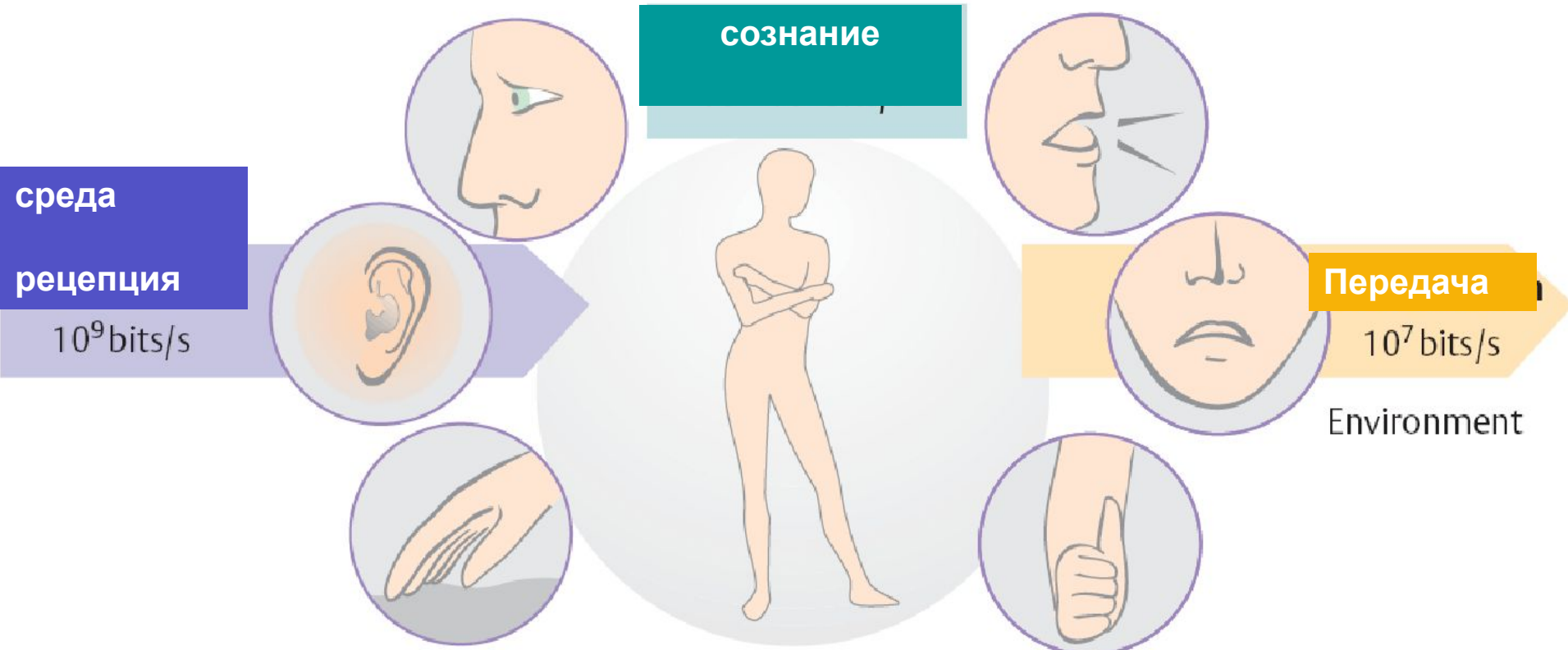


# Сенсорные систем. Общие принципы функционирования анализаторов



Франкен Франс (младший). Пять чувств  
(1620, частное собрание)

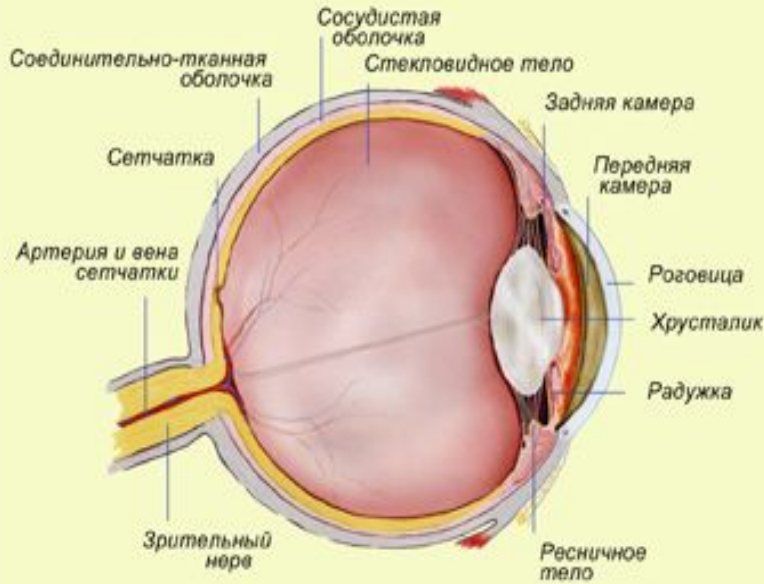
# Рецепция, чувственное восприятие и передача информации



