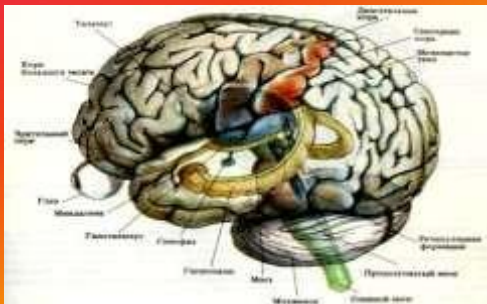




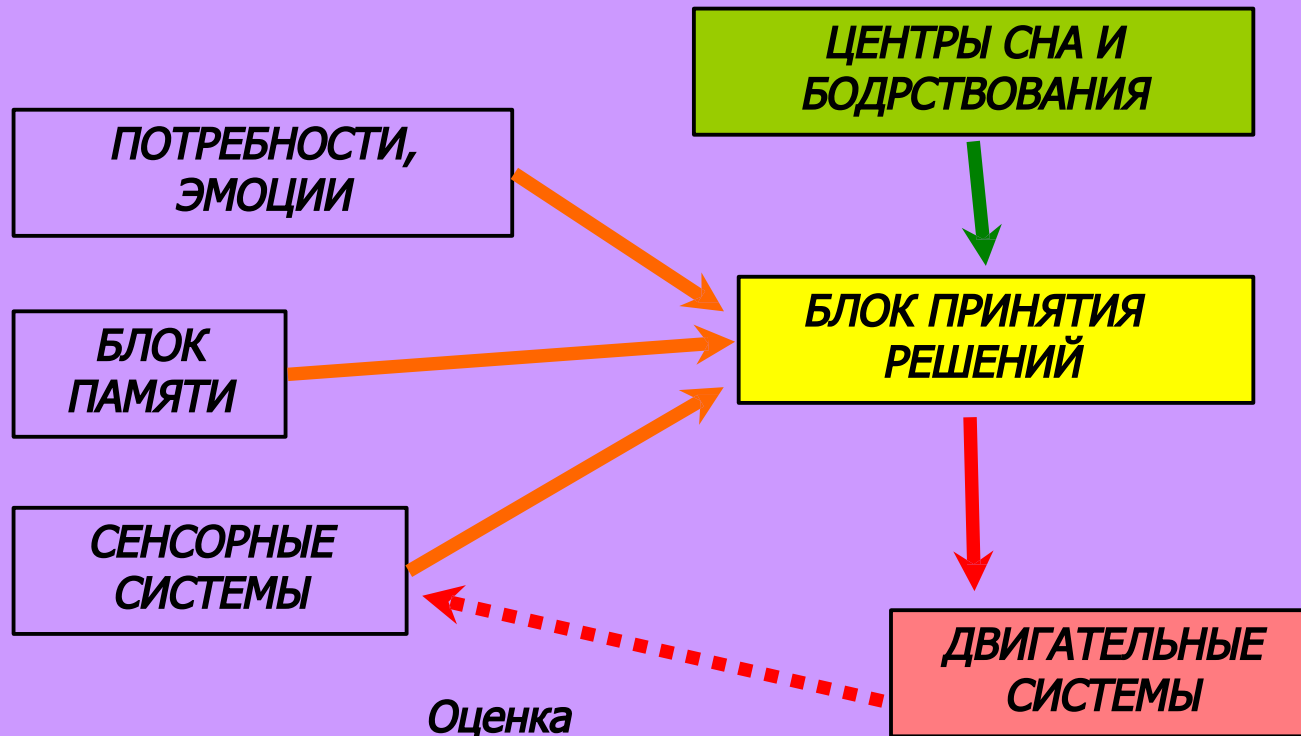
Нейрофизиология поведения



Лектор: профессор кафедры физиологии человека и животных биологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, д.б.н. **Дубынин Вячеслав Альбертович**

Лекция 1. Основные функциональные блоки мозга человека. Сенсорные системы: общие принципы организации, разнообразие рецепторов и органов чувств, кодировка количества и качества сенсорных сигналов. Важнейшие алгоритмы обработки сенсорных сигналов в ЦНС.

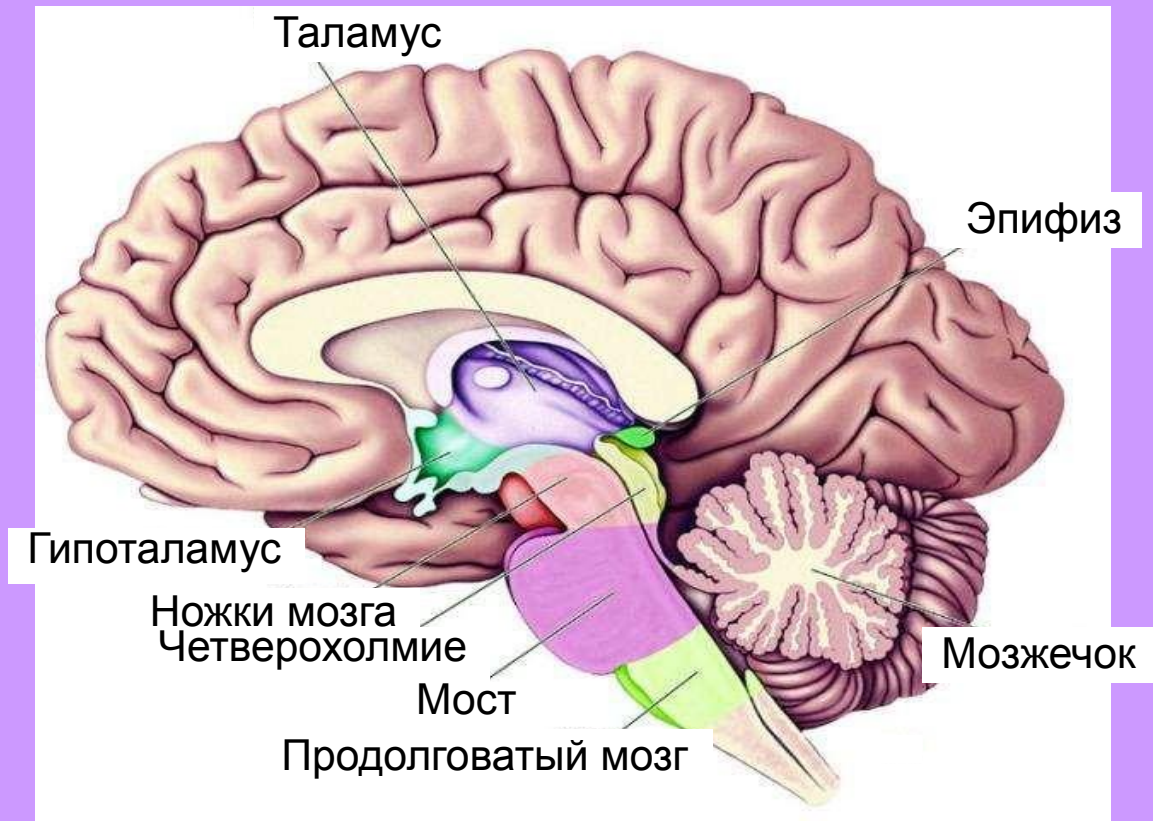




*Оценка
результатов
поведения*



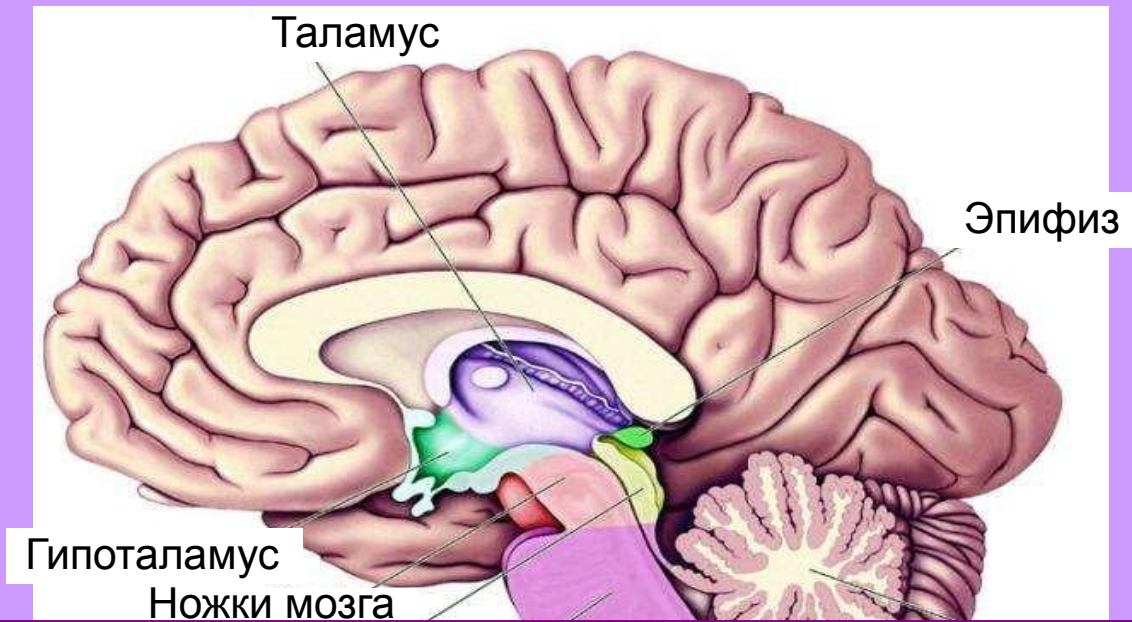
**Петр
Кузьмич
Анохин
1898-197
4**



Основные отделы головного мозга:

- 1) ствол
- 2) мозжечок
- 3) большие

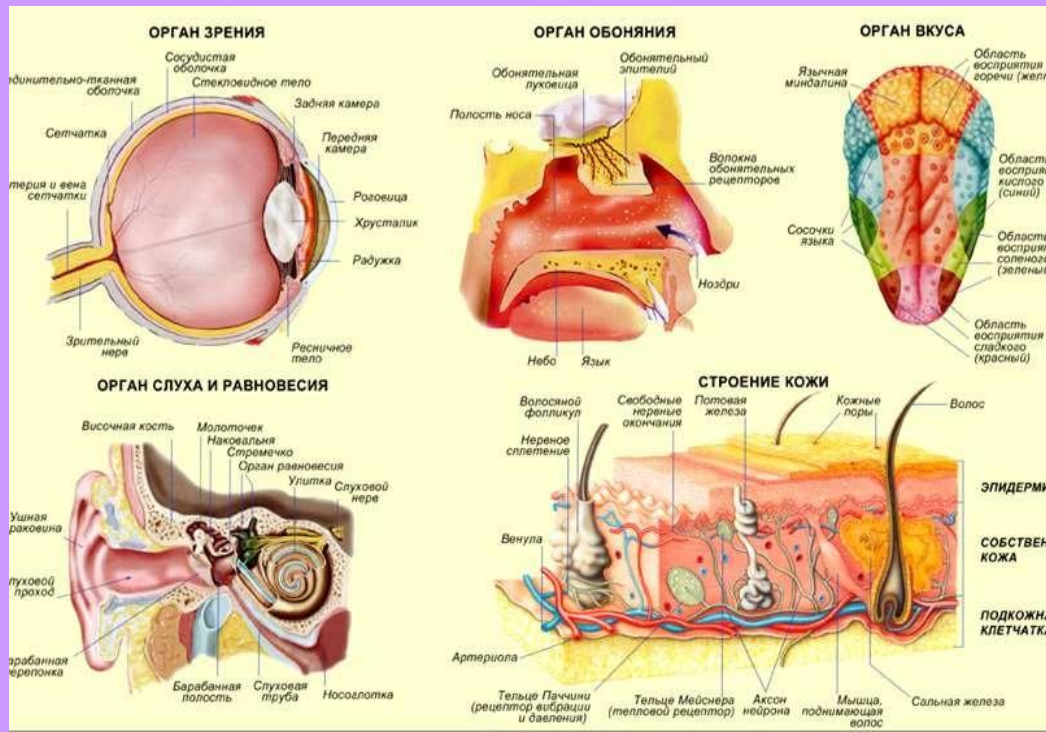




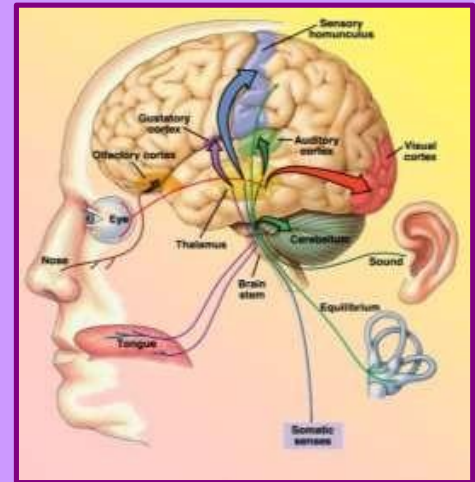
Промежуточный мозг:
гипофиз и эпифиз
(эндокринные железы);
таламус, гипоталамус

Гипоталамус является главным центром эндокринной и вегетативной регуляции, а также главным центром биологических потребностей (и связанных с ними эмоций).
Здесь – центры голода и жажды, страха и агрессии, половой и родительской мотивации («центр бессознательного»).

Таламус – фильтрует информацию, поднимающуюся в кору больших полушарий, пропуская сильные и новые сигналы (непроизвольное внимание), а также сигналы, связанные с текущей деятельностью коры («по заказу» коры, произвольное внимание).



Сенсорные системы:



органы
чувств

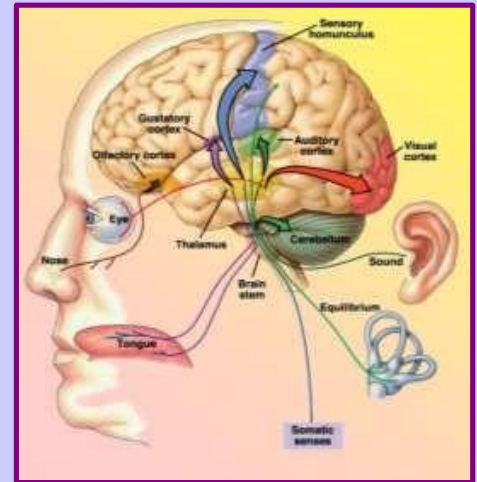
+ М О З

Б

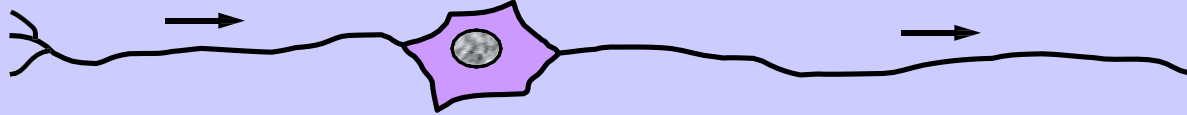
Сенсорные системы предназначены для сбора информации из внешней среды и внутренней среды организма.

Три составляющие всякой сенсорной системы:

- 1) Рецепторы (чувствительные клетки или чувствительные отростки нервных клеток)
↓
- 2) Проводящие нервы (спинномозговые и черепные)
↓
- 3) Обрабатывающие структуры спинного и головного мозга (высшие центры – в коре больших полушарий)



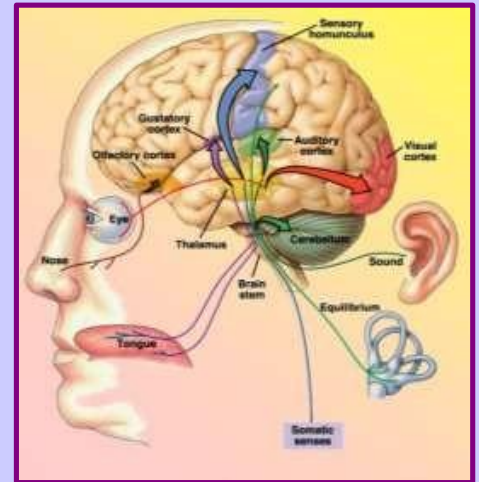
СТИМУЛ



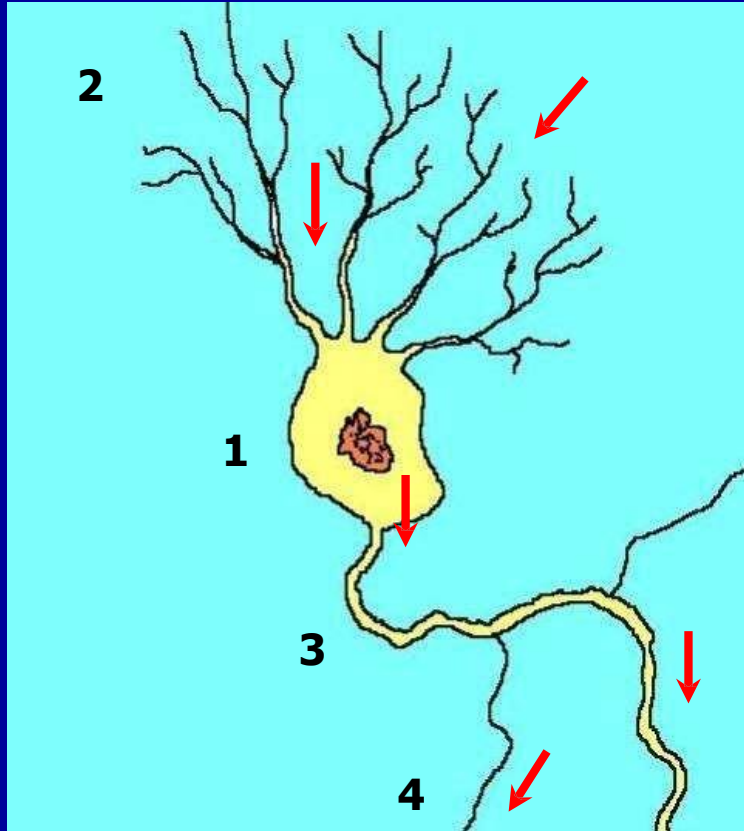
ЦНС

Три составляющие всякой сенсорной системы:

- 1) Рецепторы (чувствительные клетки или чувствительные отростки нервных клеток)
↓
- 2) Проводящие нервы (спинномозговые и черепные)
↓
- 3) Обрабатывающие структуры спинного и головного мозга (высшие центры – в коре больших полушарий)



**ЦНС человека:
около 90 млрд.
нейронов**

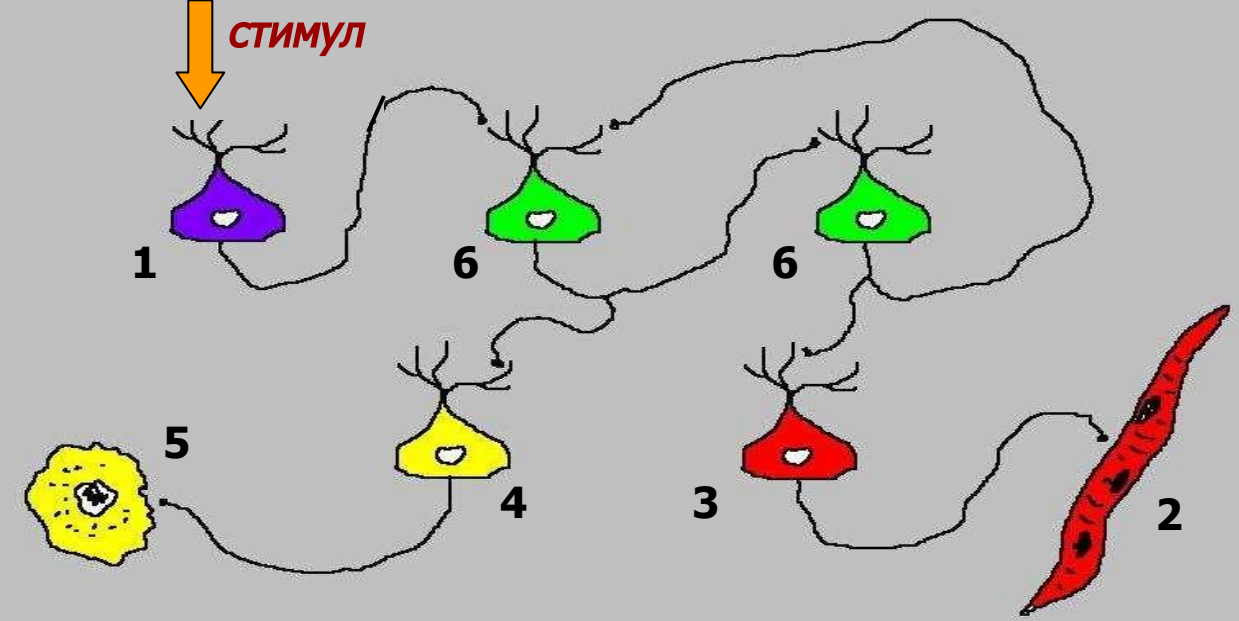


1 – сома (тело) нейрона: размер 5-100 мкм, разнообразие форм (пирамидная, звездчатая, грушевидная и др.); функция – обработка информации.

