



Общие принципы организации,
развития и функционирования
сенсорных систем

Шебек
К.М.Н., д

Сенсорная система (анализатор по Павлову И.П.) — совокупность центральных и периферических образований нервной системы, которая обеспечивает **восприятие** раздражителей (изменения внешней и внутренней среды организма), их **анализ** и **участвует в формировании** ответной реакции.

Органы чувств



- Центральная нервная система перерабатывает всю сенсорную информацию и позволяет **понять** мир, **выбрать** приоритеты, **организовать** свою деятельность в окружающей среде.

Классификация сенсорных систем

Роль (значение) Сенсорных Систем в жизнедеятельности организма:

- ✓ Сенсорные системы внешней среды
- ✓ Сенсорные системы внутренней среды
- ✓ Сенсорные системы положения тела
- ✓ Сенсорная система боли

Сенсорные системы внешней среды

- **Воспринимают** и **анализируют** изменения **окружающей среды** (зрительная, слуховая, тактильная, температурная, обонятельная и вкусовая системы).
- *Роль этих систем — **познание** внешнего мира, **приспособление** к окружающей среде, поддержание тонуса ЦНС,* что возможно благодаря импульсации, возникающей при действии раздражителей на рецепторы.
- Сенсорные системы внешней среды — это многоканальная система связи с окружающим миром. С помощью этих сенсорных систем организм познает свойства предметов и явлений окружающей среды, полезные и негативные стороны их воздействия на организм.

Сенсорные системы внутренней среды

- Воспринимают и анализируют изменения внутренней среды организма, показателей деятельности различных органов.
- Существенные изменения некоторых показателей внутренней среды организм может воспринимать субъективно в виде ощущений (жажда, голод). Они формируются на основе биологических потребностей.
- Имеется несколько этих систем со специфическими рецепторами:
 - ✓ химизма внутренней среды (например, воспринимается недостаток глюкозы, аминокислот);
 - ✓ осмотического давления (осморепрецепторы);
 - ✓ количества жидкости (волюморепрецепторы);
 - ✓ наполнения полых внутренних органов (рецепторы растяжения).

Сенсорные системы положения тела

- Воспринимают и анализируют изменения положение тела в пространстве и частей тела относительно друг друга.
- Эти системы играют важную роль в регуляции мышечного тонуса и поддержании с его помощью естественной позы, в восстановлении нарушенной позы, в координации движений.
- К данным системам следует отнести *вестибулярную и проприоцептивную*.
- Поскольку организм оценивает положение тела в пространстве и частей тела относительно друг друга, эта импульсация доходит до сознания и воспринимается субъективно в виде ощущений («темное чувство», по выражению И. М. Сеченова).

Сенсорная система боли

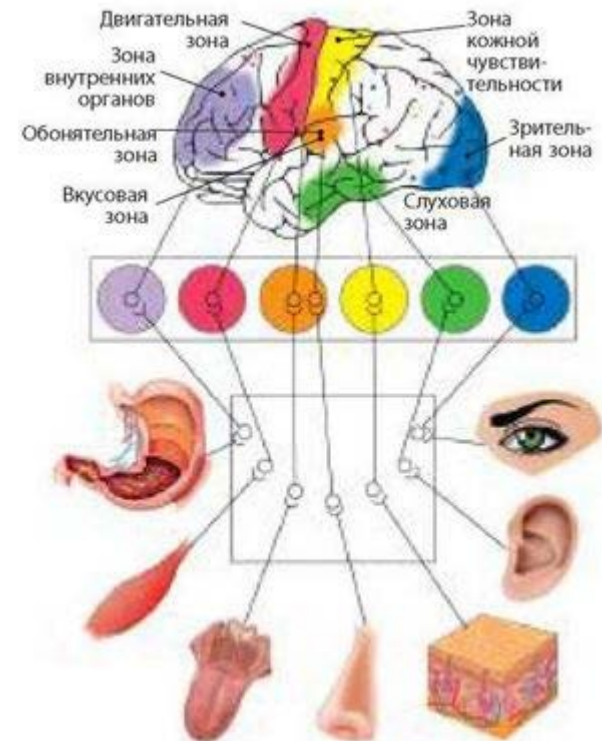
- Эту систему следует выделить, учитывая ее особую роль — **информирование с повреждающих действиях на организм и патологических процессах**. Она включает две части: сенсорную, формирующую болевые ощущения, и обезболивающую, угнетающую неприятные ощущения.
- Боль — это неприятное, в виде страдания ощущение, возникающее в результате действия на организм сверхсильного раздражителя, развития патологического процесса или кислородного голодания тканей.

Общая характеристика сенсорных систем

- Согласно представлению И. П. Павлова, все сенсорные системы построены по общему принципу и каждая из них имеет *три отдела*.

Отделы сенсорных систем

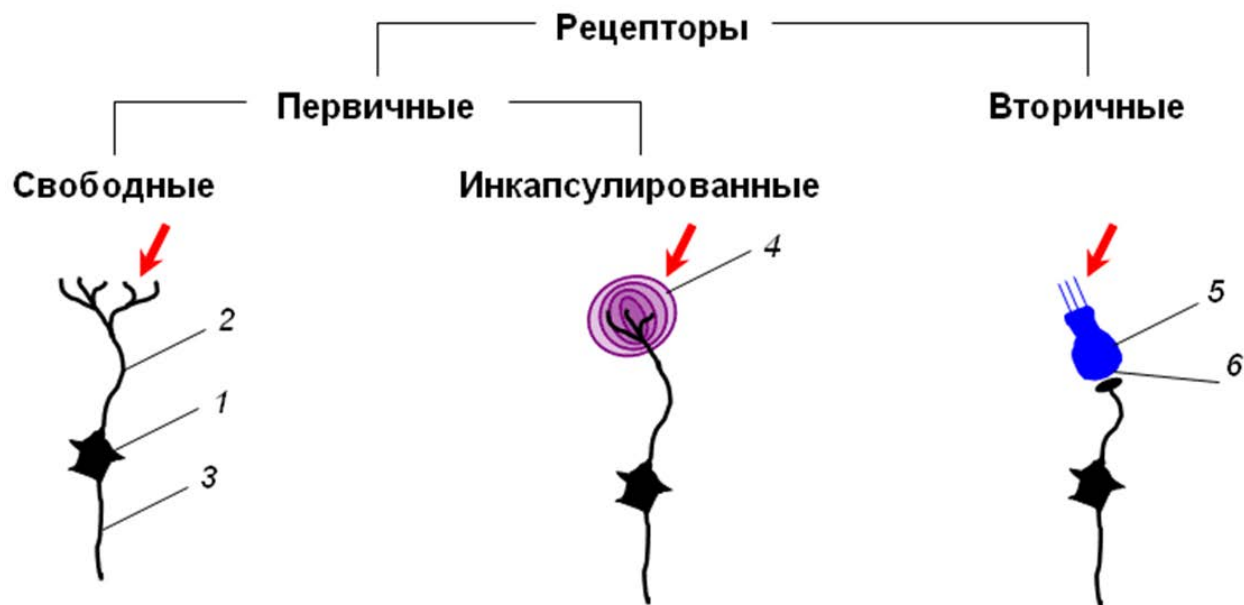
- Периферический
- Проводниковый
- Центральный



Ил. 92. Сенсорные системы человека

Периферический отдел

- Его основной частью является **рецептор**, назначение которого — восприятие и первичный анализ раздражителей (изменений внешней и внутренней среды организма).