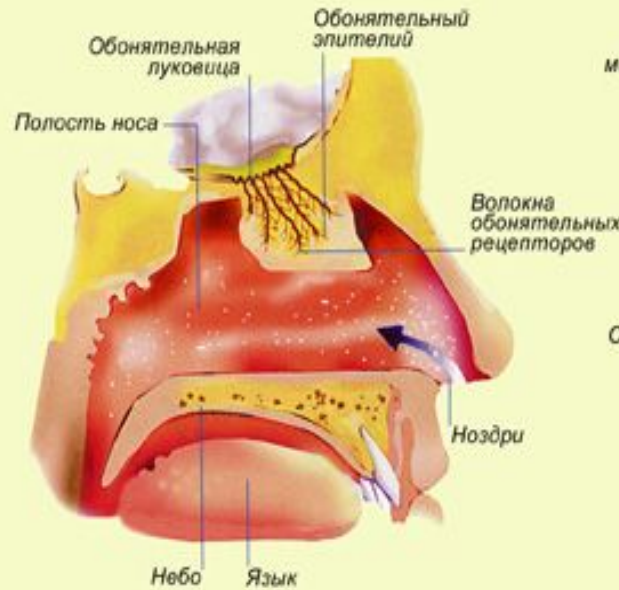


# ОРГАНЫ ЧУВСТВ

## ОРГАН ЗРЕНИЯ



## ОРГАН ОБОНЯНИЯ



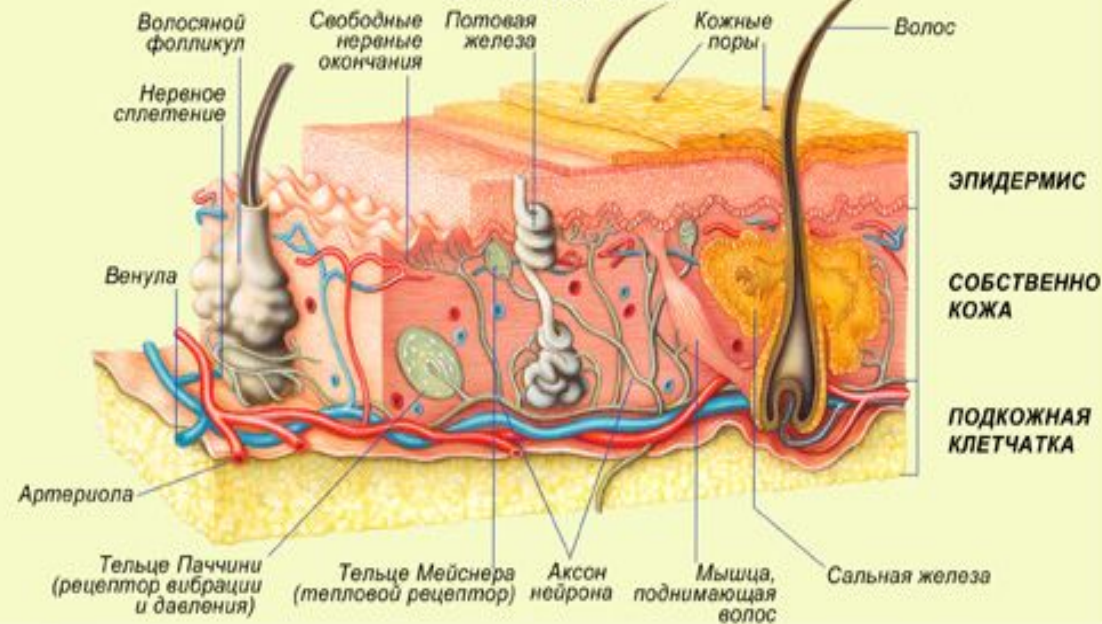
## ОРГАН ВКУСА



## ОРГАН СЛУХА И РАВНОВЕСИЯ



## СТРОЕНИЕ КОЖИ



- 1. Понятие об органах чувств и сенсорных системах**
- 2. Функциональная организация сенсорных систем и его функции**
  - 2.1. Периферический (рецепторный) отдел**
  - 2.2. Проводниковый отдел сенсорных систем и его функции**
  - 2.3. Кортикальный отдел сенсорных систем**
  - 2.4. Основные свойства анализаторов**
- 3. Кодирование информации в различных отделах сенсорных систем**
- 4. Регуляция функций сенсорных систем**
- 5. Методики исследования сенсорных систем**

# **1. Понятие об органах чувств и сенсорных системах.**

# АНАЛИЗАТОРЫ (СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ)

- связь и приспособление к непрерывно меняющимся условиям окружающей внешней среды
- информация о состоянии внешней и внутренней сред
  - формирование представлений и образов,
  - а также специфических форм приспособительного поведения

- **Анализатор** – совокупность центральных и периферических образований, воспринимающих и анализирующих изменения внешней и внутренней сред организма.
- **Орган чувств** – периферическое образование, воспринимающее и частично анализирующее факторы окружающей среды:
  - **рецепторы** – восприятие и кодирование сигналов различной модальности в электрический импульс
  - **вспомогательные структуры** – оптимизация восприятия.

Например, орган зрения состоит из

- глазного яблока, сетчатой оболочки, в составе которой имеются зрительные рецепторы, и
- ряда вспомогательных структур: век, мышц, слезного аппарата.

**Сенсорная система** – анализатор + механизмы регуляции различных его отделов с помощью прямых и обратных связей.

Совокупность ощущений, обеспечиваемых каким-либо одним анализатором, обозначают термином **модальность** (различные качественные типы ощущений).

**Модальностями** являются

- зрение,
- слух,
- вкус.

