="list-style-type: none">• Синий – 420 нм• Зеленый – 530 нм• Красный – 560 нм
При поражении палочек или нехватке витамина А – отсутствие сумеречного зрения, отсутствие темновой адаптации	При поражении колбочек – светобоязнь: на свету человек слепнет, в сумерках зрение нормальное. Отсутствие световой адаптации.

Деполаризация
синапса -25 мВ

Выделение медиатора
глутамата

Фоторецептор в
темноте

Ток ионов

Высокая
проницаемость
для Na^+

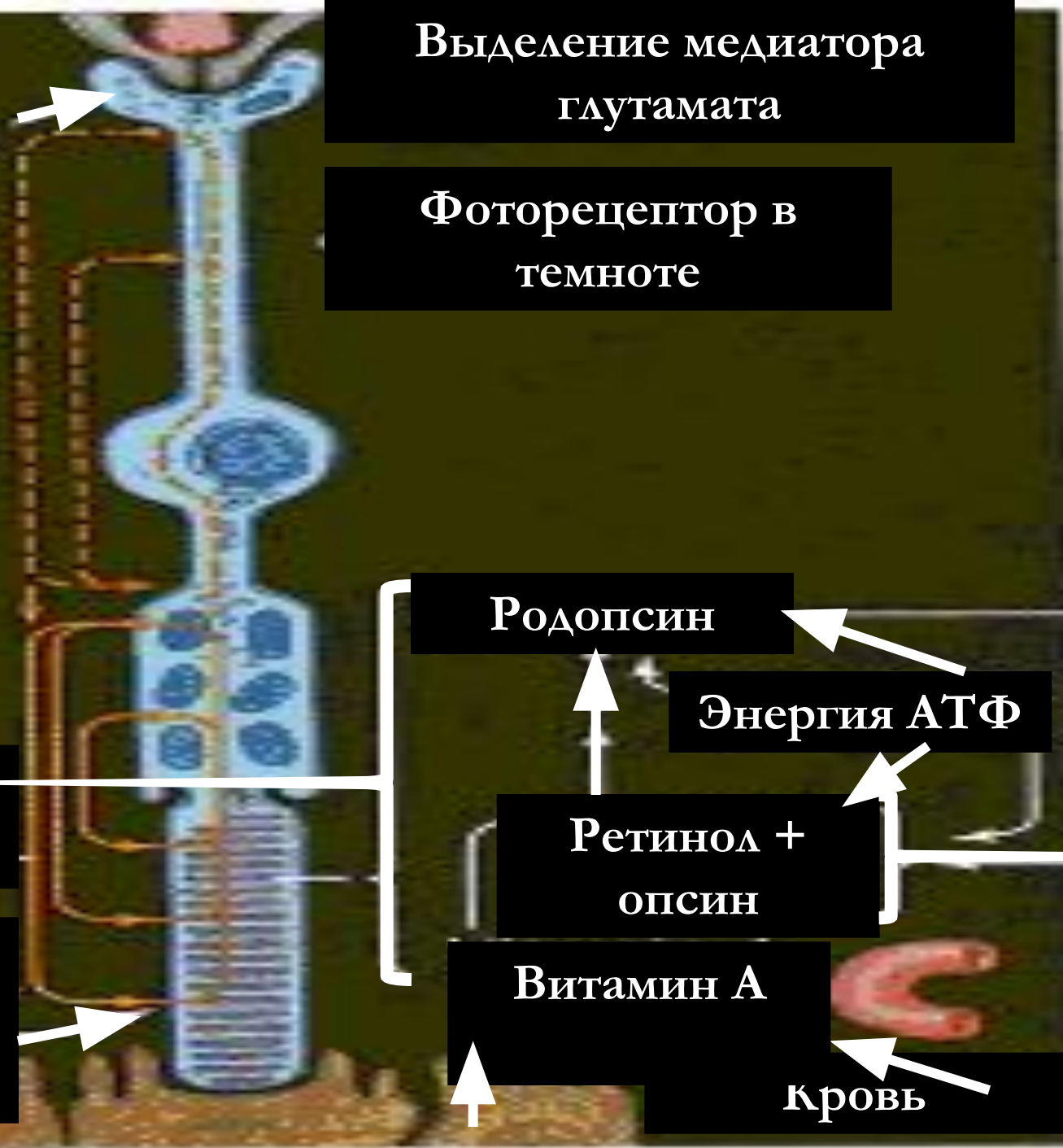
Родопсин

Энергия АТФ

Ретинол +
опсин