2 – дендриты нейрона: их обычно несколько, относит. короткие (неск. мм), сильно ветвятся, становятся тоньше по мере удаления от сомы; воспринимают и проводят сигналы к соме.

3 – аксон: всегда один, относит. длинный (неск. см), слабо ветвится, имеет стабильный диаметр; проводит сигналы от сомы к другим клеткам.

4 – коллатераль: отросток аксона.



Рассмотрим небольшую сеть нейронов:

1 – сенсорный нейрон: воспринимает стимулы из внешней среды (либо из внутренней среды организма).

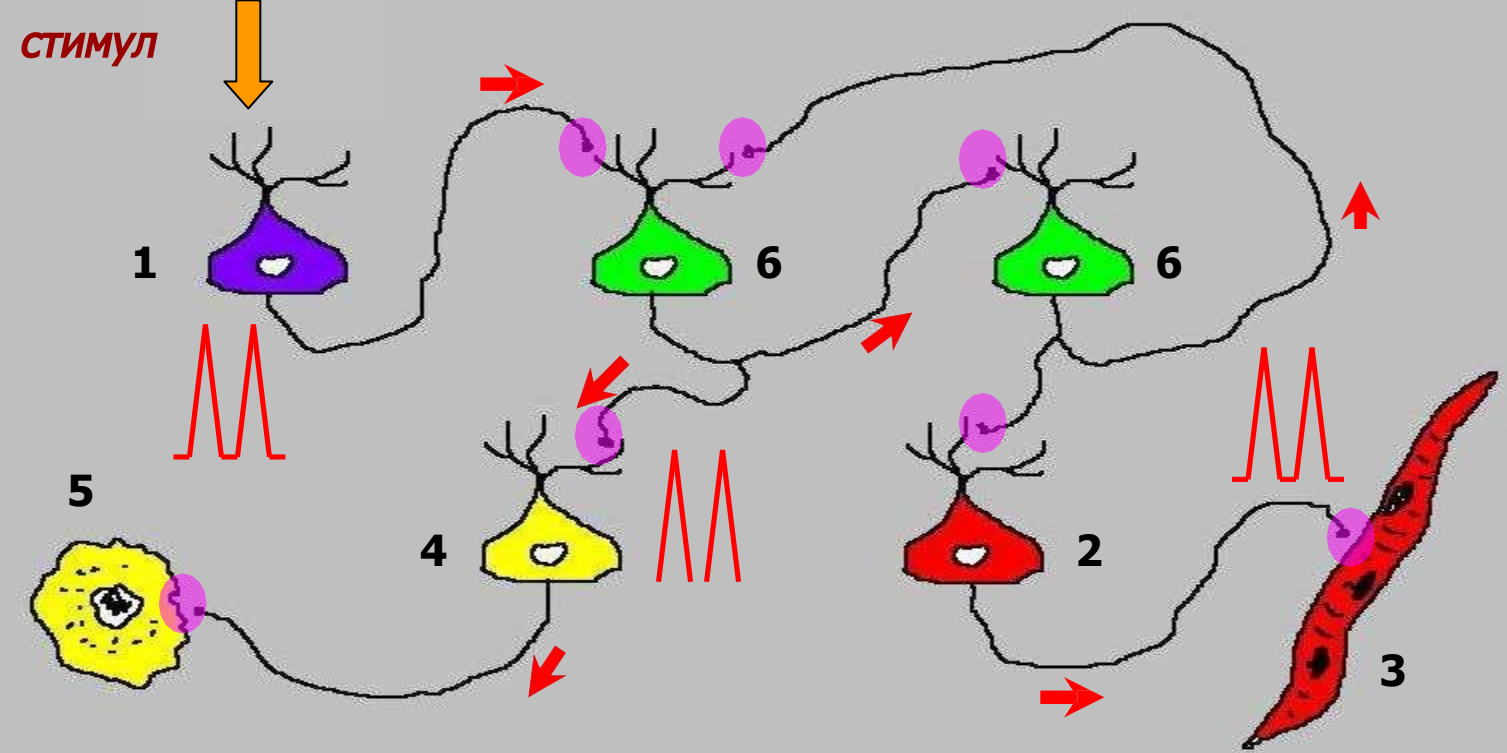
2– поперечно-полосатая клетка скелетной мышцы.

3– двигательный н-н (мотонейрон): передает сигнал на клетки скелетных мышц, запуская их сокращение.

4– вегетативный нейрон: передает сигнал на клетки внутренних органов (гладкомышечные либо железистые).

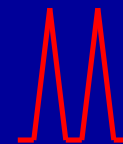
5– клетка внутреннего органа (сердце, стенка сосуда, бронха, мочеточника, железы ЖКТ и др.)

6 – интернейроны: связывают остальные типы нервных клеток, передавая, обрабатывая и сохраняя информацию.

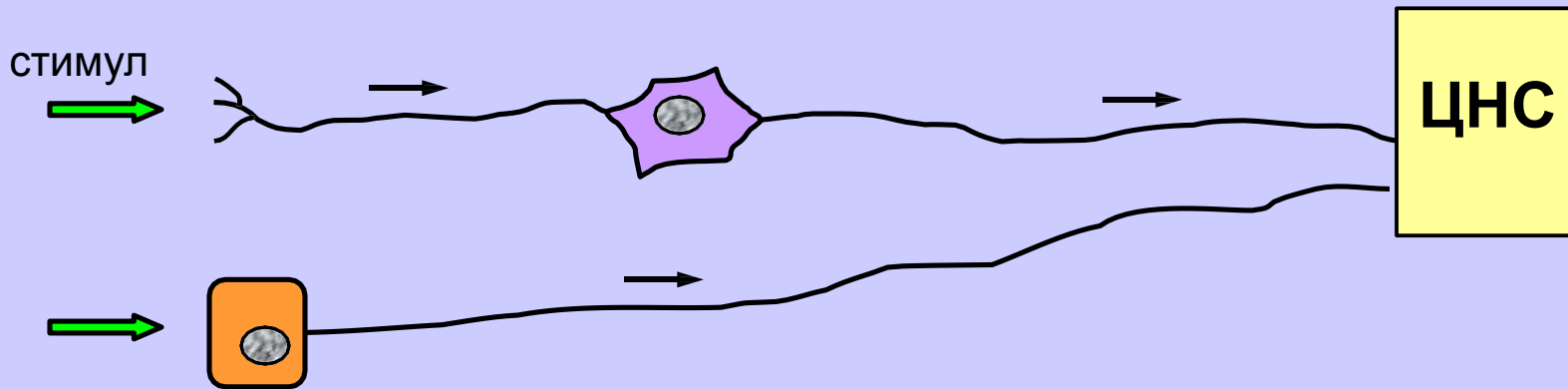


Передача сигнала к следующей клетке происходит в особых структурах – **синапсах** (центральных, нервно-мышечных, вегетативных; на схеме их 7).

Сигнал по нейрону (вернее – по его мембране) передается в виде коротких электрических импульсов – **потенциалов действия** (длительность 1-2 мс, амплитуда около 100 мВ).



Сигнал от нейрона к следующей клетке передается за счет выделения из окончания аксона особого вещества («**медиатора**»), которое воздействует на активность клетки-мишени.