Качественные типы модальности

- зрения - различные цвета,
- вкуса - кислое, сладкое, соленое, горькое.



# Классификация анализаторов

Классическое представление:

- пять чувств у человека: зрение, слух, вкус, обоняние и осязание

В реальной действительности их больше

- чувство осязания
  - спектр осязания: чувство давления, вибрации, щекотки, температуры, мышечное чувство
- ощущения голода, жажды, половой потребности (либидо)  
→ обусловлены мотивационным состоянием
- ощущение положения тела в пространстве
- ощущение боли
- эмоционально окрашенные ощущения, связанные с изменениями во внутренних органах (напр., коронароспазм - чувство тоски, уныния).

# Классификация анализаторов по их функциональной роли

1. **Внешние анализаторы** (изменения внешней среды → ощущения)
  - зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, тактильный и температурный анализаторы
2. **Внутренние (висцеральные) анализаторы** (изменения внутренней среды организма)
  - колебания в пределах физиологической нормы
    - не воспринимаются субъективно в виде ощущений,
  - изменение некоторых констант внутренней среды
    - эмоционально окрашенные ощущения
      - поведенческие реакции
        - осморецепторы - жажда – питьевое поведение;
        - хеморецепторы – голод – пищевое поведение,
        - обонятельные рецепторы – ВНО – половое поведение

### **3. *Анализаторы положения тела***

- положение тела в пространстве и частей тела друг относительно друга
- вестибулярный и двигательный (кинестетический) анализаторы

### **5. *Болевой анализатор***

- информирование организма о повреждающих действиях
- болевые ощущения могут возникать при раздражении как экстеро-, так и интерорецепторов.

# Роль внешних анализаторов

## **1. *Познание мира* - многоканальная система связи:**

- нарушения - затруднения в познании внешнего мира
- компенсаторная функция анализаторов при повреждении одного из них

## **2. *Приспособление организма к окружающей среде***

- высокая чувствительность к адекватному раздражителю
  - широкий диапазон восприятия
- дублирование и дополнение анализаторов
  - формирование представление как об отдельных качествах – цвете, консистенции, запахе, вкусе, так и о свойствах объекта в целом (целостный образ воспринимаемого объекта)

## **3. *Поддержание тонуса ЦНС***

- постоянная импульсация от периферических отделов анализаторов.

## **2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ**



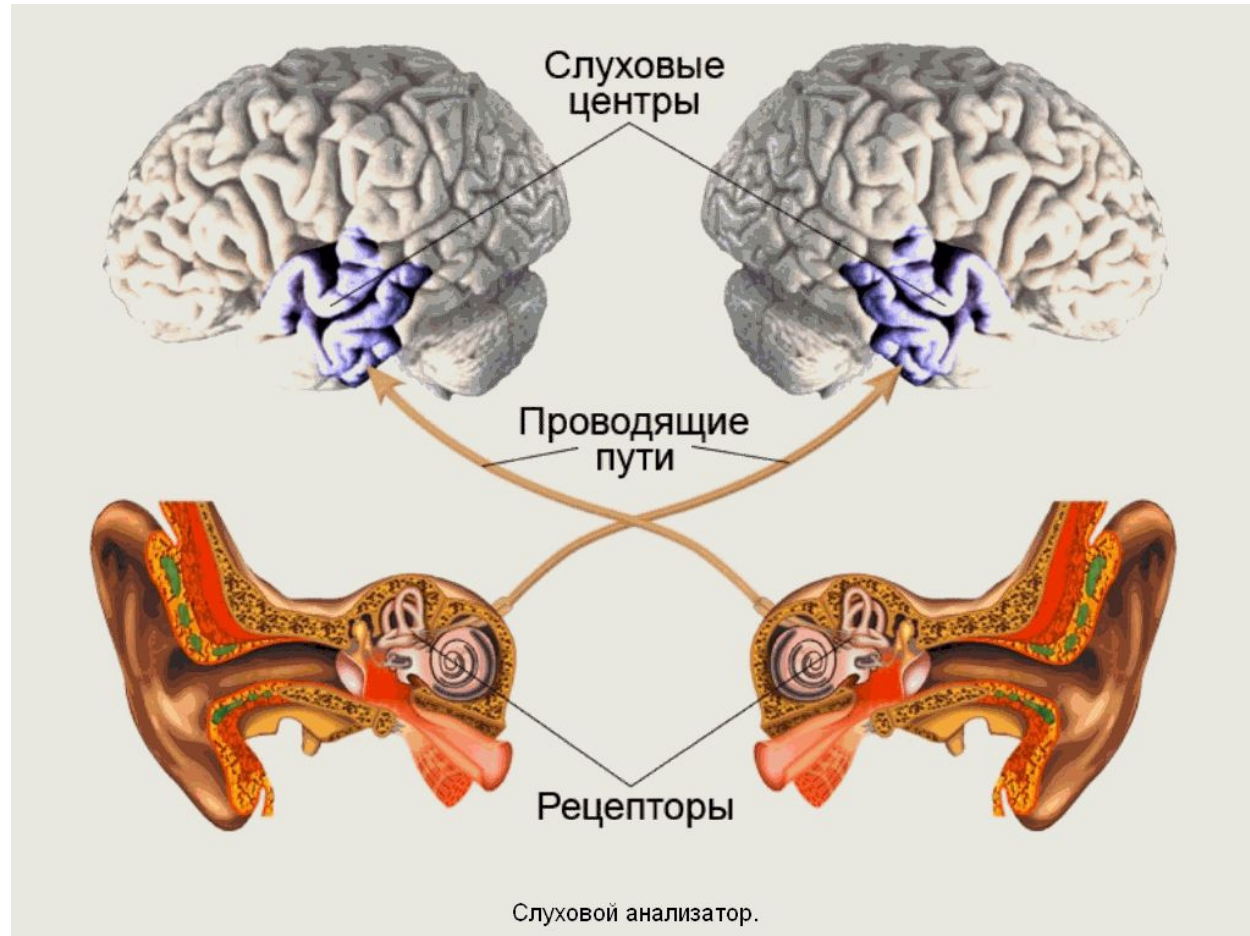
# Учение об анализаторах - И. П. Павлов (1909г.)