Витамин А

Кровь



Медиатор глутамат -
уменьшение

Фоторецептор на
свету

фотон света

люмиродопсин

метародопсин

Ретинол +
опсин

Витамин А

Гиперполяризация
синапса -40мВ

polarized
Synaptic bar

Nucleus

Centriole
(basal body)

Низкая
проницаемость
для Na^+



Электрические явления в сетчатке

В темноте МП = - 25 -- 40 mV (деполяризация)

На свету МП = - 90 mV (гиперполяризация)

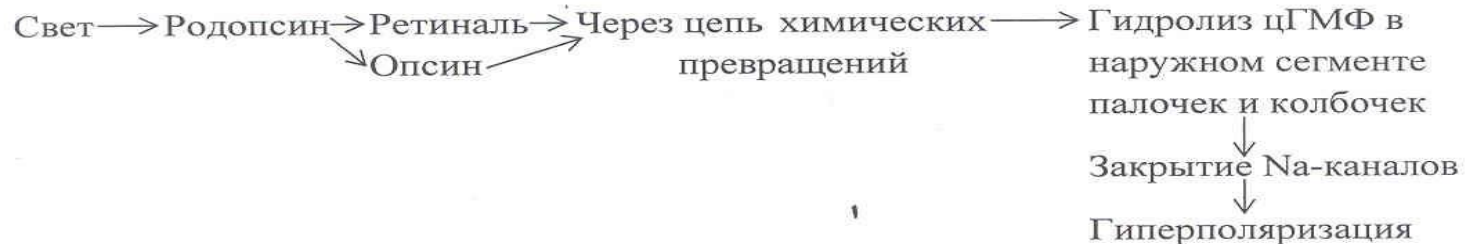
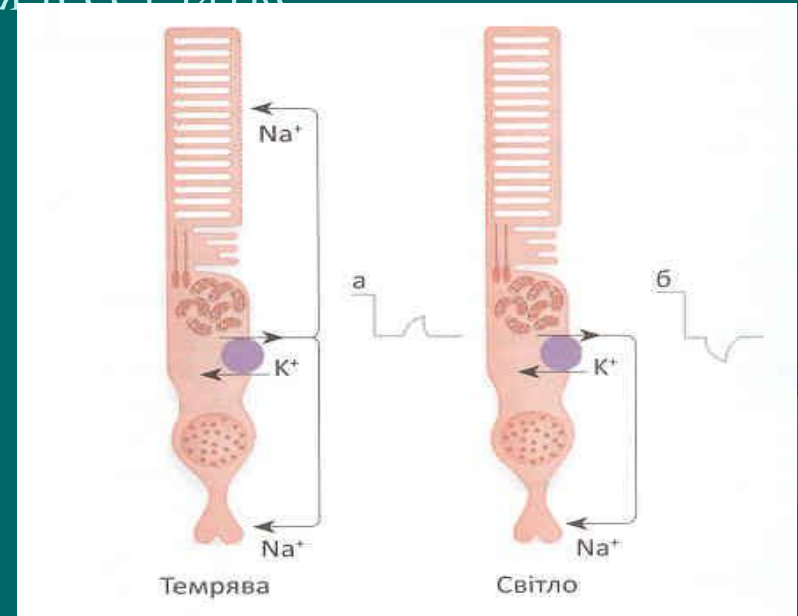
↓
Уменьшение выделения глутамата (тормозный медиатор)