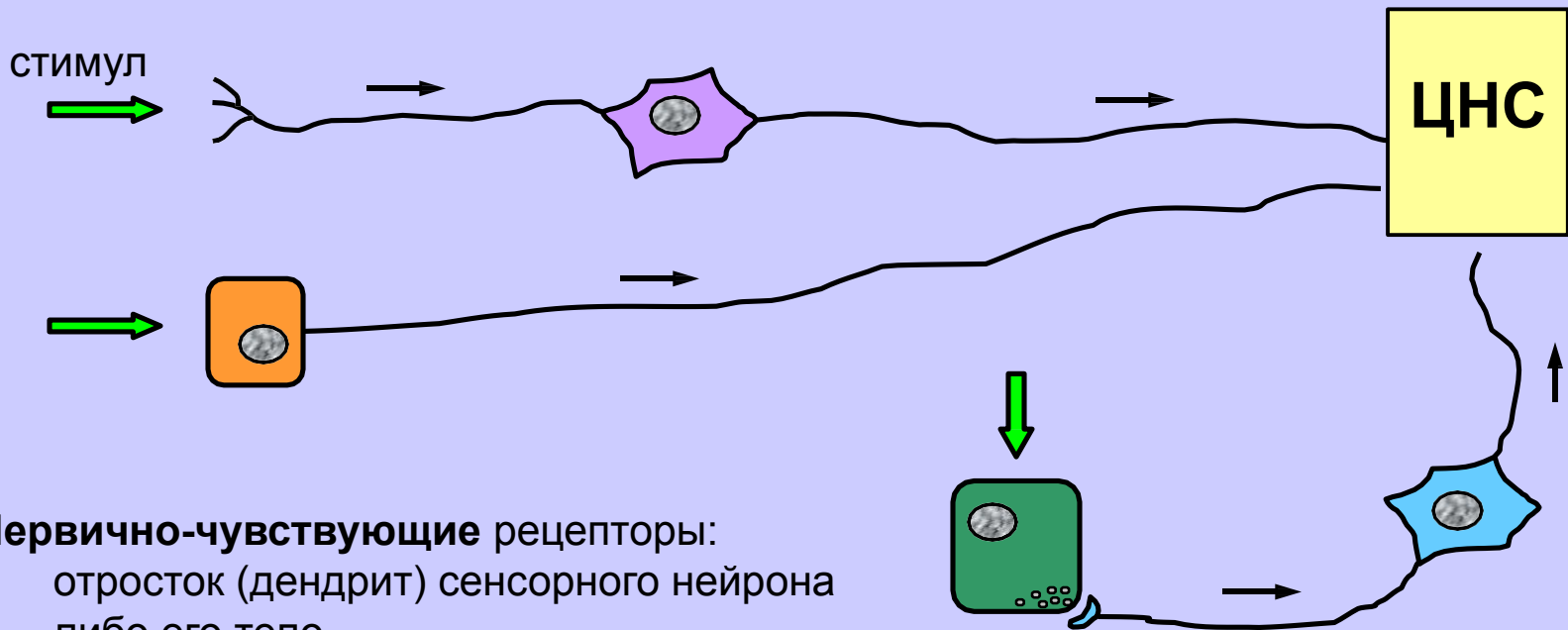


Первично-чувствующие рецепторы:

отросток (дендрит) сенсорного нейрона
либо его тело.

В этом случае проводящий нерв образован
аксонами сенсорных нейронов:

- обонятельная система
- системы болевой, кожной и мышечной чувствительности
- рецепторы системы внутренней чувствительности



Первично-чувствующие рецепторы:
отросток (дендрит) сенсорного нейрона
либо его тело.

В этом случае проводящий нерв образован
аксонами сенсорных нейронов:

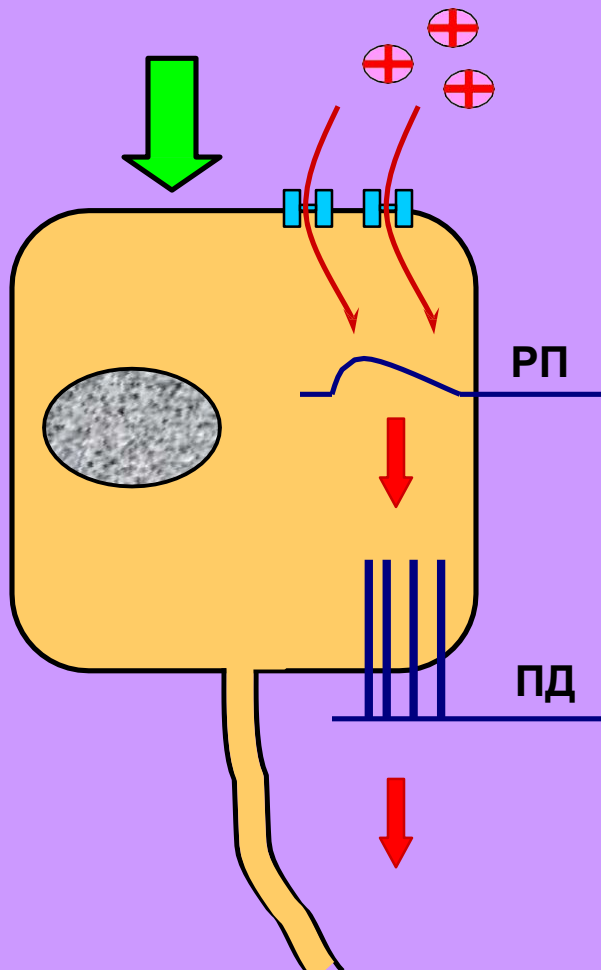
- обонятельная система
- системы болевой, кожной и мышечной чувствительности
- рецепторы системы внутренней чувствительности

Вторично-чувствующие рецепторы: специализированные клетки (не нервные).

Нерв образован отростками особых проводящих нейронов:

- слуховая и вестибулярная системы
- вкусовая система
- зрительная система

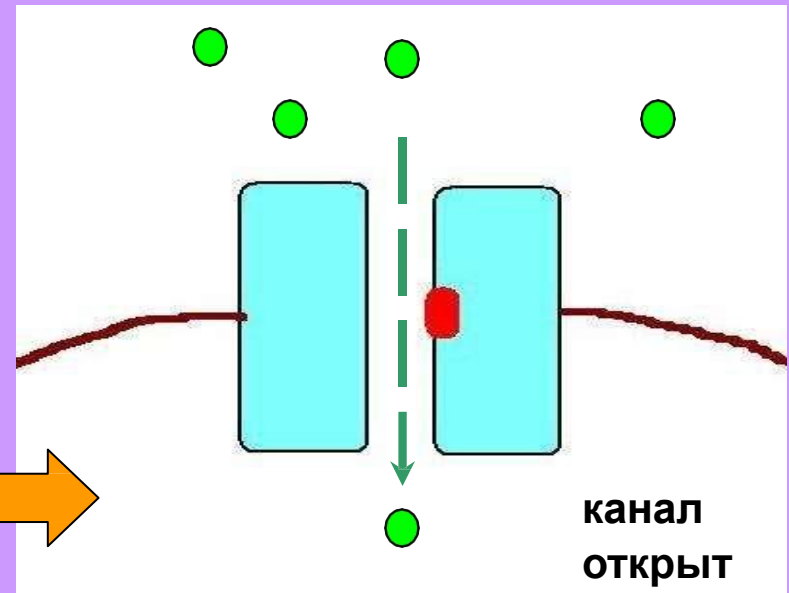
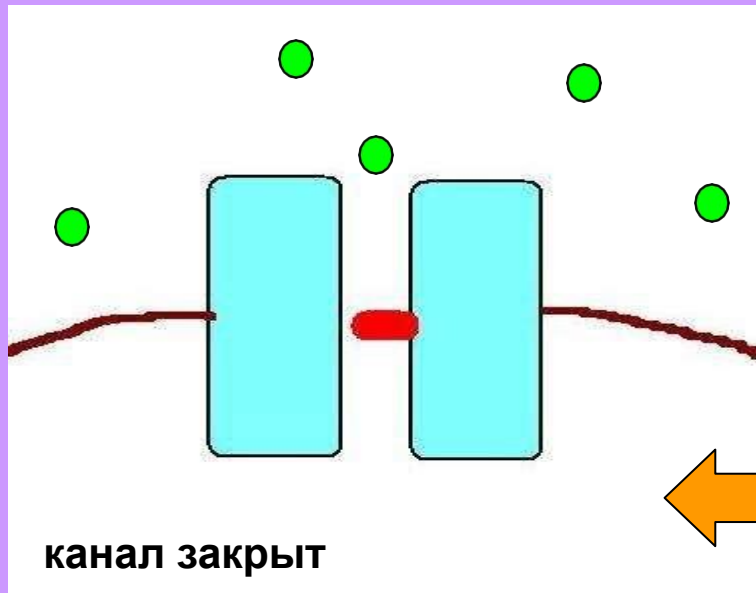
Стимул, как правило, вызывает открывание каналов для положительно заряженных ионов (Na^+) на мембране рецептора



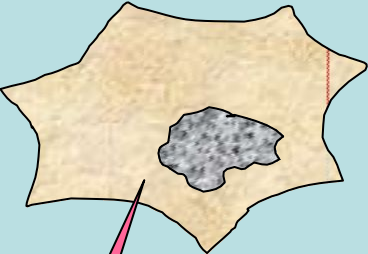
Вход ионов приводит к сдвигу
внутриклеточного заряда вверх –
рецепторный потенциал (РП)

Рецепторный потенциал способен вызвать
генерацию ПД (потенциалов действия),
распространяющихся по аксону в ЦНС

Чем больше (сильнее) стимул,
тем больше РП и чаще ПД
(«количество» сенсорного сигнала
кодируется частотой ПД)