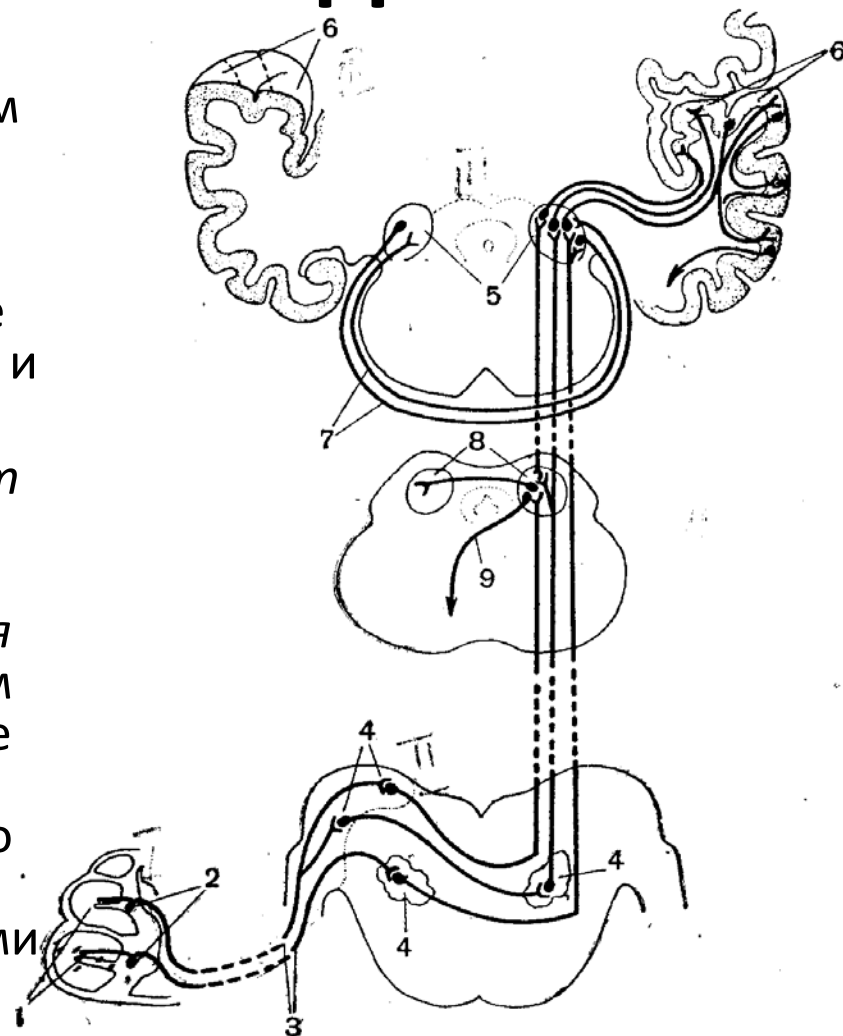


Периферический отдел

- Восприятие раздражителей в рецепторах осуществляется с помощью трансформации энергии раздражителя в РП, инициирующий возникновение нервного импульса.
- Для рецепторов характерна специфичность, т.е. способность воспринимать определенный вид раздражителя, который они приспособились воспринимать в процессе эволюции (адекватные раздражители), на чем и основан первичный анализ.

Проводниковый отдел.

- Представляет собой **совокупность всех нервных элементов**, по которым проходит сигнал от рецептора до коры большого мозга; такие элементы — это афферентные (периферические) и промежуточные нейроны спинного мозга, стволовых и подкорковых структур ЦНС.
- Проводниковый отдел **обеспечивает проведение возбуждения от рецепторов до коры большого мозга**. В нем происходит **частичная переработка информации**, при этом важную роль играет взаимодействие возбуждений различных сенсорных систем. Проведение возбуждения по проводниковому отделу осуществляется двумя афферентными путями — специфическими и неспецифическими.



Многоэтажная рефлексорная дуга по Э.А. Асратяну

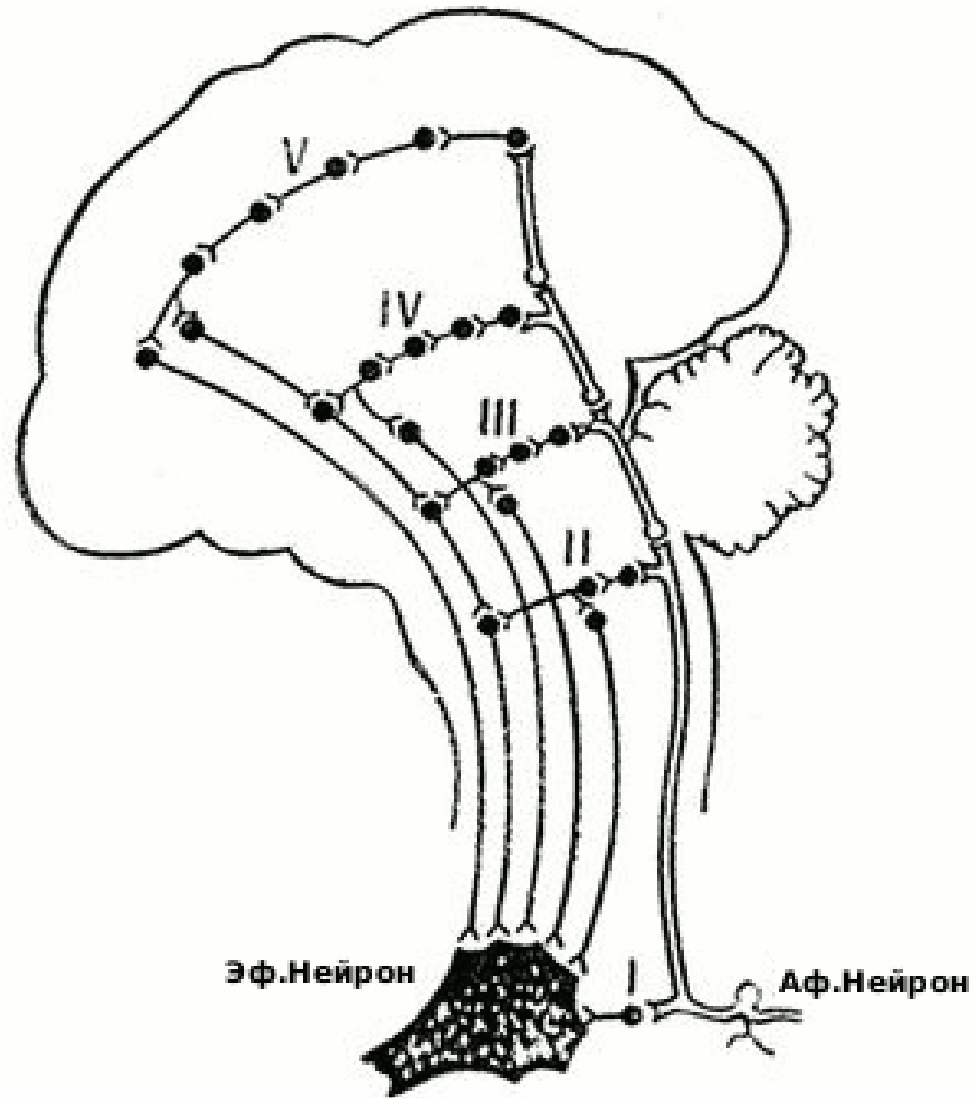


Рис.: Асратян Э.А., 1974. Анимация: © Сазонов В.Ф., 2011.
© <http://kineziolog.bodhy.ru>, 2011.

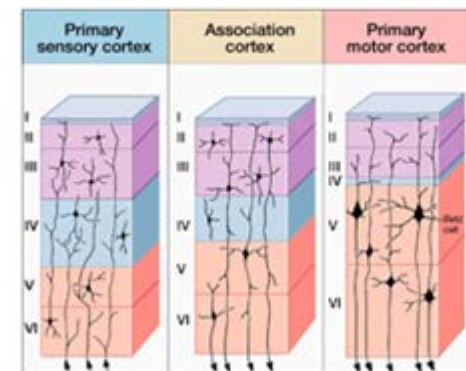
Нейронная организация новой коры.

Кортикализация функций.



Новая кора (неокортекс) — это слой серого вещества, который покрывает большие полушария и составляет около 70 % всей площади коры.

В направлении с поверхности вглубь неокортекс имеет 6 горизонтальных слоев.