↓
Биполярные нейроны on-реакции возбуждаются, off-реакции – тормозятся

↓
При возбуждении выделяется АХ

↓
Ганглиозные клетки через холинергический синапс возбуждаются

↓
Это первые нейроны зрительного пути от рецепторов сетчатки к КВП



Уменьшение выделения глутамата

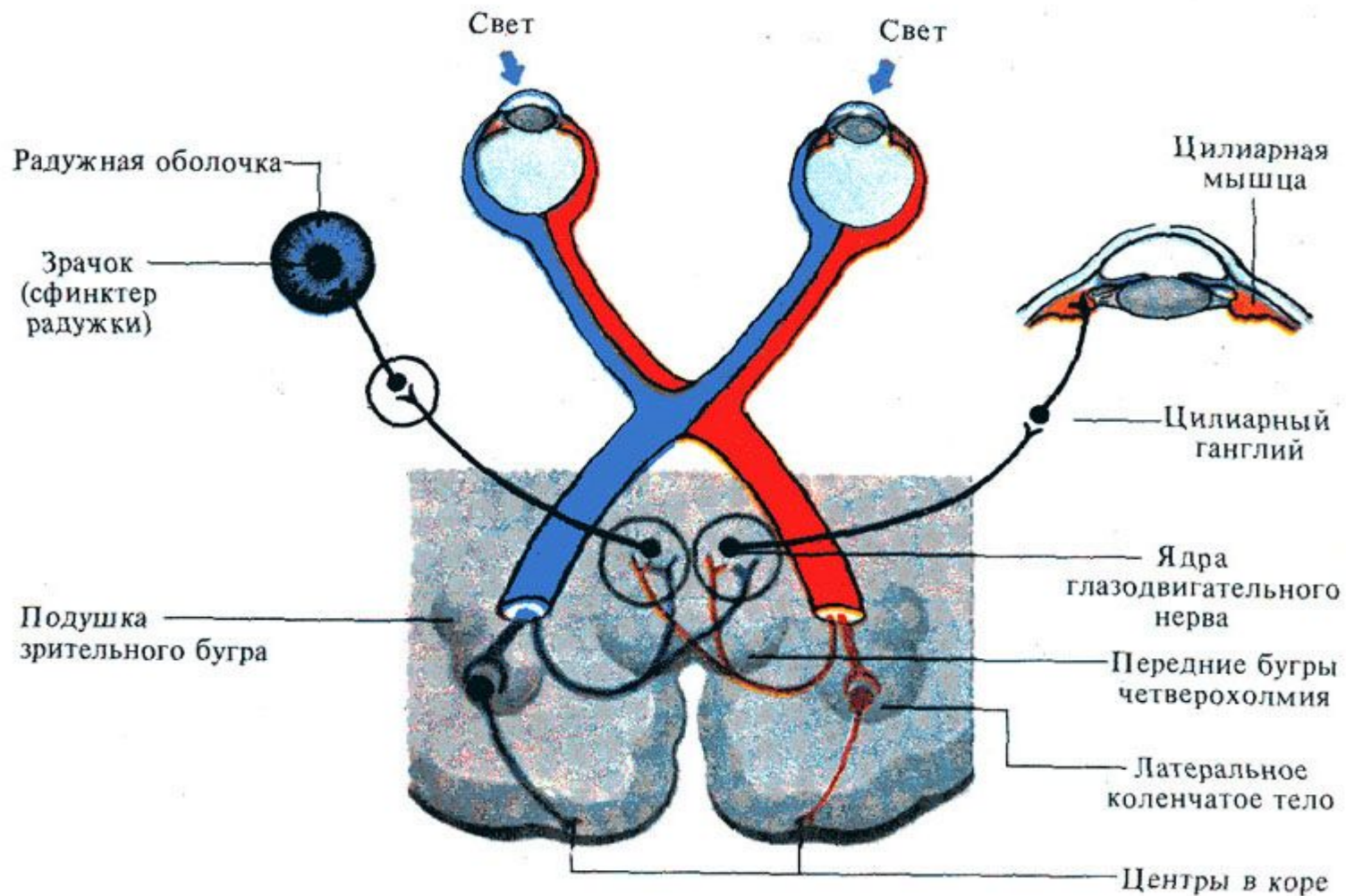
Возбуждение биполярных нейронов on-реакции (торможение нейронов off-реакции)