- **опыты И. П. Павлова:** удаление участков коры, наблюдение нарушений условно рефлекторных реакций
  - наличие в корковом отделе
    - первичных проекционных зон (ядерных зон) и
    - рассеянных элементов коры большого мозга.
- **впервые** – анализатор, как единая система, включающая
  - рецепторный аппарат (**периферический отдел**),
  - аффер. нейроны и проводящие пути (**проводниковый отдел**) и
  - участки коры, воспр-е аффер. сигналы (**центральный отдел**).
- **анализатор** – совокупность нейронов, участвующих в восприятии раздражений, проведении возбуждения, а

И.П.Павлов (1909) –  
заменял понятие органа чувств на анализатор

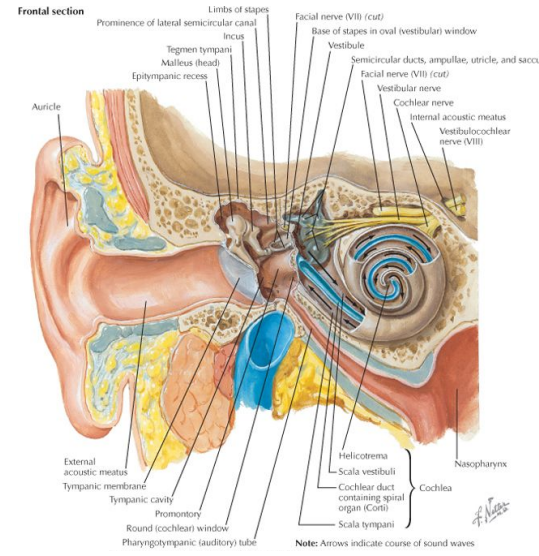
любой анализатор имеет три отдела:

- 1) периферический
- 2) проводниковый
- 3) центральный

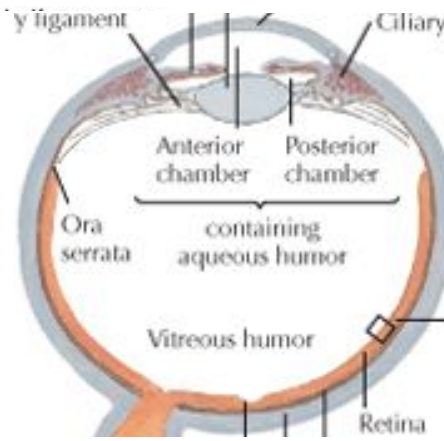
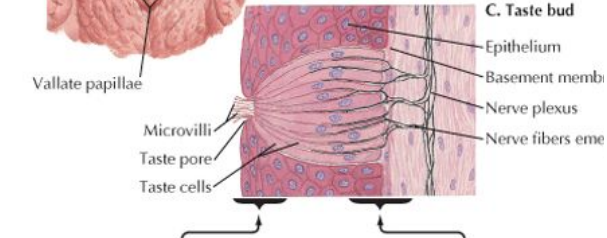
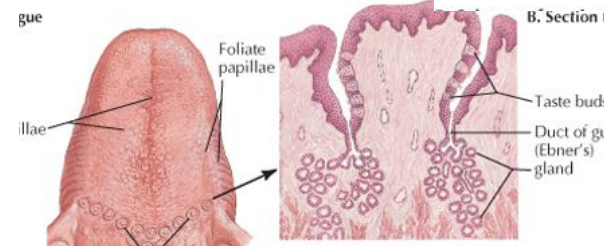
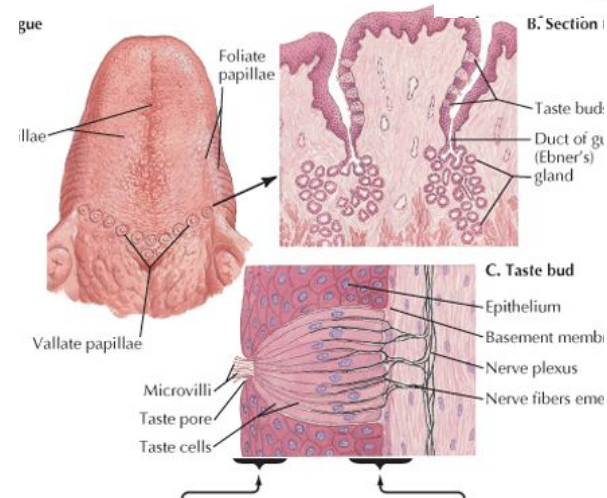
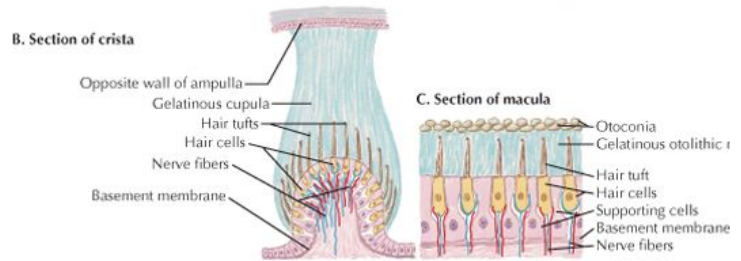
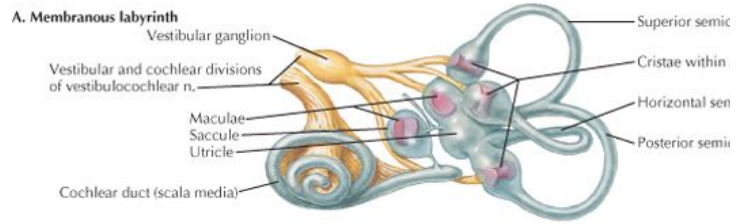
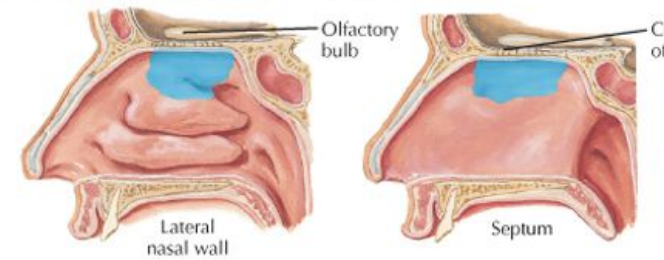