I Молекулярный
слой

II Наружный
зернистый
слой

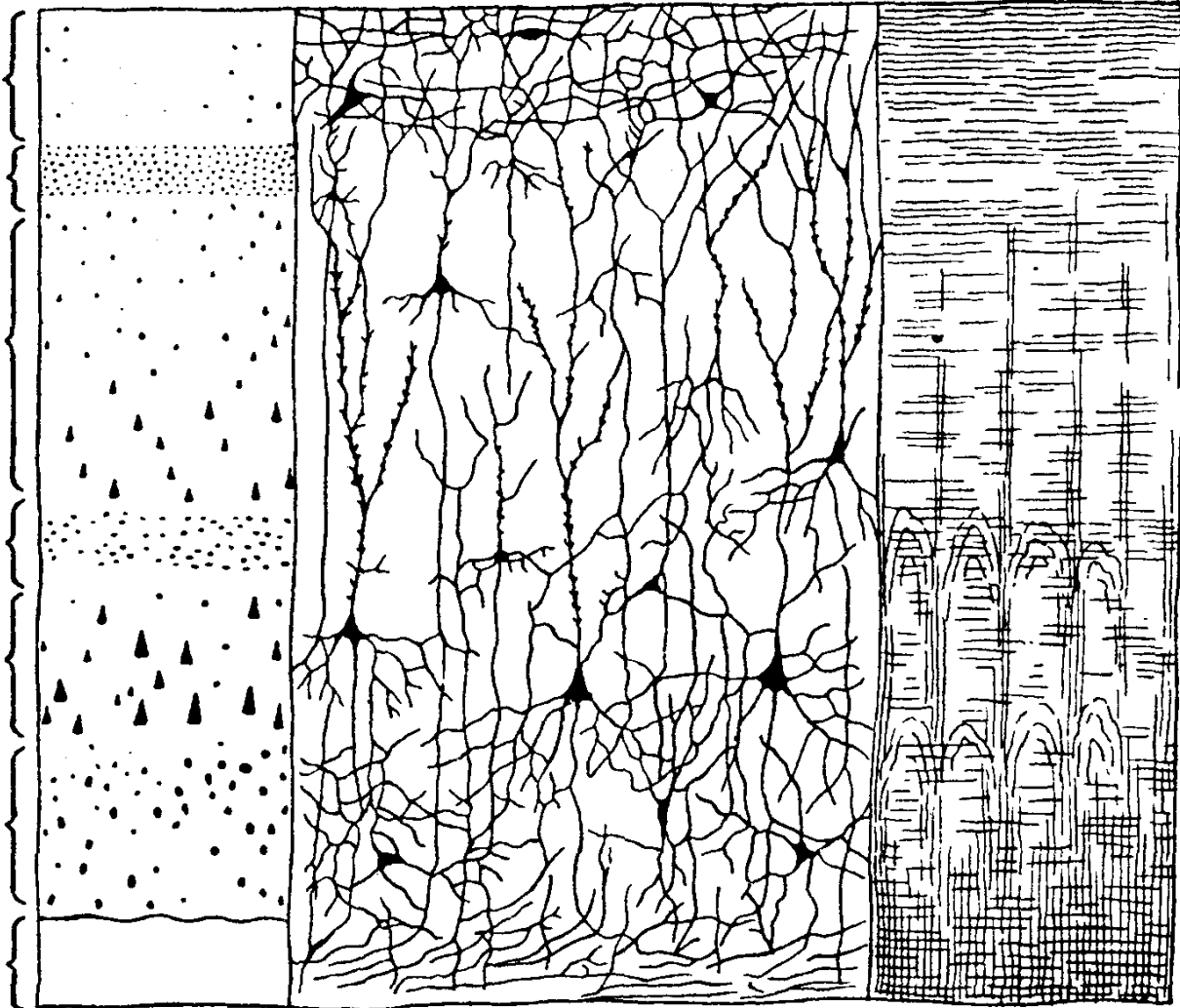
III Слой малых и
средней величи-
ны пирамид-
ных клеток

IV Внутренний
зернистый
слой

V Слой больших
пирамидных
клеток

VI Слой
полиморфных
клеток

VII Белое
вещество



Центральный (корковый) отдел

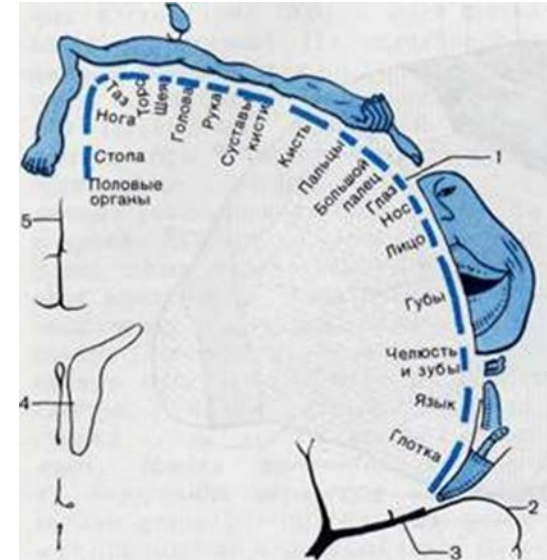
- В **корковом отделе** сенсорной системы выделяют две зоны — **первичную**, в которую поступают импульсы от рецепторов одного вида (зрительные, слуховые — *от моносенсорных рецепторов к моносенсорным нейронам*), их активация сопровождается ощущениями одной модальности (свет, звук), и **вторичную**, которая расположена в непосредственной близости от первичной.
- *Нейроны вторичной зоны преимущественно бисенсорные: они возбуждаются при действии двух раздражителей. Например, нейроны вторичных зон зрительной и слуховой систем реагируют на свет и на звук.*
- Коровые концы сенсорных систем называют также **сенсорными зонами**, которые не являются строго ограниченными участками, они перекрывают друг друга. Эти особенности строения центрального отдела обеспечивают взаимодействие различных сенсорных систем и процесс компенсации нарушенных функций.