Аксоны ганглиозных клеток являются нервными волокнами зрительного нерва (проводниковый отдел зрительного анализатора)

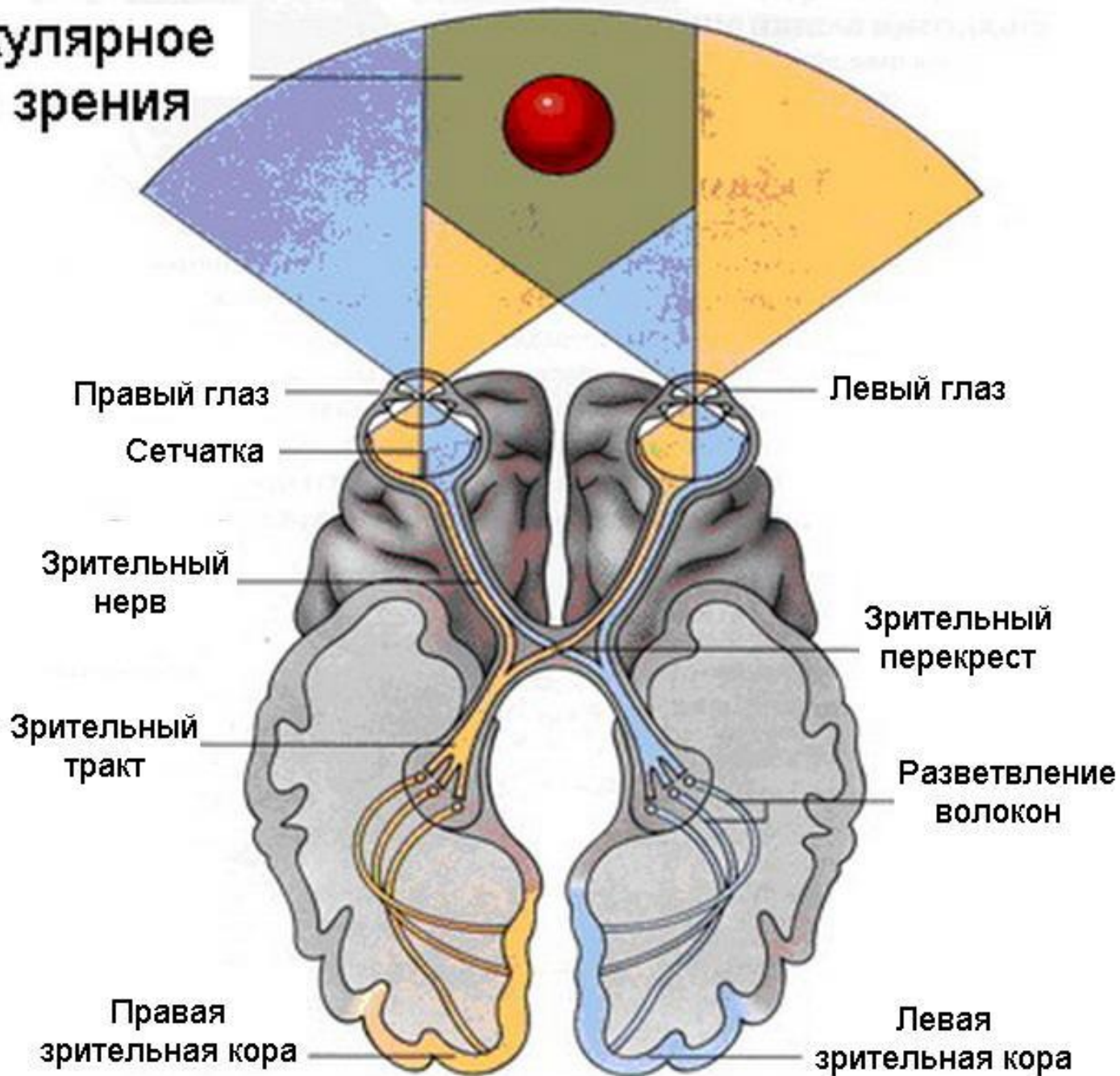
Выделение АХ в синапсах биполярных нейронов и ганглиозных нейронов