# 2.1. Периферический отдел А.

- представлен рецепторами
  - **восприятие** и первичный анализ сигналов (**различение** сигналов)
    - трансформации энергии раздражителя в нервный импульс,
    - усиление сигнала
  - специфичность чувствительности
    - способность воспринимать определенный вид раздражителя (адекватные раздражители)



A. Distribution of olfactory epithelium (blue area)



## Раздражители классифицируют

- по ***модальности*** (форме энергии)
  - механические, химические, тепловые, осмотические, световые, электрические и др.
- по отношению к порогу раздражения данного рецептора
  - **адекватные** и **неадекватные** раздражители
    - *адекватность раздражителя* - его пороговая интенсивность значительно ниже по сравнению *неадекватными*
      - например разница порогов светового и механического стимулов на рецепторы глаза – 13-14 порядков

## 2.2. Проводниковый отдел сенсорных систем и его функции

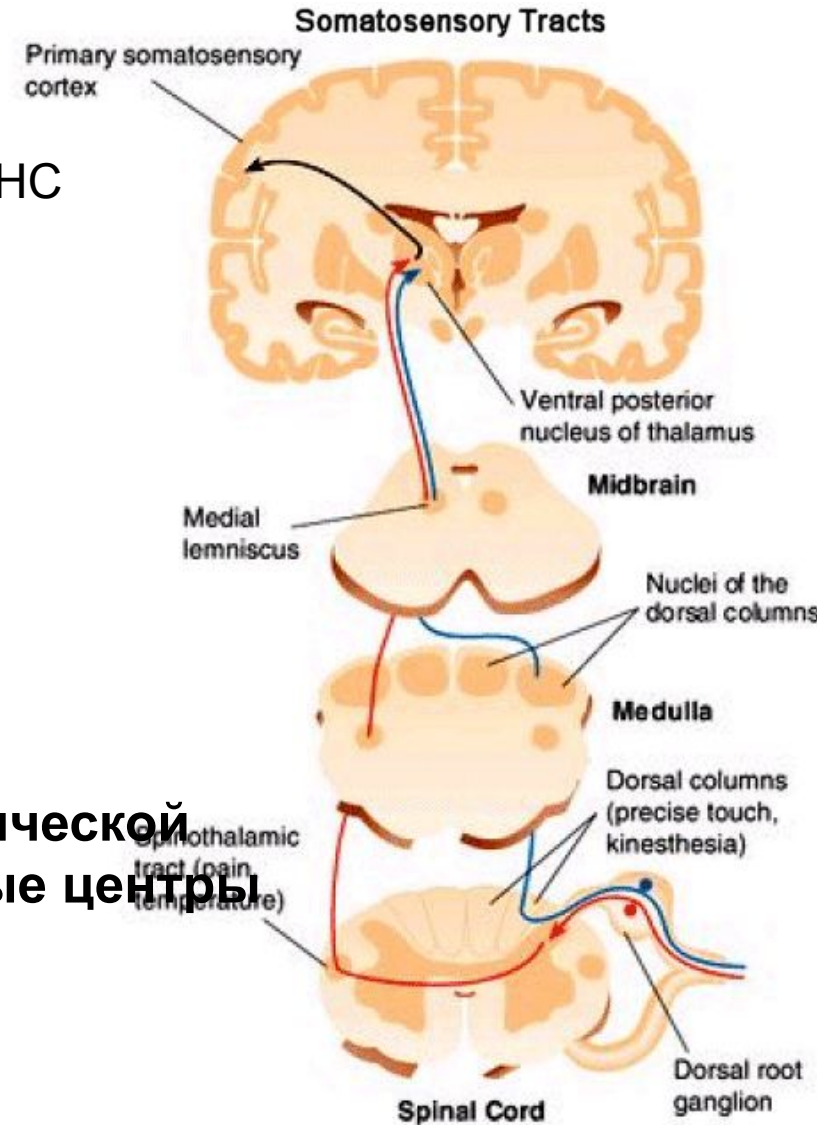
- частичная переработка информации
- проведение возбуждения от рецепторов в мозг:

### 1) *специфический проекционный путь*

- от рецептора по специфическим путям с переключением на различных уровнях ЦНС

### 2) *неспецифический путь* включает

- **ретикулярную формацию (РФ)**
  - к РФ конвергируют аффер. возбуждения от других анализаторов
  - афферентные возбуждения теряют специфические свойства (сенсорную модальность)
- **гипоталамус и другие отделы лимбической системы мозга, а также двигательные центры** (за счет коллатералей)
  - вегетат., эмоц. и двигат.компоненты сенсорных реакций.





## 2.3. Центральный, или корковый, отдел анализатора

### 1) центральная часть («ядро»)

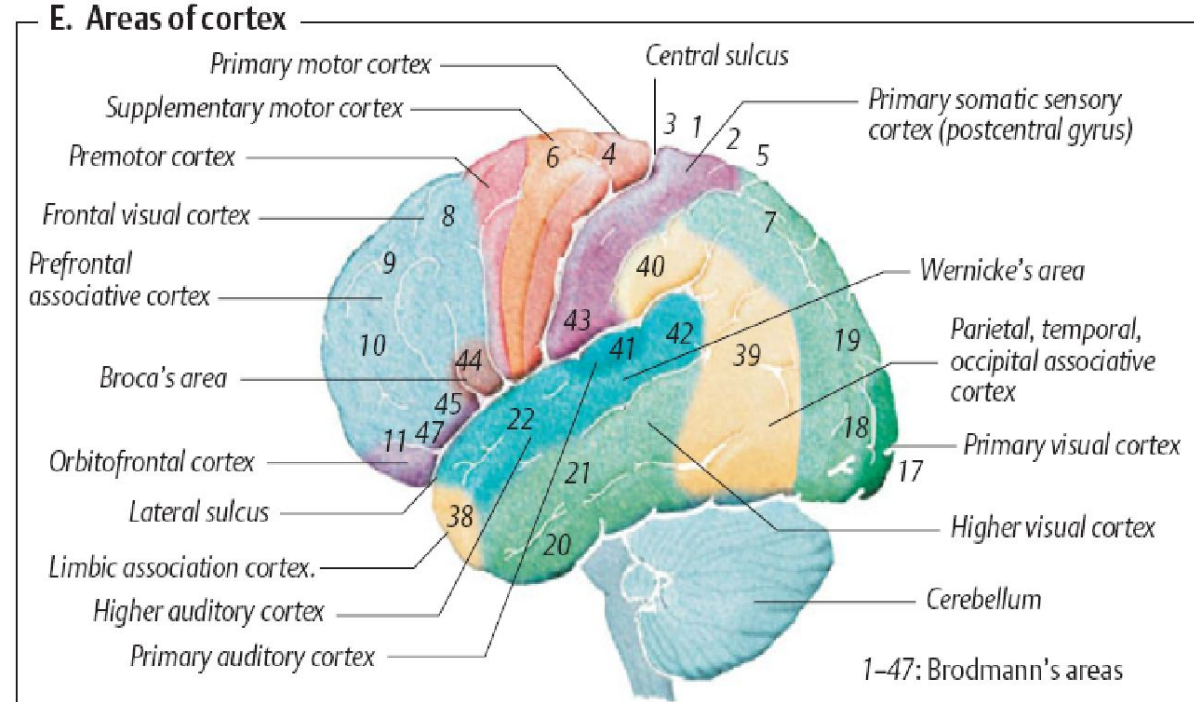
- специфические нейроны, перерабатывающими афферентную импульсацию от рецепторов

### 2) периферическая часть («рассеянные элементы»)

- нейроны, рассредоточенные по коре большого мозга.

### Корковые концы анализаторов – «сенсорные зоны»

- перекрывают друг друга,
- взаимодействие анализаторов, компенсация функций
- высший анализ и синтез афф. возбуждений,
- формирование представления об окружающей среде



## 2.4. Основные свойства анализаторов

1. Высокая чувствительность к адекватному раздражителю
2. Способность к адаптации
3. Инерционность
4. Доминантные взаимодействия сенсорных систем

# 1. **Высокая чувствительность к адекватному раздражителю**

- Критерии оценки

- *порог ощущения* (абсолютный порог)
- *порог различения* (дифференциальный порог, **Э.Вебер**)
  - различен у разных анализаторов,
  - различен на разных участках рецептивных полей
- *интенсивность ощущений* - при одной и той же силе раздражителя зависит от возбудимости самого анализатора на всех его уровнях
- **Г.Фехнер**: интенсивность ощущения прямо пропорциональна логарифму силы раздражения
  - напр., логарифмическая шкала оценки силы звука в дБ и возникающих ощущений от звуковых до болевых
- законы Вебера и Фехнера недостаточно точны, особенно при малой силе раздражения