Основные функциональные зоны новой коры

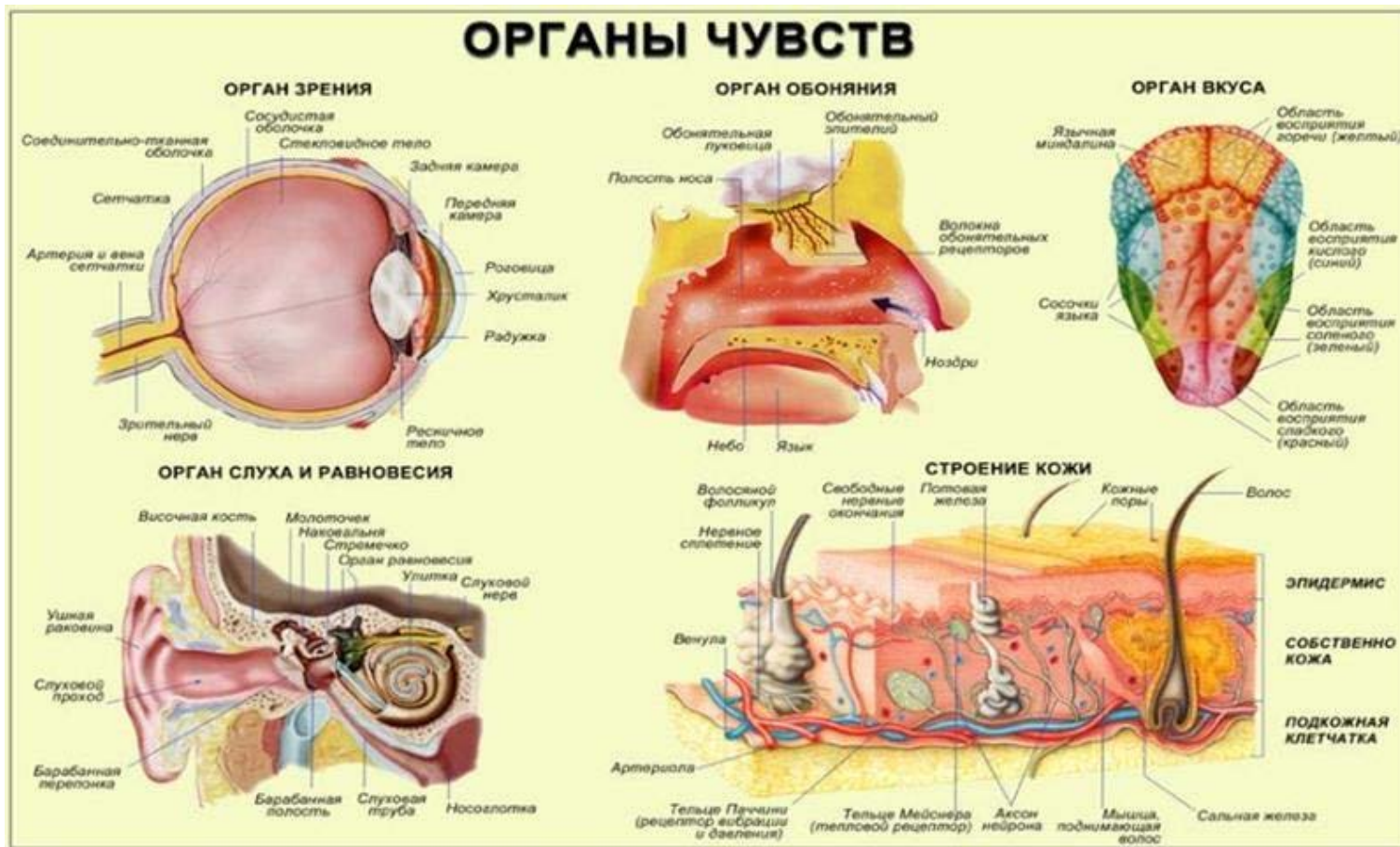
- **Общая характеристика коры.** В новой коре имеются поли- и монофункциональные поля. Свойство полифункциональности позволяет данной корковой структуре включаться в обеспечение различных форм деятельности, реализуя при этом основную, генетически присущую ей функцию (Андрианов О. С., 1976). Степень полифункциональности различных корковых структур неодинакова; например, поля ассоциативной коры полифункциональны. Первичные сенсорные зоны моносенсорны. Во вторичных сенсорных зонах локализуются преимущественно бисенсорные нейроны.
- В основе мультифункциональности лежит многоканальность поступления в кору мозга афферентного возбуждения, перекрытия афферентных возбуждений, особенно на таламическом и корковом уровнях, модулирующее влияние различных структур (например, неспецифического таламуса, базальных ядер) на корковые функции, взаимодействие корково-подкорковых и межкорковых путей проведения возбуждения.
- Детальное деление коры на различные поля проведено на основе цитоархитектонических признаков (формы и расположения нейронов) К. Бродманом (1909), выделивший 52 поля, многие из которых характеризуются функциональными и нейрохимическими особенностями. Более крупным вариантом функционального разделения коры головного мозга является выделение в ней сенсорной, ассоциативной и двигательной зон.

Соматосенсорная область

- это постцентральная извилина теменной доли и соответствующая ей часть парацентральной дольки на медиальной поверхности полушарий (поля 1—3). При этом поле 3 представляет собой первичное сенсорное поле, а поля 1—2 — вторичные сенсорные поля.
- В области 8, имеется проекция кожной чувствительности противоположной стороны тела от тактильных, болевых, температурных рецепторов, интероцептивной чувствительности и проприоцептивной чувствительности