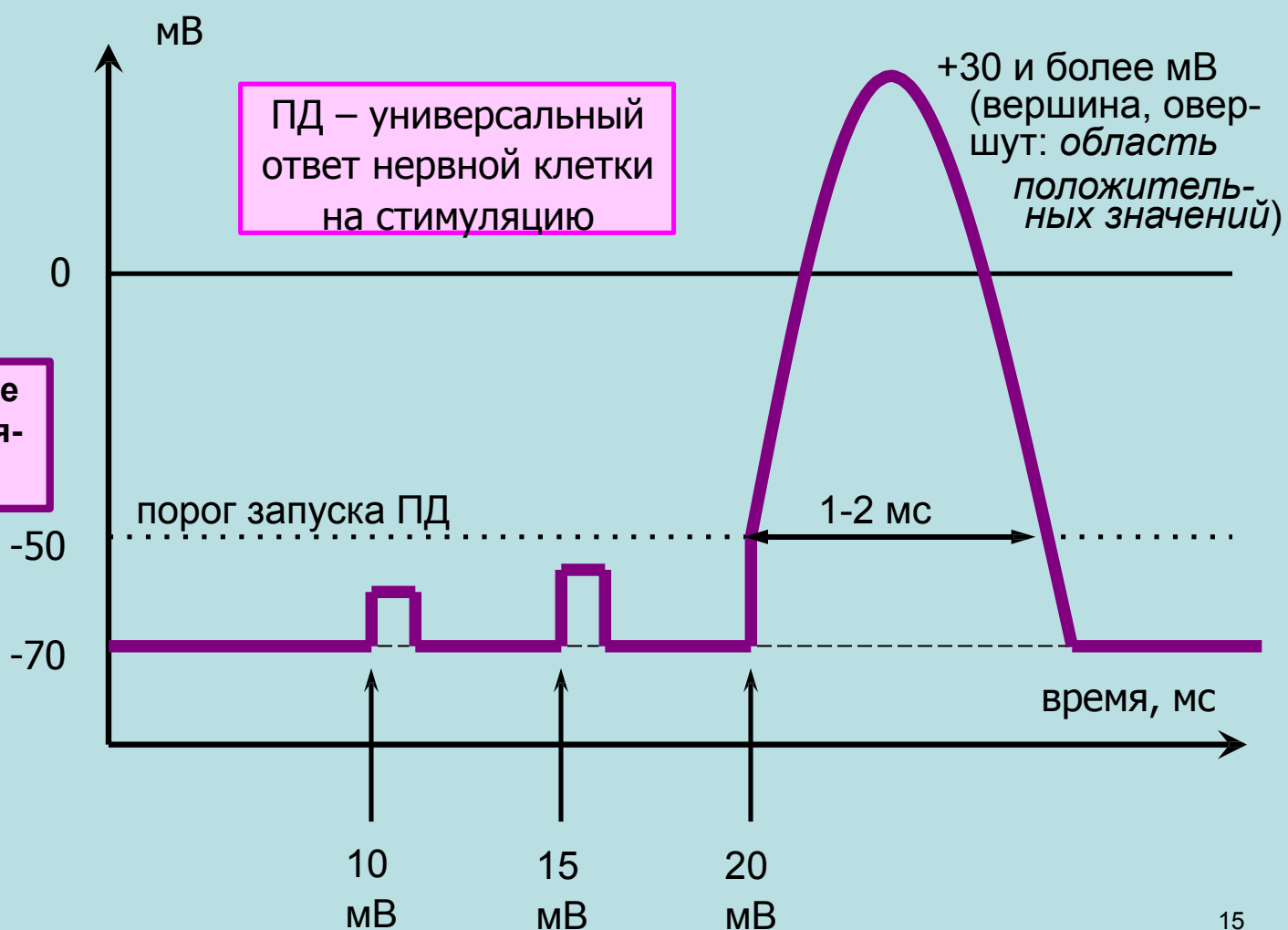


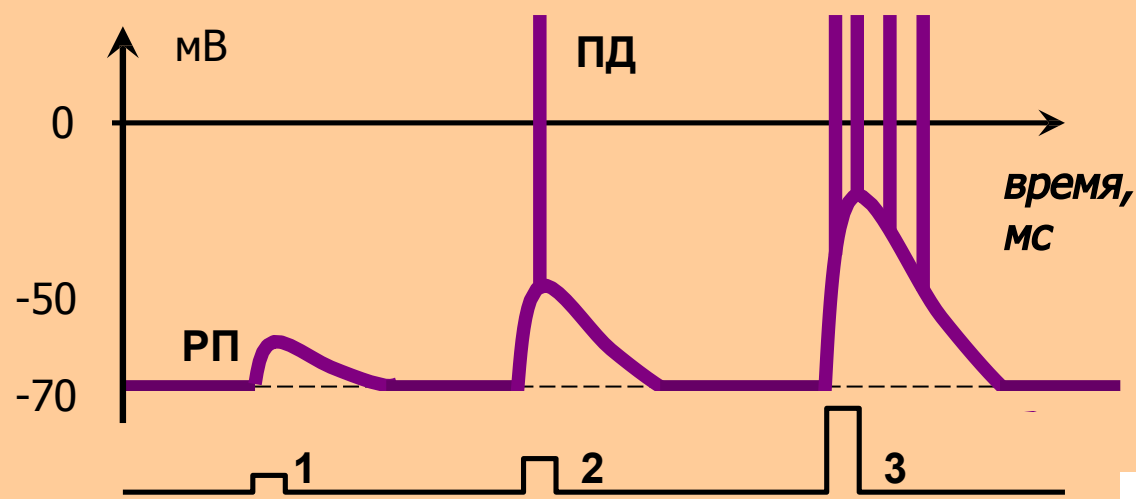
Белок-канал со створкой: встроен в мембрану клетки; его сквозное отверстие перекрыто петлей-створкой, («канал закрыт»). Створка при определенных условиях может открываться, «разрешая» диффузию ионов (условия открытия: появление определенных химических веществ, механические и электрические воздействия и др.).



измерение
и стимуля-
ция

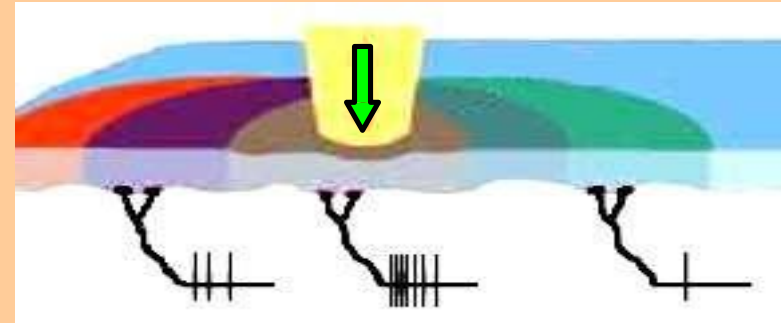
Подаем
через микро-
электрод
короткие
электрич.
импульсы
нарастающей
амплитуды





Реакция рецептора на короткие стимулы:

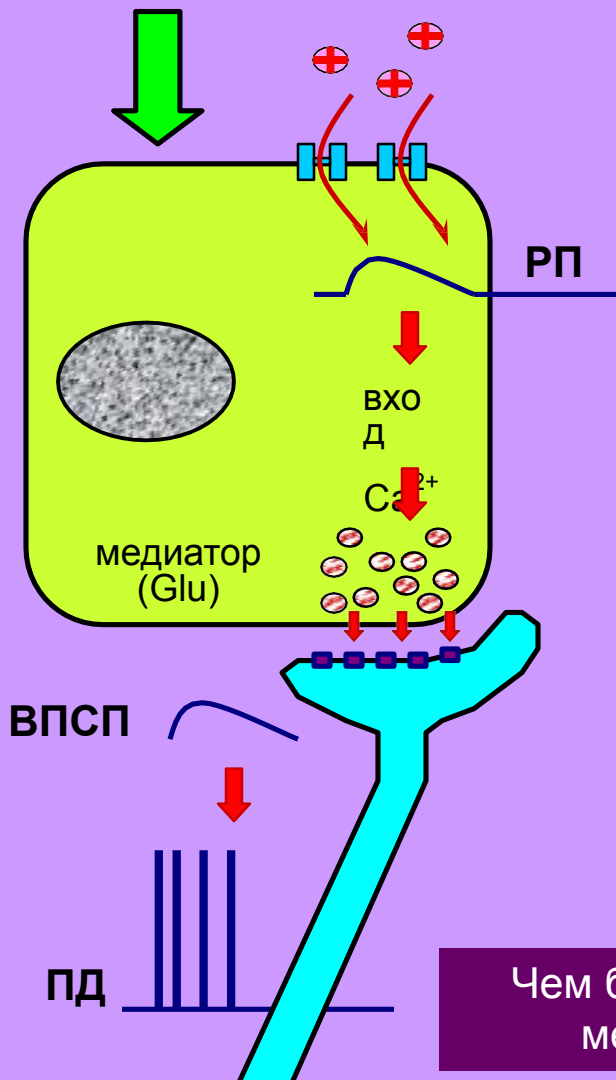
- 1) подпороговый;
- 2) слабый (пороговый);
- 3) сильный.



Реакция трех кожных рецепторов на прикосновение (зеленая стрелка в центре схемы).



Реакция на длительные стимулы – слабый (слева) и сильный (справа)



Предыдущая схема – для первично-чувствующих рецепторов. В случае вторично-чувствующих цепь событий несколько длиннее, но результат тот же.

Внешний стимул приводит к развитию РП

РП вызывает открывание Ca^{2+} -каналов в мембране пресинаптического окончания рецептора

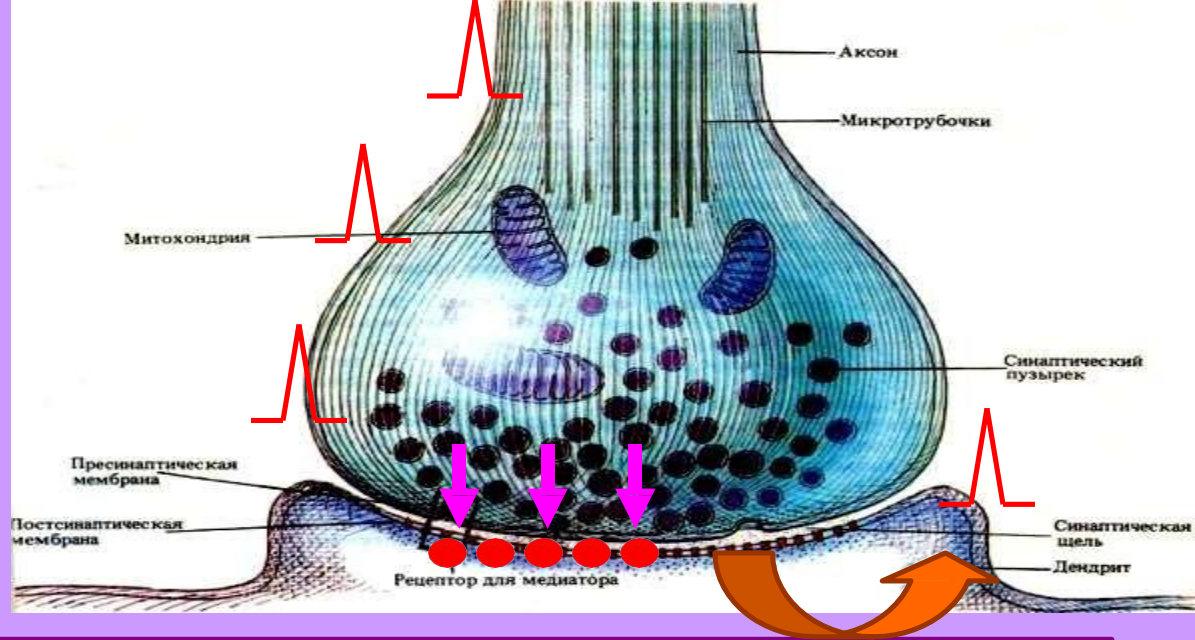
Вход Ca^{2+} запускает движение везикул и выброс медиатора в синаптическую щель