## 2. **Способность к адаптации** (при постоянной силе длительно действующего раздражителя)

- ↓ абсолютной и ↑ дифференциальной чувствительности
- наиболее ярко проявляется на уровне рецепторов
  - изменение их возбудимости и импульсации,
  - изменение числа функционирующих рецепторных структур (*функциональной мобильности*, П.Г.Снякин)
  - быстро и медленно адаптирующиеся рецепторы
- в проводниковом отделе и коре
  - ↓ числа активированных волокон и нервных клеток
- роль эфферентной регуляции
  - нисходящие влияния из ЦНС
    - «настройка» сенсорных систем на оптимальное восприятие раздражителей в условиях изменившейся среды

### **3. Инерционность** – медленное возникновение и исчезновение ощущений

- **латентное время** ощущений определяется
  - латентным периодом возбуждения рецепторов и
  - временем перехода возбуждения с одного нейрона на другой
  - временем возбуждения РФ и генерализации возбуждения в коре
- **последствие** - сохранение ощущений после выключения раздражителя
  - циркуляция возбуждения в ЦНС



## Пример - зрительные ощущения

- латентный период  $\approx 0,1$  с, время последействия  $\approx 0,05$  с
- **феномен «слияние мельканий»** – ощущение непрерывного света в результате последовательных световых раздражений
  - макс. частота вспышек, воспринимаемых еще отдельно, – *критическая частота мельканий* ( $\approx 20$  в 1 с)
- **«фи-феномен»** – ощущение движения объекта при последовательном проецировании неподвижных стимулов на разные участки сетчатки
- «слияние мельканий» и «фи-феномен» – в основе кинематографии:
  - зрительное ощущение от одного кадра длится до появления другого - иллюзия непрерывного движения (18- 24 кадра в с).

## 4. Доминантные взаимодействия сенсорных систем

- влияние возбуждения одной системы на возбудимость другой
- может проявляться на различных уровнях
  - ретикулярная формация,
  - кора большого мозга
    - нейроны коры обладают способностью отвечать на сложные комбинации сигналов разной модальности
      - важно для познания организмом окружающей среды и оценки новых раздражителей.

Примеры:

- аудиоаналгезия
- ухудшение зрительного восприятия при шуме
- повышение восприятия громкости звука при ярком свете

# **3. Кодирование информации в различных отделах сенсорных систем**

**Кодирование** – процесс преобразования информации в условную форму (код), удобную для передачи по каналу связи.

- Раздражитель → рецепторный потенциал →- выделение медиатора → генераторный потенциал → нервный импульс в афферентном нервном волокне → медиатор → потенциал действия следующего нейрона и т.д.
- на всех уровнях анализаторов не происходит восстановления стимула в его первоначальной форме
  - отличие физиологического кодирования от технических систем связи (сообщение восстанавливается в первоначальном виде)

# Коды нервной системы

- на основе **недвоичных** кодов
  - большее число комбинаций
- универсальный код НС – **нервные импульсы**
  - содержание информации определяется
    - частотой импульсов,
    - объединением их в пачки,
    - числом импульсов в пачке,
    - интервалами между пачками
- **химический код** – различные медиаторы
- для хранения информации в ЦНС
  - кодирование на основе *структурных изменений* в нейронах (механизмы памяти).

# Кодируемые характеристики раздражителя

- В анализаторах кодируются
  - **качественная** характеристика раздражителя
    - вид:, например, свет, звук
  - **сила** раздражителя,
  - **время** его действия,
  - **пространство**
    - место действия раздражителя на организм и локализация его в окружающей среде.
- принимают участие все отделы анализатора.

## В периферическом отделе анализатора

- **кодирование качества раздражителя**
  - за счет специфичности рецепторов
- **кодирование силы раздражителя**
  - частота имп. при изменении силы (**частотное кодирование**)
  - изменение числа возбужденных рецепторов
  - величиной латентного периода и временем реакции
- **пространство** на теле кодируется
  - величиной площади возб. рецепторов (**пространственное кодирование**)
  - действие раздражителя под определенным углом
- **время действия раздражителя**
  - возбуждение с началом действия раздражителя и прекращение сразу после выключения действия раздражителя (**временное кодирование**)
  - наличие **on-, off- и on-off-рецепторов**

# В проводниковом отделе анализатора кодирование

- **только в синапсах**
  - «пачки» импульсов с разл. интервалами, числом импульсов, разл. интервалами между «пачками»
  - в нервном стволе ↑ или ↓ числа возбужденных нервных волокон
- по мере поступления импульсов к вышележащим отделам ЦНС → ↓ частоты разрядов нейронов (короткие «пачки» импульсов)
- **on-off нейроны**,
- нейроны- «детекторы» - избирательность к параметрам стимула
- **дублирующие** нейроны
- **торможение** (фильтрация и дифференциация сенсорной информации)
  - устранение несущественных, избыточных сигналов (↓шум)
    - за счет разновидностей торможения (латеральное, возвратное)



## **В корковом конце анализатора**

- **частотно-пространственное кодирование**

- ансамбли нейронов и их связи с определенными видами рецепторов
- импульсы поступают с определенными интервалами
- перекодирование в структурные и биохимические изменения в нейронах

**Анализ** – с помощью ощущений –

- качественное различение раздражителей (свет, звук и др.)
- определение силы, времени и места д-я раздражителя,
- определение локализации раздражителя в пространстве

## **Синтез**

- узнавание известного предмета, явления или
- формирование образа нового предмета, явления
  - взаимодействие нескольких анализаторов
  - сличение со следами памяти о подобных образах
  - механизмы долговременной памяти.