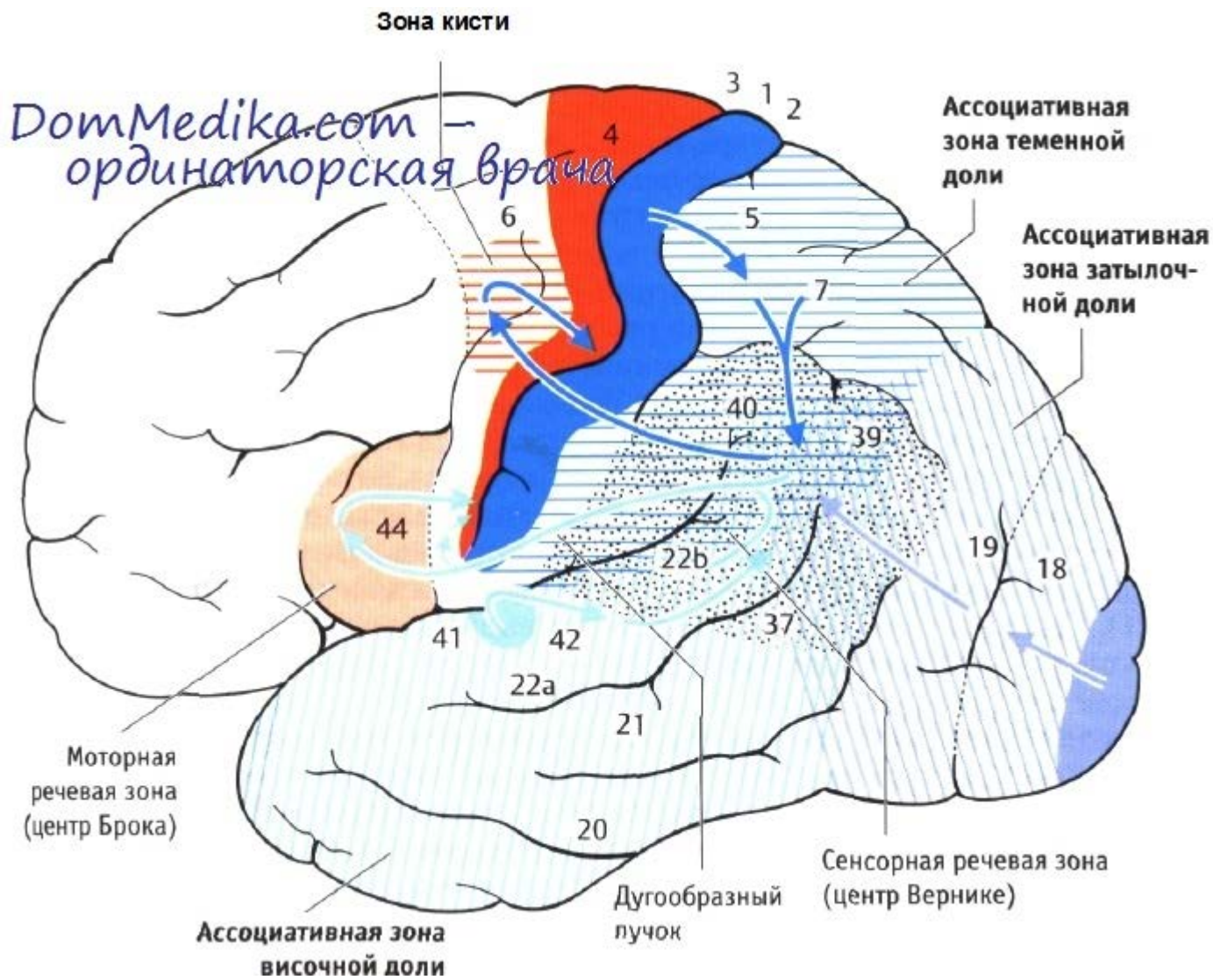


Обработка сенсорной информации МОЗГОМ

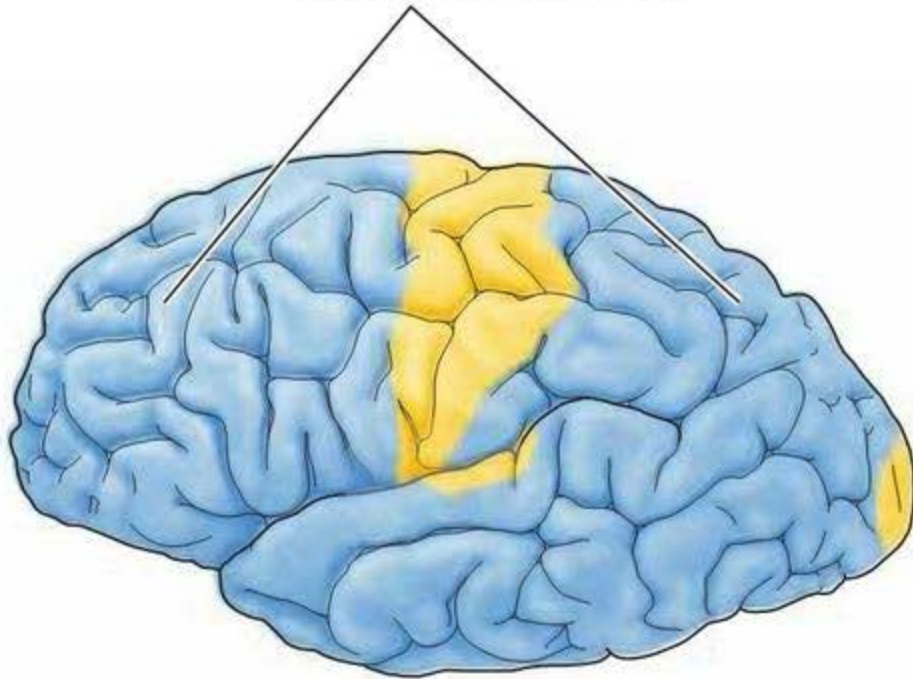


**Органы чувств помогают человеку
воспринимать окружающий мир.**

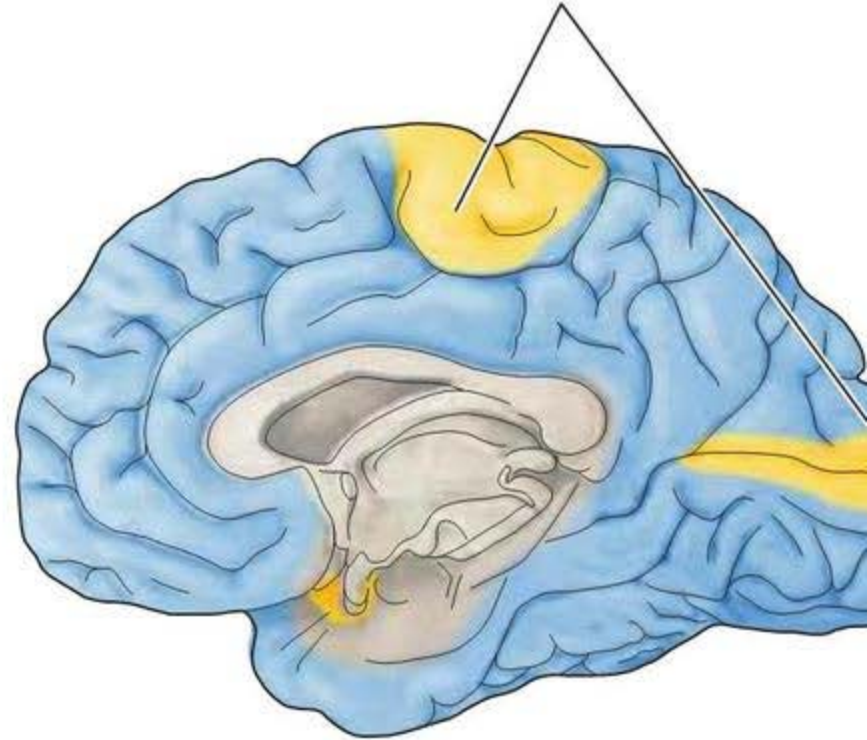
- Каждое ощущение – это вид информации
- Ощущения – «пища» нервной системы
- Нервная система использует ее, генерирует определенные ответы и с их помощью управляет телом и мышлением в соответствии с этой информацией.
- Каждая мышца, сустав, жизненно важный орган, кусочек кожи, орган чувств посылают в мозг сенсорные сигналы.
- Мозг нуждается в постоянном поступлении сенсорной информации, чтобы нормально развиваться и работать.