Формирование ПД (зашифрованы все свойства поглощенного света)

Зрительные пути (связь зрительных путей с управлением шириной зрачка и процессом аккомодации)



Бинокулярное поле зрения



Трехкомпонентная теория цветовосприятия (Ломоносов, Юнг, Гельмгольц)

Три типа колбочек:

- Чувствительные к **красному** цвету
- Чувствительные к **зеленому** цвету
- Чувствительные к **фиолетовому** цвету

Нормальное цветоощущение – трихромазия

Человек - трихромат

Аномалии цветового зрения

- Полное отсутствие цветовосприятия (черно-белое зрение) – ахромазия.
- Частичная потеря цветовосприятия:
- Красной части спектра – протанопия – краснослепые
- Зеленой части спектра – дейтеранопия – зеленослепые
- Фиолетовой части спектра – тританопия – не воспринимают синий и фиолетовый цвета

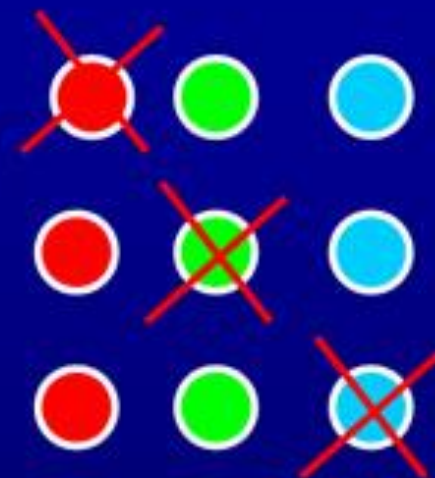
При частичной потере цветовосприятия зрение дихроматическое, вследствие отсутствия в колбочках одного из трех зрительных пигментов.

Аномалии цветовосприятия

Трихромазия 

Дихромазия

- Протанопия
- Дейтеранопия
- Тританопия



Монохромазия - видит только 1 цвет

Ахромазия 

Зрительная адаптация

Темновая – переход от света к темноте

- Восстановление зрительного пигмента – родопсина
- Уменьшение или даже снятие горизонтального торможения на сетчатке – увеличение РП ганглиозных клеток
- 10 мин – чувствительность увеличивается в десятки раз
- 1 час – ув. в десятки тысяч раз