Итак, процесс передачи сенсорного сообщения сопровождается

- многократным перекодированием и
- завершается высшим анализом и синтезом в корковом отделе анализаторов
- после этого реализуется выбор или разработка программы ответной реакции организма

# Опыт Стратона с линзами, переворачивающими изображение

- перевернутое изображение на сетчатке
- тактильный и зрительный опыт новорожденного
- Опыт Стратона
  - надел очки с линзами:
    - окружающий мир перевернулся «вверх ногами»
    - через 8 дней сравнения тактильных и зрительных ощущений Стратон стал воспринимать все вещи и предметы как обычно
    - снял очки-линзы - мир снова «перевернулся»
    - нормальное восприятие вернулось через 4 дня.

## **4. Регуляция функций сенсорных систем**

# Регуляция деятельности анализаторов

## *Центральные механизмы регуляции*

- чаще имеют тормозной характер
  - **латеральное торможение** - ограничение рецептивных полей
    - латеральное пресинаптическое торможение – ослабление боли
  - **возвратное торможение** контролирует усиление реакции нейрона
- угнетение сенсорной функции наблюдается при длительной **эмоционально-напряженной деятельности**
- **психологическая настройка** – изменяет разрешающую способность анализатора
  - сосредоточение внимания, определенная установка
- ↑ возбудимость рецепторов СНС и КА

- **Местные механизмы саморегулирования афферентного потока от рецепторов**

- *латеральное торможение* на периферии за счет
  - разветвления чувствительных волокон и
  - перекрытия соседних рецептивных полей, образующих горизонтальные связи между рецепторами
- гуморальные компоненты - напр., АТФ
- *вспомогательные механизмы регуляции* активности рецепторов без изменения их возбудимости
  - расширение или сужение зрачка → изменение акт. рецепторов сетчатки за счет величины свет. потока;
  - изменение натяжения барабанной перепонки и фиксация слуховых косточек → изменяют число возбужденных слуховых рецепторов.

## 5. Методические подходы к исследованию сенсорных систем

- *объективный подход*
  - регистрация параметров различных показателей деятельности анализаторов
    - электрическая импульсация в проводниковом отделе
    - электромиография глазодвигательных мышц
    - электроэнцефалография
    - ольфактометрия
    - термометрия
    - аудиометрия
    - определение остроты зрения, полей зрения и пр.
- *субъективный (психофизиологический) подход*
  - изучение ощущений и представлений, возникающих у испытуемого, с учетом его собственного опыта и опыта других лиц
    - опрос испытуемого о возникающих у него ощущениях при действии на организм различных раздражителей.



# ОСОБЕННОСТИ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ СТАРЕЮЩЕГО ОРГАНИЗМА

## Зрительный анализатор

- макс. активность в возрасте 17-20 лет, после чего ↓
  - ↓ эластичность хрусталика, ослабляются цилиарные мышцы → ограничение аккомодации – дальнозоркость (пресбиопия)
  - ↓ преломляющая сила сред глаза
  - в стекловидном теле появляются светонепроницаемые тельца (проплывающие черные точки)
  - ангиогенез в сетчатке - очаги экссудации и кровоизлияний
  - ↓ скорость и выраженность сужения зрачка при действии яркого света и аккомодации глаза
  - ↓ критическая частота мельканий
  - ↓ контрастная чувствительность

## Слуховой анализатор

- в 35-40 лет острота слуха снижается примерно на 10 %
- ухудшается восприятие высоких тонов:
  - в 30 лет люди реагируют на звуковые колебания до 16—20 кГц,
  - в 35 лет — до 15,
  - в 65 лет — до 10 и
  - к 80 годам — лишь до 5 кГц.
- после 55 лет ухудшается проводимость звука в связи
  - с уменьшением эластичности барабанной перепонки и базальной мембраны улитки,
  - со снижением подвижности слуховых косточек
- изменения развиваются в звуковоспринимающей части анализатора
  - развитие атрофических процессов в кортиевом органе и спиральном ганглии улитки
- различные нарушения слуха - старческая тугоухость (пресбиокузия), выявляются обычно
  - в 65 лет – 74 года у 13 %,
  - после 75 лет – у 26 % людей
  - значительные изменения слуха в старческом возрасте выявляются
    - обычно лишь у 10 %, а
    - серьезное ослабление слуха — у 2 % лиц, когда уже затруднены понимание разговорной речи и пользование телефоном.

## **Вкусовая и обонятельная чувствительность**

- с возрастом меняется в меньшей степени, чем зрение и слух
- но...для получения выраженных ощущений сладкого, необходимо в чашку чая добавлять значительно больше сахара, чем в молодом возрасте
- изменения связаны при этом
  - с уменьшением числа рецепторных клеток,
  - с преобразованиями высших отделов этих сенсорных систем.

## **Кожная чувствительность**

- преобразуется в соответствии с развитием в коже структурных изменений
- после 60 лет в связи с уменьшением числа функционирующих сосудов
  - развиваются дистрофические изменения нервных окончаний
    - в результате чего заметно снижается тактильная, особенно вибрационная чувствительность
    - достоверных данных о существенном снижении болевой и температурной чувствительности не получено.