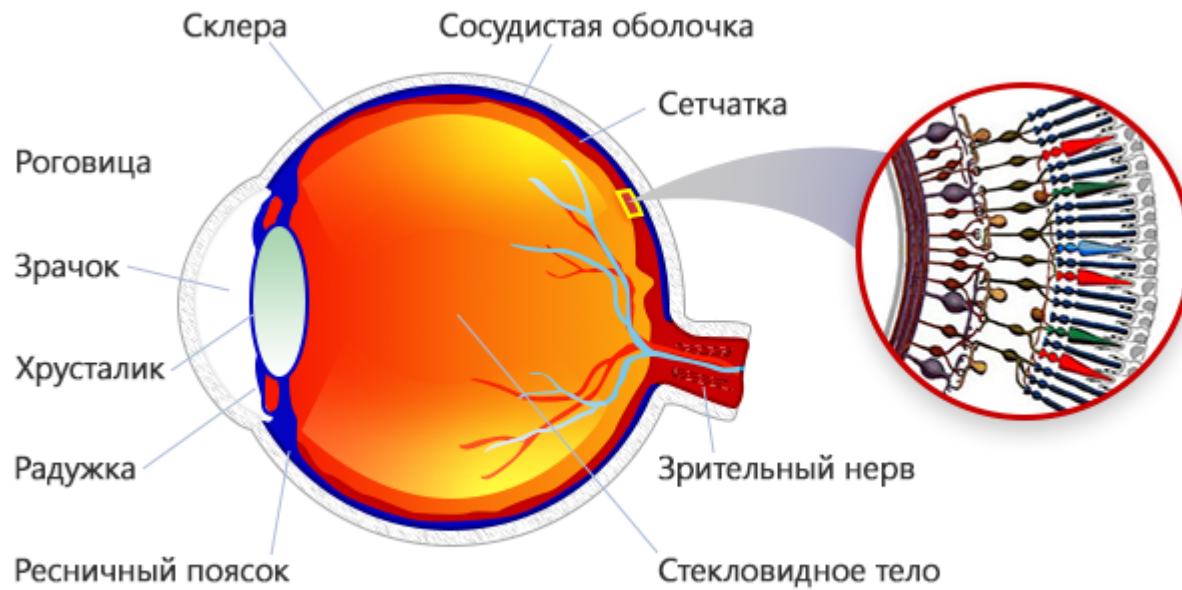
Association cortices



Primary sensory
and motor areas

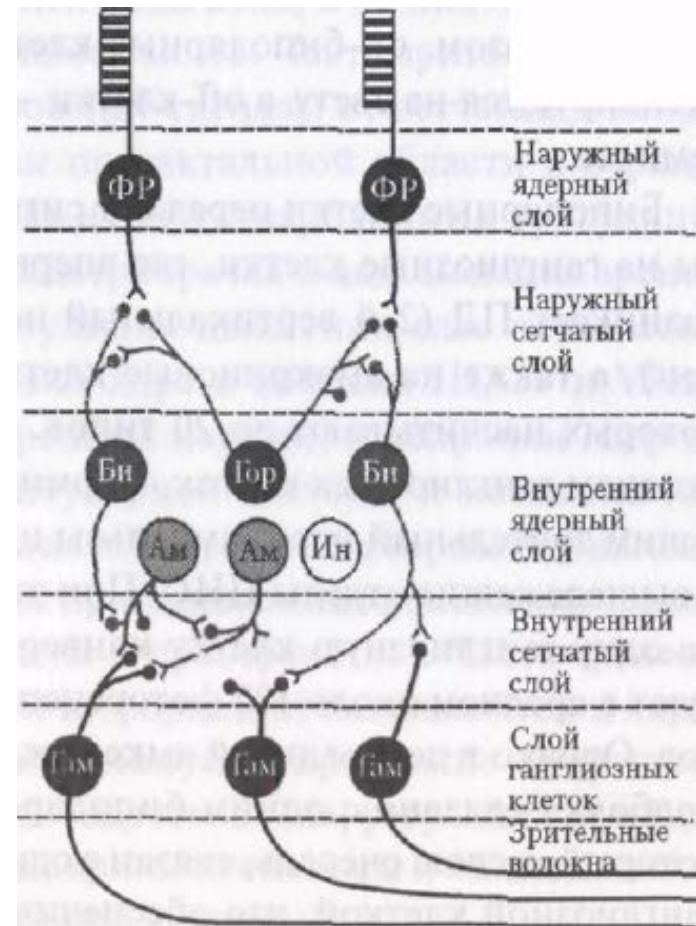


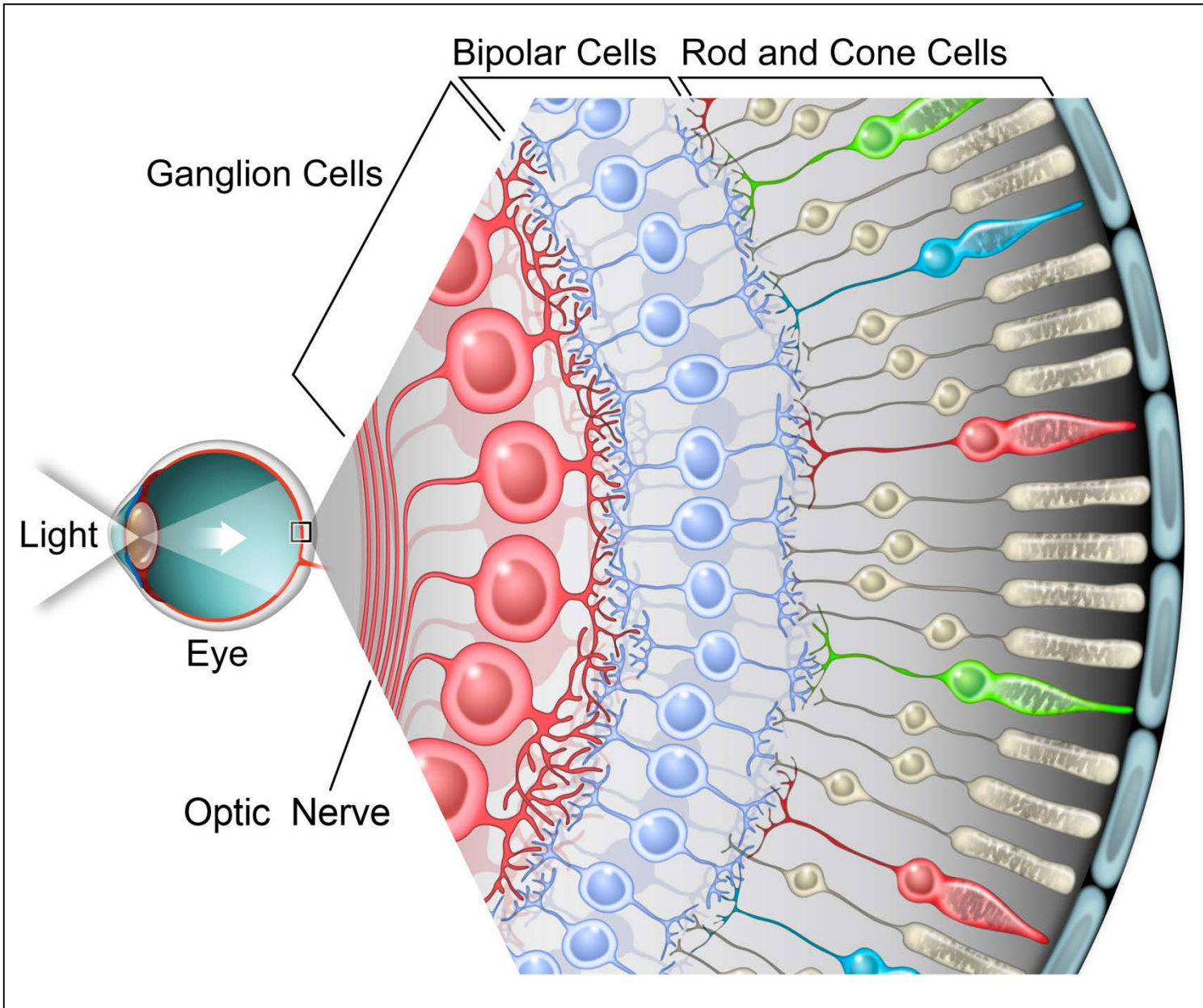
Система зрения



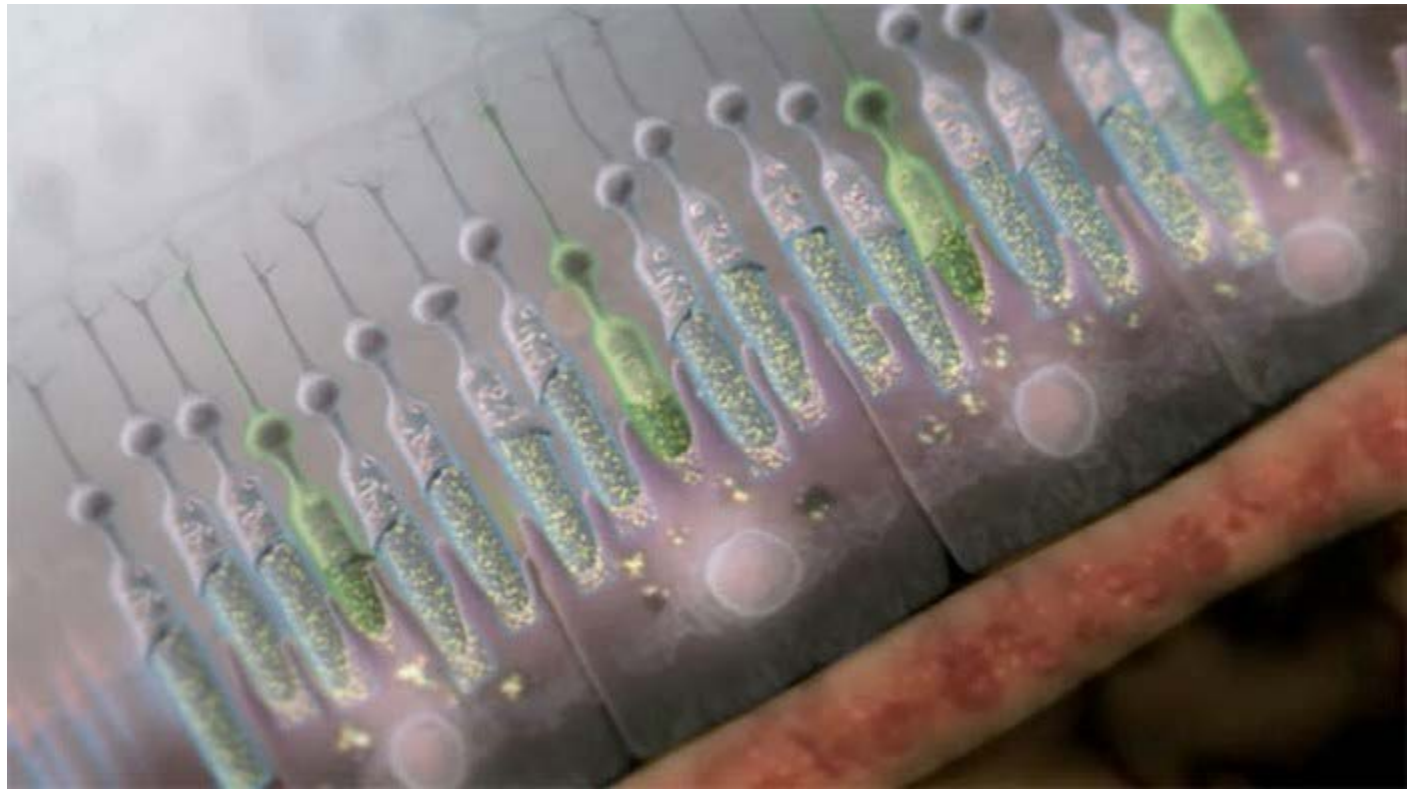
- *Система зрения* — это совокупность структур, обеспечивающих восприятие света (электромагнитных волн длиной 390—760 нм). Человек получает с ее помощью 80—90 % осознаваемой информации об окружающем мире

- Нейронная организация сетчатки (по W.D. Willis, 2004)





- ***Периферический отдел*** системы зрения — фоторецептор, локализующийся в глазу (орган зрения, который включает также часть проводникового отдела и вспомогательные структуры).