Медиатор вызывает генерацию ВПСН (возбуждающего постсинаптического потенциала) и ПД в отростке проводящего нейрона

Чем больше (сильнее) стимул, тем больше РП, больше выброс медиатора, выше ВПСН и чаще ПД в проводящем нерве

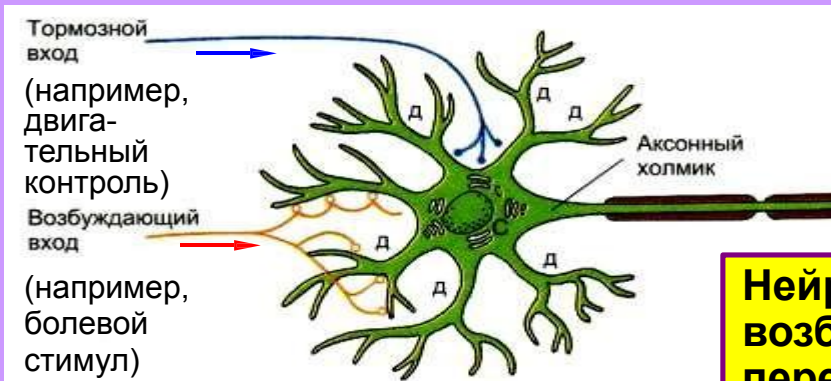
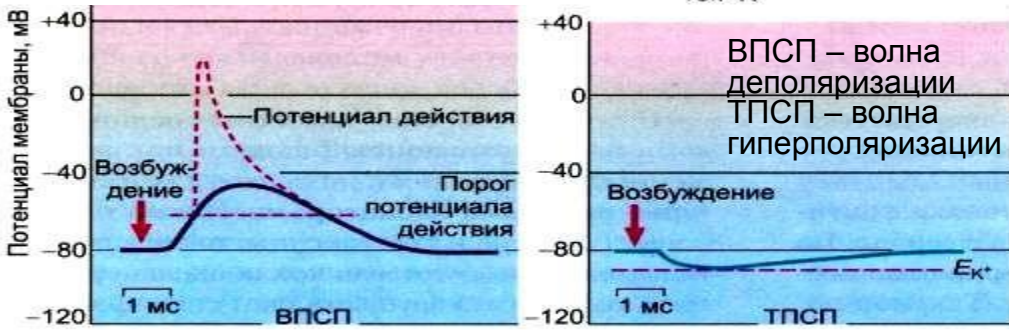
Основные части синапса:

- * окончание отростка нейрона
- * синаптические пузырьки (везикулы) с медиатором
- * пресинаптическая мембрана
- * синаптическая щель
- * постсинаптическая мембрана



Основные этапы передачи сигнала в синапсе:

1. ПД запускает вход Ca^{2+} , движение везикул и выброс медиатора в щель
2. Медиатор воздействует на постсинаптические белки-рецепторы
3. Рецепторы вызывают возбуждение либо торможение следующей клетки (возбуждение может вести к генерации ПД; торможение мешает возникновению ПД, затрудняет либо блокирует проведение сигнала)



Нейрон – «микроЭВМ», суммирующая возбуждающие и тормозные сигналы, передаваемые тысячами синапсов.

Возбуждающие медиаторы:

их взаимодействие с рецепторами вызывает волну деполяризации, которая способна запустить ПД.

глутаминовая кислота: проведение основных потоков информации в ЦНС

Тормозные медиаторы:

вызывают волну гиперполяризации, мешающую запуску ПД.

гамма-аминомасляная кислота:

тормозный блок информационных потоков (внимание, двигательн. контроль и др.).

Дофамин, норадреналин, эндорфины

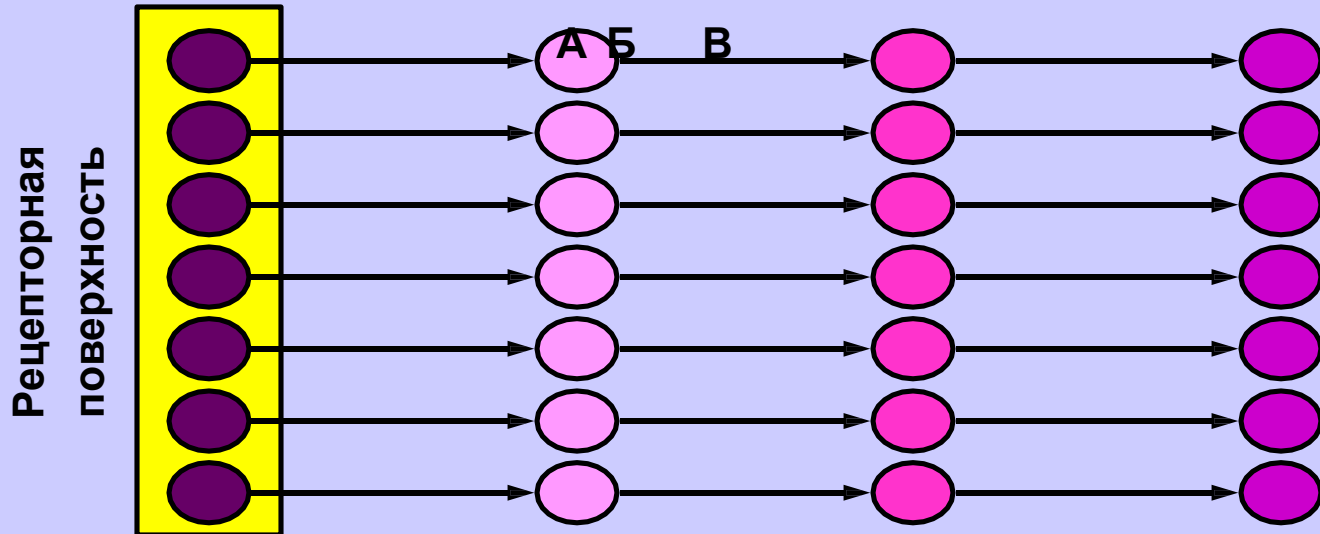
«медь в потребностях и эмоциях».

Как происходит передача сигнала от рецепторов к ЦНС?

Здесь используется **топический принцип**: каждый рецептор передает сигнал «своей» нервной клетке, и соседние рецепторы передают информацию соседним нейронам.

Аналогичным образом организована передача и внутри ЦНС от структуры к структуре – вплоть до коры больших полушарий.

В результате на разных уровнях ЦНС можно наблюдать формирование «карт» **рецепторных поверхностей** (поверхностей – где собраны рецепторы определенной сенс. системы; примерами являются кожа, поверхность языка, сетчатка глаза и др.).



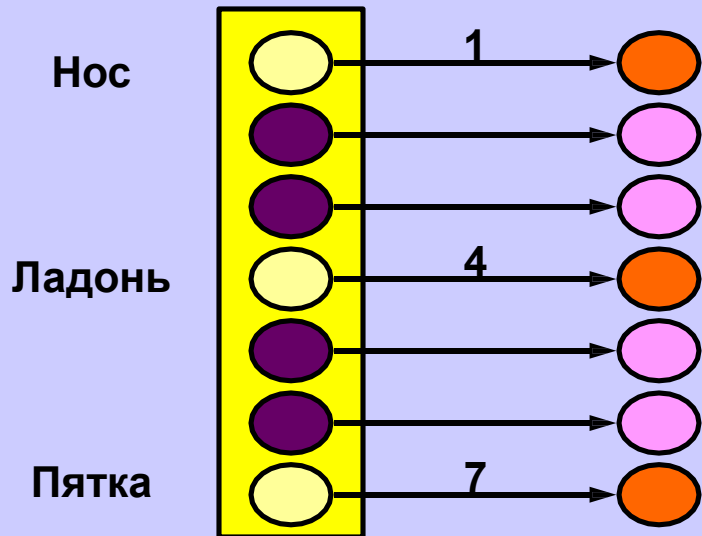
А, Б, В –
сенсорные центры
ЦНС, например:
А) ядро черепного
нерва
Б) подкорка
В) сенсорная кора.

Как происходит передача сигнала от рецепторов к ЦНС?

Здесь используется **топический принцип**: каждый рецептор передает сигнал «своей» нервной клетке, и соседние рецепторы передают информацию соседним нейронам.

Аналогичным образом организована передача и внутри ЦНС от структуры к структуре – вплоть до коры больших полушарий.

В результате на разных уровнях ЦНС можно наблюдать формирование «карт» **рецепторных поверхностей** (поверхностей – где собраны рецепторы определенной сенс. системы; примерами являются кожа, поверхность языка, сетчатка глаза и др.).