Зрительная адаптация

Световая – переход из темноты к освещенности

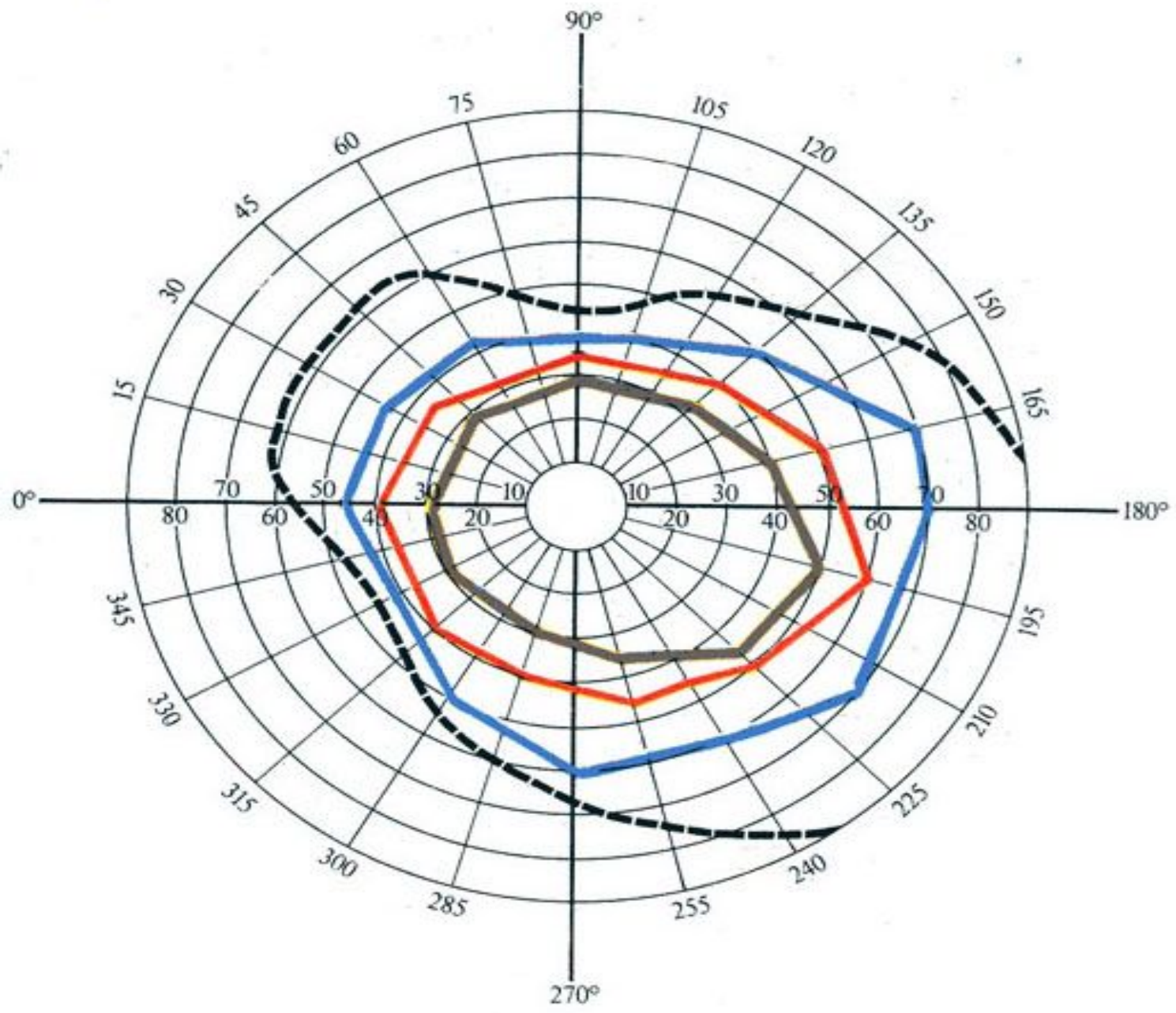
- Снижается чувствительность сетчатки
- Уменьшатся диаметр зрачка
- Увеличивается тормозное влияние горизонтальных и амакриновых клеток
- Длится несколько секунд

Поле зрения

- пространство, видимое глазом при фиксации взгляда в одной точке
- цветное (хроматическое) – отражает состояние колбочек (объект попадает в область желтого пятна)
- бесцветное (ахроматическое) – отражает состояние периферии – палочек. Оно больше хроматического

Определение поля зрения

- С помощью периметра
- *Клиническое значение определения поля зрения: дает возможность оценить состояние сетчатки и позволяет провести топическую диагностику путем оценки состояния зрительных путей*
- **Скотома** – участок поля зрения, на котором отсутствует восприятие предмета, другими словами – выпадение поля зрения.



Функциональные показатели зрительного анализатора

- Порог различения по силе
(интенсивности светового потока)
– 1-1,5%
- Порог различения по времени – 50 мс
- Порог различения пространства – 1°
- Абсолютный порог чувствительности
– $1 \cdot 10^{-17}$ - $1 \cdot 10^{-18}$ Вт



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!