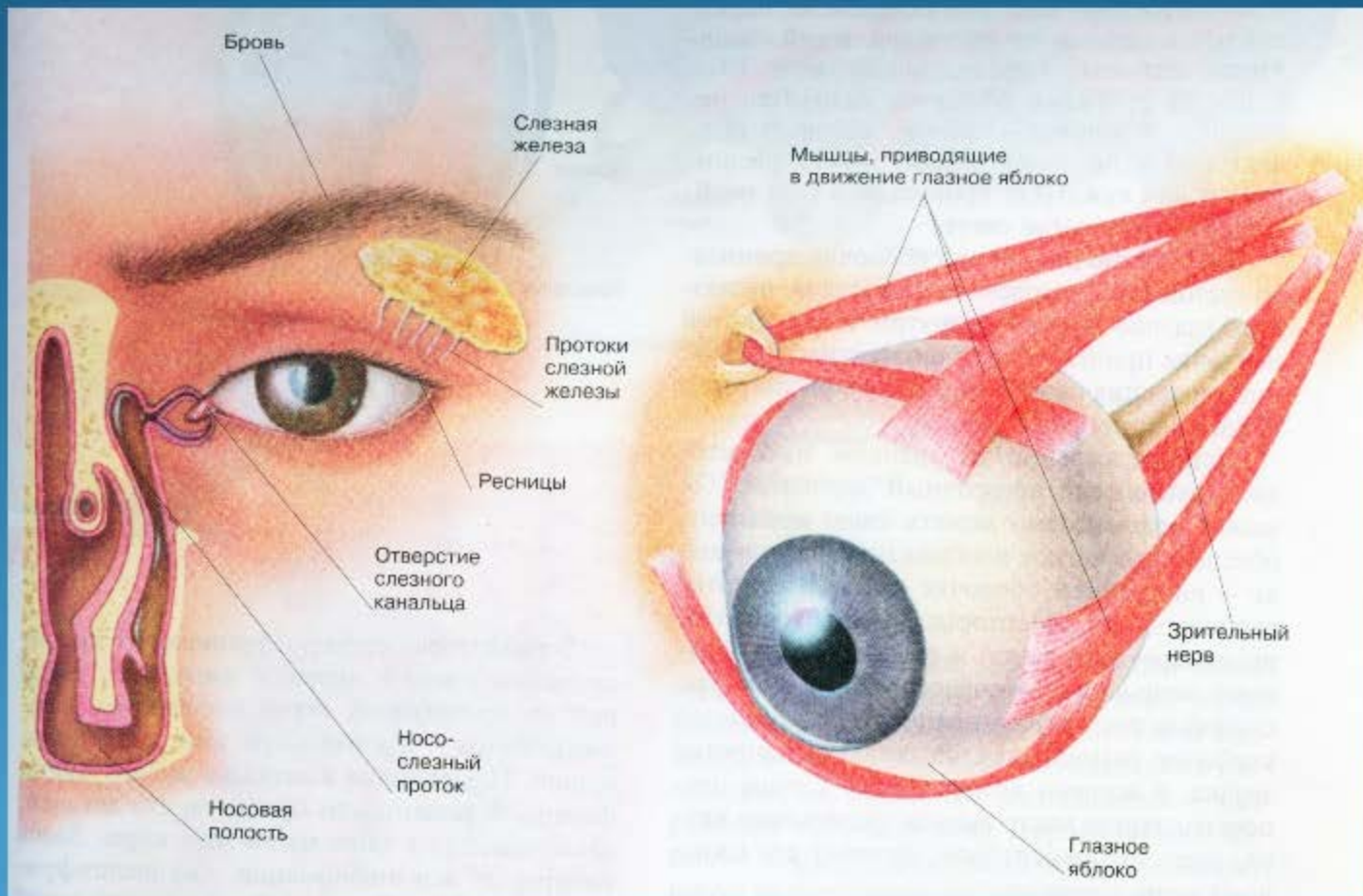


Вспомогательные структуры

- Оптическая система— слезная жидкость, роговица, водянистая влага, хрусталик, стекловидное тело. Обеспечивает фокусирование световых лучей на сетчатке и формирование в области ее центральной ямки перевернутого изображения рассматриваемых зрительных объектов.

Строение глаза человека

I Вспомогательные структуры глаза



Глазодвигательный аппарат —

- **наружные мышцы глазного яблока** (четыре прямые и две косые), подниматель верхнего века и орбитальная мышца;
- **внутренние мышцы глаза** обеспечивают фиксацию, поворот глаз и установку зрительных осей.

Защитные органы

- Включают:

- веки

- ресницы

- конъюнктива

- слезный аппарат

- фасции глазницы

Обеспечивают защиту глаз, увлажнение и питание роговицы.

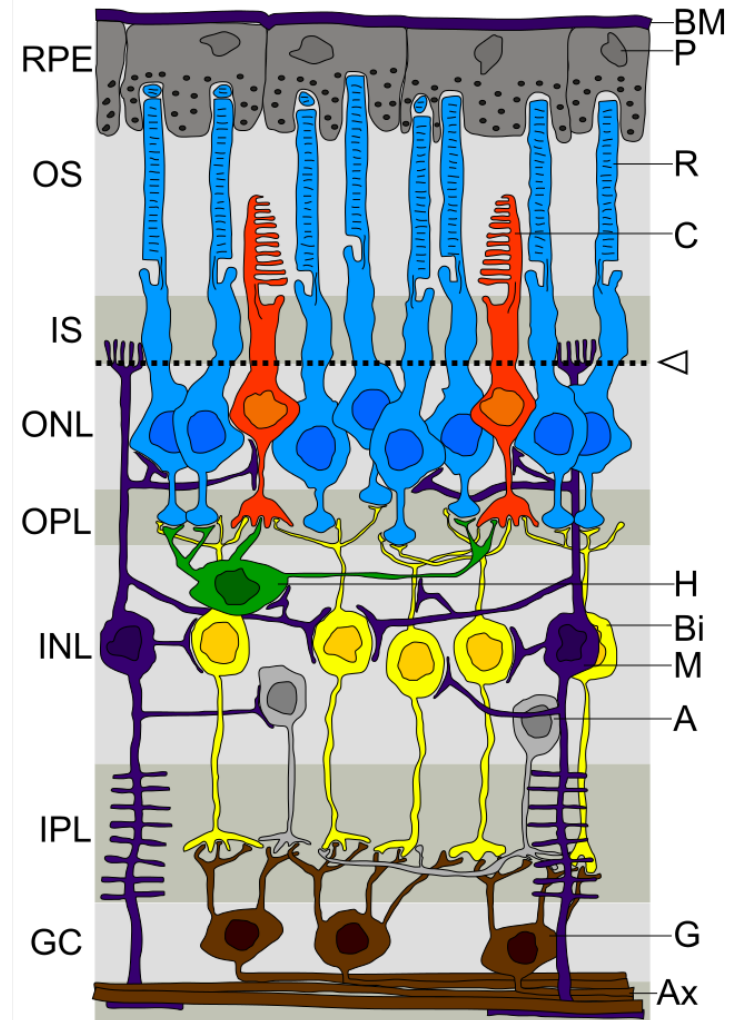
Рецепторный отдел

- состоит из четырех видов фоторецепторов: один вид палочек и три — колбочек.
- В каждом глазу насчитывается около 110—125 млн палочек (расположена на периферии сетчатки) и 6—7 млн колбочек.
- Палочки имеют более высокую световую чувствительность и обеспечивают сумеречное зрение, колбочки — дневное зрение.

- Слои 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](#)



Характеристика фотохимических процессов в рецепторах сетчатки

- **Зрительные пигменты** состоят из ретиналя (альдегид витамина А, 11-цис-изомер) и гликопротеида опсина. При поглощении квантов света 11-цис-ретиналь изомеризуется в трансретиналь, и белок родопсин переходит в активную форму — метародопсин II. В результате активируется внутриклеточный G-белок и закрывается часть каналов Na и Ca, что снижает вход Na и Ca²⁺ в клетку и ведет к гиперполяризации фоторецептора. **Гиперполяризация** — это РП, который вызывает снижение высвобождение из пресинаптической мембраны возбуждающего нейромедиатора глутамата. Последний обеспечивает передачу сигнала в биполярные клетки (1 -и нейрон) и на горизонтальные клетки.