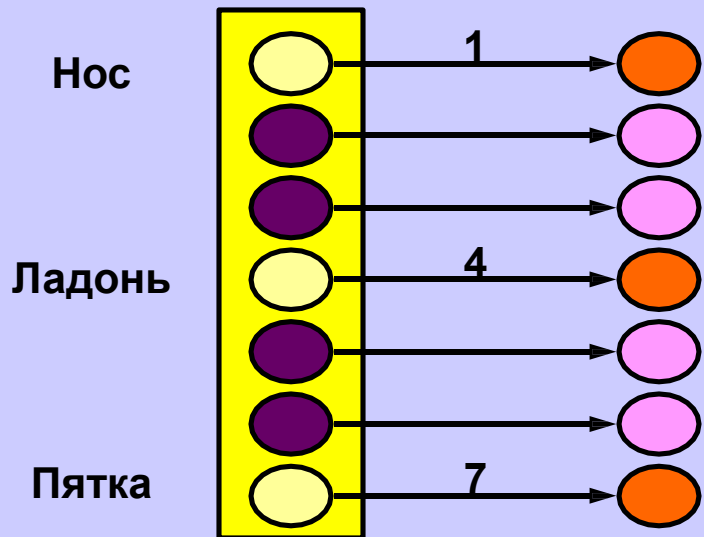


Топическая организация позволяет закодировать «качество» сенсорного сигнала (= место настроенного на этот сигнал рецептора на рецепторной поверхности).

Такой принцип называется «кодировка номером канала» и широко используется при создании вычислительной техники.

Каждый сенсорный сигнал хар-ся опред. количеством (=энергия стимула) и качеством.

Сенсорная система	Количество	Качество
Кожная чувствительность	Сила прикосновения	Место прикосновения (соматотопия)
Слух	Громкость звука	Частота звука
Зрение	Яркость изображения	Место точки в пространстве



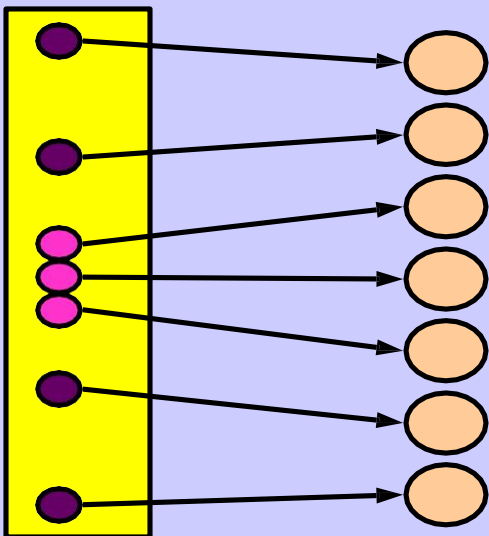
Топическая организация позволяет закодировать «качество» сенсорного сигнала (= место настроенного на этот сигнал рецептора на рецепторной поверхности).

Такой принцип называется «кодировка номером канала» и широко используется при создании вычислительной техники.

Каждый сенсорный сигнал хар-ся опред. количеством (=энергия стимула) и качеством.

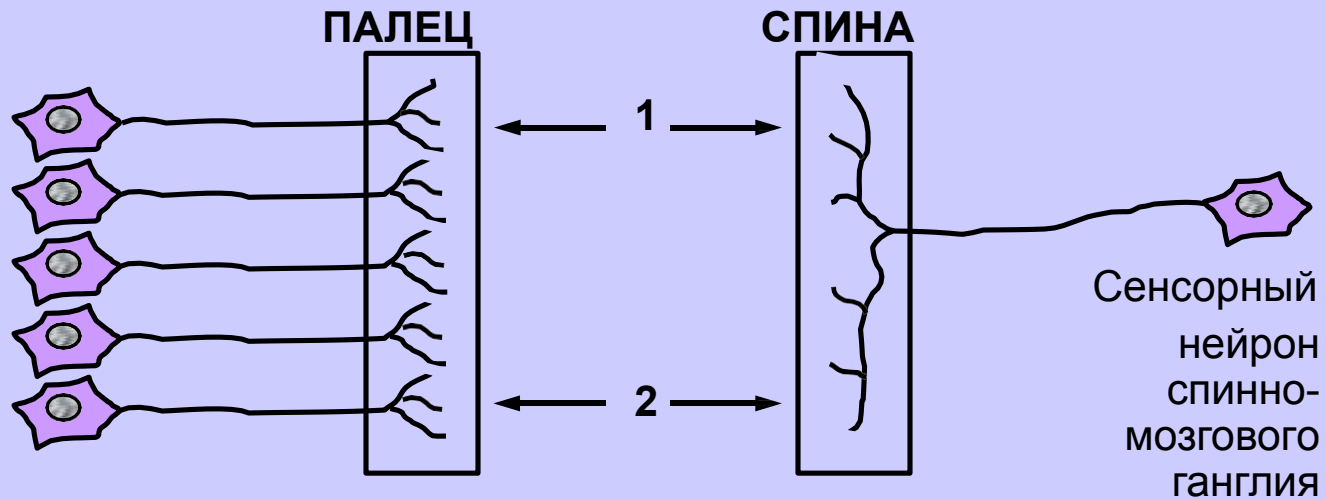
Сенсорная система	Количество	Качество
Кожная чувствительность	Сила прикосновения	Место прикосновения (соматотопия)
Слух	Громкость звука	Частота звука
Зрение	Яркость изображения	Место точки в пространстве

Наиболее значимая область рецепторн. пов-ти

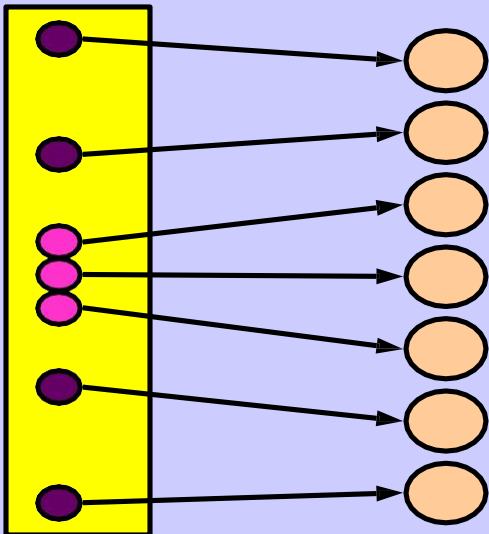


Ситуация усложняется тем, что рецепторы зачастую неравномерно распределены на рецепторной поверхности и сконцентрированы в наиболее значимых ее частях: пальцы, губы, язык; центр сетчатки; тональности, соответствующие речевому диапазону. В связи с этим карты рецепторных поверхностей в ЦНС нередко имеют искаженные пропорции («экономия ресурсов»).

Прикосновение в точках 1 и 2 в случае спины воспринимается как один стимул, в случае пальца – как два стимула.

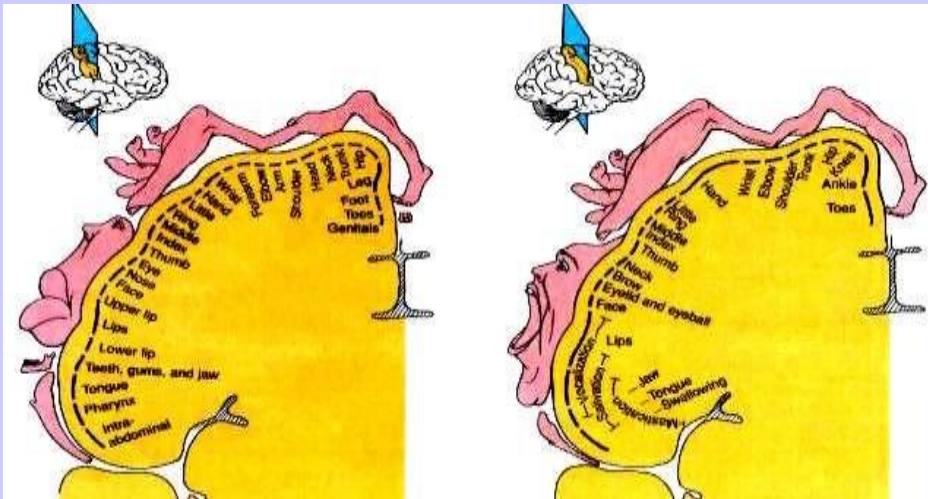
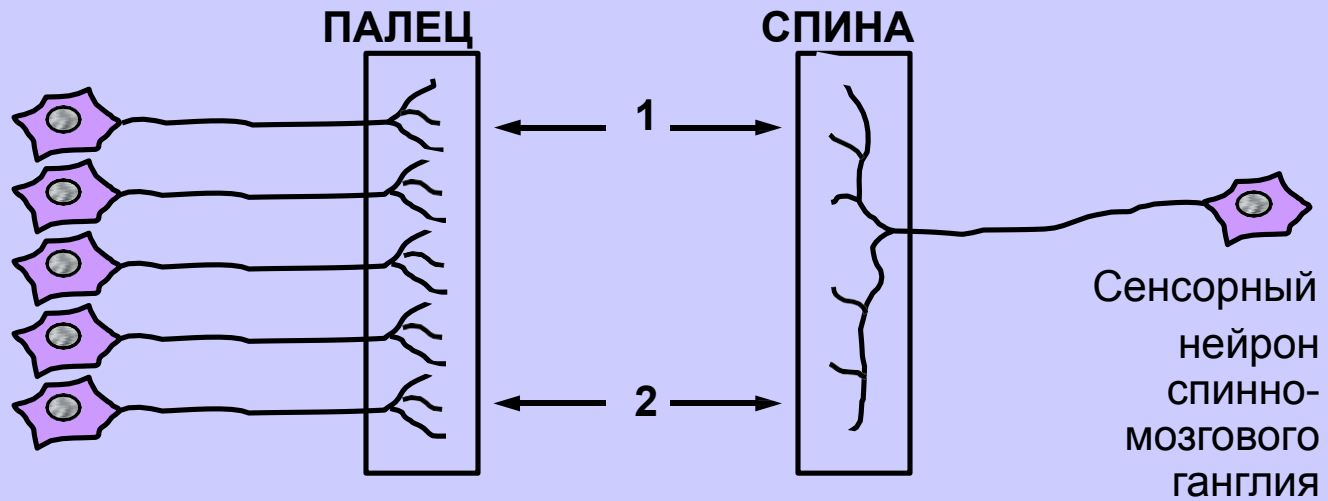


Наиболее значимая область рецепторн. пов-ти



Ситуация усложняется тем, что рецепторы зачастую неравномерно распределены на рецепторной поверхности и сконцентрированы в наиболее значимых ее частях: пальцы, губы, язык; центр сетчатки; тональности, соответствующие речевому диапазону. В связи с этим карты рецепторных поверхностей в ЦНС нередко имеют искаженные пропорции («экономия ресурсов»).