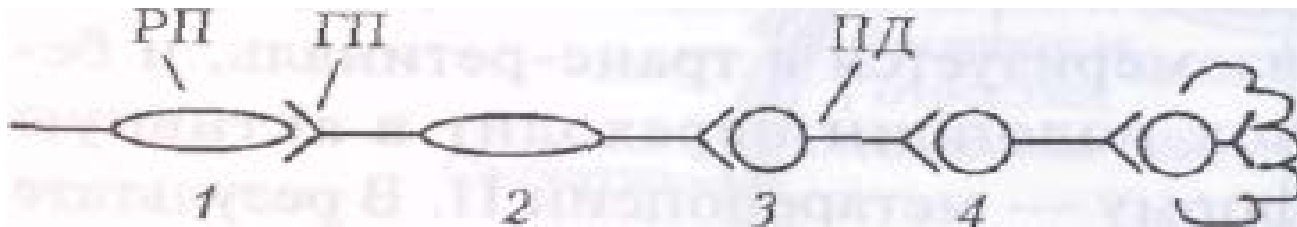
- Для восстановления исходной поляризации фоторепторов и их способности ответить на следующий световой стимул необходимо, чтобы вновь открылись ионные каналы клеточной мембраны, что осуществляется посредством других превращений, повышающих уровень цГМФ в гиалоплазме. цГМФ способствует открытию катионных каналов мембраны фоторецептора. Поступающие в рецептор Na^+ и Ca^{++} деполяризуют его мембрану, т.е. восстанавливают исходную поляризацию фоторецептора.
- При недостатке в организме витаминов (А, В1, В2, С), особенно витамина А или его предшественника — β -каротина, может развиваться гемералопия («куриная слепота») — нарушение темновой адаптации и, соответственно, снижение ночного и сумеречного зрения.

Проводниковый отдел

- обеспечивает доставку информации в корковый отдел и ее обработку в центрах ствола мозга и промежуточного мозга (на «станциях переключения»), среди которых особо важную роль играет таламическая область.

Нейронная организация системы зрения:

- 1 — рецептор (вторичный), сетчатка;
- 2 — биполярная нервная клетка, сетчатка;
- 3 — ганглиозная нервная клетка, сетчатка;
- 4 — нейрон латерального коленчатого тела;
- *РП* — рецепторный потенциал;
- *ГП* — генераторный потенциал;
- *ПД* — потенциал действия;
- *КБМ* — кора большого мозга (затылочная доля)



- ***В центральном (корковом) отделе системы зрения*** осуществляется слияние изображений от сетчатки обоих глаз в единое целое, что улучшает восприятие глубины пространства.
- В центральный (корковый) отдел системы зрения информация сначала поступает в первичную зрительную кору (поле 17), затем — во вторичную (поля 18 и 19). С помощью первичной зрительной коры (основная часть поля 17) формируются ощущения яркости, контрастности, цвета, детальный анализ формы неподвижных предметов, элементарный анализ движения. Вся информация от полей 17, 18 и 19 направляется в третичные ассоциативные зоны коры: лобные и теменно-височные. Здесь осуществляется тонкий анализ образов, цвета, движений предметов, формируется зрительное внимание, перемещение взгляда, узнавание знакомой обстановки и знакомых лиц, а также слуховые раздражители.

- Раздражение этих полей вызывает зрительные галлюцинации, навязчивые ощущения, движение глаз. Совместная работа первичной зрительной коры, вторичной и ассоциативной коры (третичная зона для всех анализаторов) обеспечивает распознавание всех зрительных объектов, зрительное внимание, выполнение целенаправленных действий под зрительным контролем.

Механизмы глаза, обеспечивающие ясное зрение в различных условиях

- При рассматривании разноудаленных от наблюдателя объектов включаются несколько механизмов, главным из которых является аккомодация.
- **Аккомодация** ~ это процесс сохранения изображения объекта на сетчатке глаза за счет изменения преломляющей силы хрусталика.
- Степень аккомодации с возрастом уменьшается (в 10 лет она составляет — 14 диоптрий (Д), в 20 лет — 10 Д, в 40 лет — 5 Д, 60 лет -1 Д) вследствие снижения эластичности хрусталика.

Центральное зрение

- Наиболее тонкая оценка мелких деталей предмета (наибольшая острота зрения) обеспечивается в том случае, если изображение предмета попадает в центральную ямку сетчатки глаза. *Острота зрения* определяется наименьшим углом зрения, при котором глаз еще способен раздельно воспринимать две светящиеся точки. В норме он составляет 1 мин.

- **Периферическое зрение** обеспечивает видение крупных объектов, что объясняется большим полем зрения (видимое пространство при фиксированном взоре). Поле зрения одного глаза для объекта белого цвета составляет: кнаружи — 90° , кверху — 55° , книзу — 60° . Хроматические поля зрения уже, чем ахроматические, что объясняется особенностями расположения палочек и разных видов колбочек в сетчатке.
- Используется также произвольное движение глаз, как при чтении — перевод взора с одной точки на другую.
- Восприятию движущихся объектов способствуют следующие содружественные движения глаз.
- *Произвольные движения глаз* со скоростью движения объекта влево, вправо, вверх, вниз осуществляются благодаря содружественной деятельности глазодвигательных мышц. Эти движения глаз дополняются движениями головы (поворот, наклон).
- *Плавные, произвольные следящие движения глаз* за перемещающимся в поле зрения объектом, обеспечивающие совмещение изображения на сетчатке с центральной ямкой с точностью до 2° (фиксационный рефлекс). Эти движения глаз дополняются *быстрыми произвольными движениями* (скачкообразными мелкими — саккадами), обеспечивающими коррекцию совмещения изображения на сетчатке с центральной ямкой.
- При оценке неподвижного предмета и фиксации взора предотвращается адаптация фоторецепторов с помощью *быстрых произвольных постоянных содружественных движений глаз* (типа незаметной мелкой вибрации — мелкие саккады). Это превращает постоянный раздражитель в прерывистый, так как световые лучи быстро смещаются от одних рецепторов сетчатки на другие, а поэтому их адаптация не успевает произойти.

Цветовое (хроматическое) зрение

- это способность зрительной системы дифференцировать электромагнитные световые волны по их длине с формированием ощущения цвета.
- Каждый цвет имеет три характеристики:
 - **насыщенность** (обеспечивается содержанием в нем чистого тона),
 - **яркость** (зависит от примеси белого)
 - **тон** (определяется длиной волны чистого спектрального цвета, с которым рассматриваемый цвет).

Цветовые оттенки возникают в результате смешения семи чистых тонов спектра.

Цветовая адаптация наиболее выражена к сине-фиолетовым волнам. Восприятие цвета имеет не только эстетическое, но и чисто физиологическое значение — различные цвета оказывают существенное влияние на организм.

Красный цвет вызывает ощущение тепла, действует возбуждающе на психику, усиливает эмоции, но быстро утомляет, приводит к напряжению мышц, повышению АД, учащению дыхания.

Оранжевый цвет вызывает чувство радости и благополучия, способствует пищеварению.

Желтый цвет создает приподнятое настроение, стимулирует зрение и нервную систему — словом, самый «веселый» цвет.

Зеленый цвет действует освежающе и успокаивающе, благоприятен при бессоннице, переутомлении, понижает АД, общий тонус организма — это самый благоприятный цвет для человека.

Голубой цвет вызывает ощущение прохлады и действует успокаивающе на нервную систему, причем сильнее зеленого цвета (особенно благоприятен голубой цвет для людей с повышенной нервной возбудимостью); он больше, чем зеленый цвет, понижает АД и тонус мышц.

Фиолетовый цвет не столько успокаивает, сколько расслабляет психику.