Прикосновение в точках 1 и 2 в случае спины воспринимается как один стимул, в случае пальца – как два стимула.

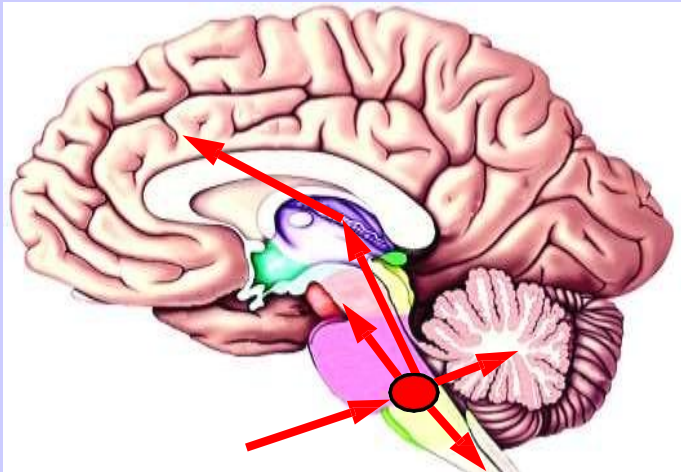


Соматосенсорная и моторная кора: постцентральная и прецентральная извилины

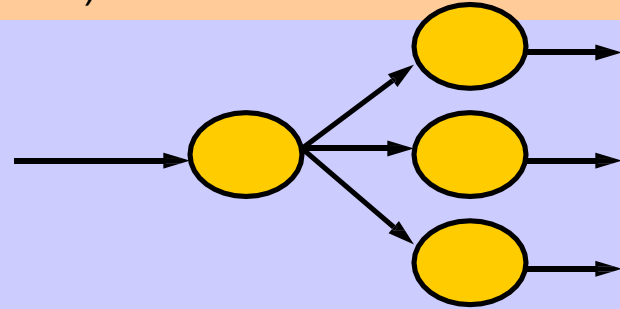


Некоторые алгоритмы обработки информации, характерные для сенсорных центров головного и спинного мозга:

1. Дивергенция сенсорных сигналов
2. Конвергенция сенсорных сигналов



Дивергенция = «расхождение» сигналов; позволяет повысить надежность и быстродействие ЦНС. Сигнал копируется, а затем одновременно обрабатывается в нескольких центрах (с «разных точек зрения»).



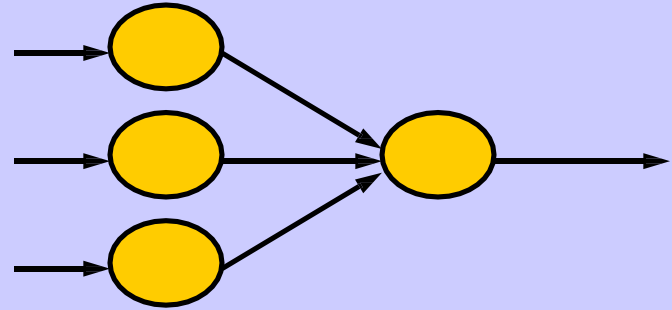
Дивергенция особенно присуща системам, передающим сигналы, актуальные для оперативной коррекции движений, – **вестибулярной** и **мышечной** (в обоих случаях, кроме входов через таламус в кору, имеются прямые входы в мозжечок).

Некоторые алгоритмы обработки информации, характерные для сенсорных центров головного и спинного мозга:

1. Дивергенция сенсорных сигналов
2. Конвергенция сенсорных сигналов
3. Параллельное торможение
4. Возвратное торможение
5. Латеральное торможение



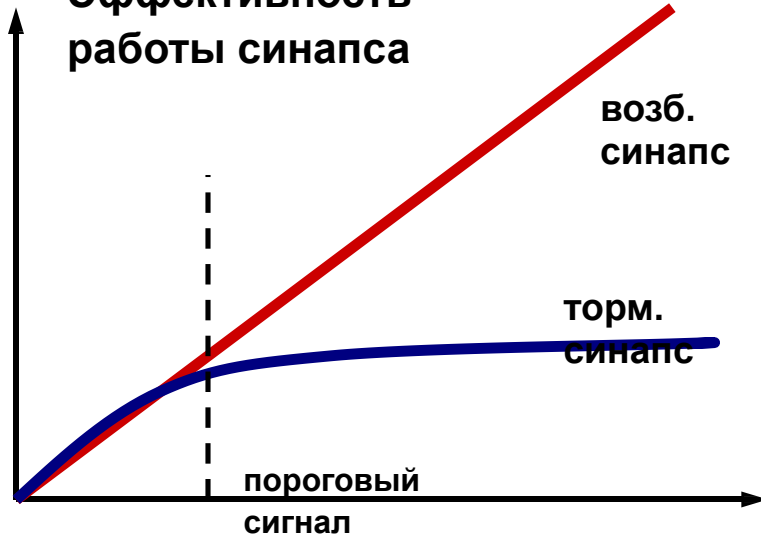
Конвергенция = «схождение» сигналов; лежит в основе узнавания сенсорных образов (как суммы сенсорных признаков).



Конвергенция, как правило, является результатом предварительного обучения и присуща высшим сенсорным центрам. Вместе с тем, имеются примеры врожденного узнавания сенсорных образов (у человека – зрительная «схема лица», невербальная коммуникация).

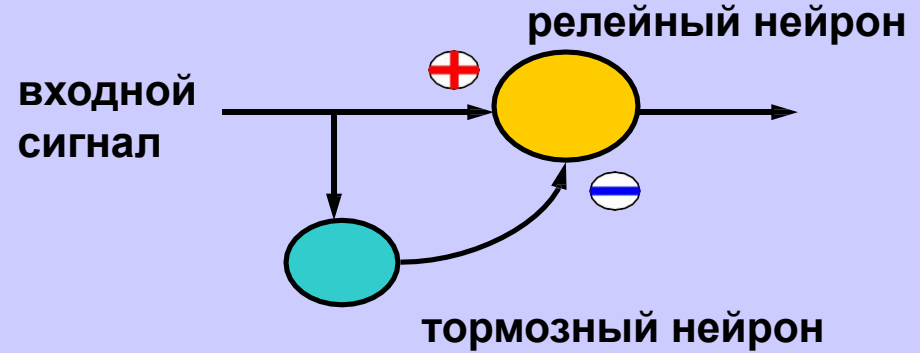
«Черный квадрат»

Эффективность
работы синапса



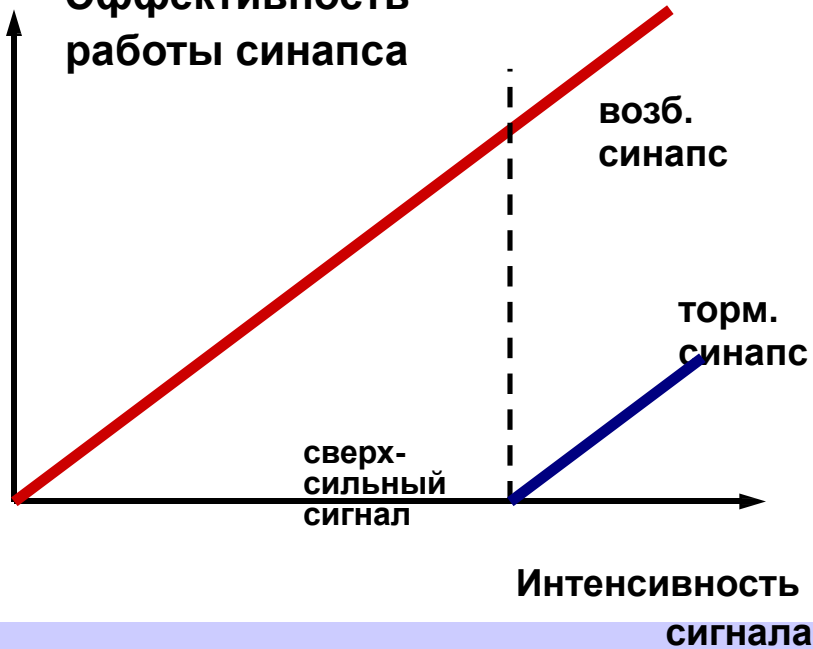
4. Возвратное торможение
3. Параллельное торможение
5. Латеральное торможение

Параллельное торможение = система подавления слабых сигналов («шумов»).



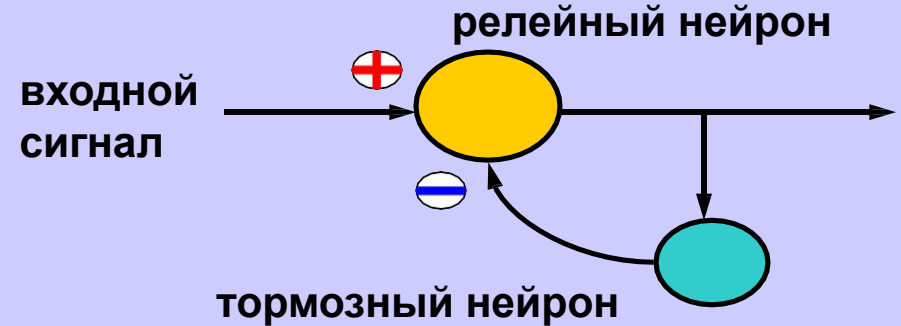
При слабом входном сигнале тормозный синапс успешно сдерживает возбуждение релейного нейрона. При сигнале выше порогового уровня эффективности тормозного синапса не хватает, и релейный нейрон проводит информацию.

Эффективность
работы синапса

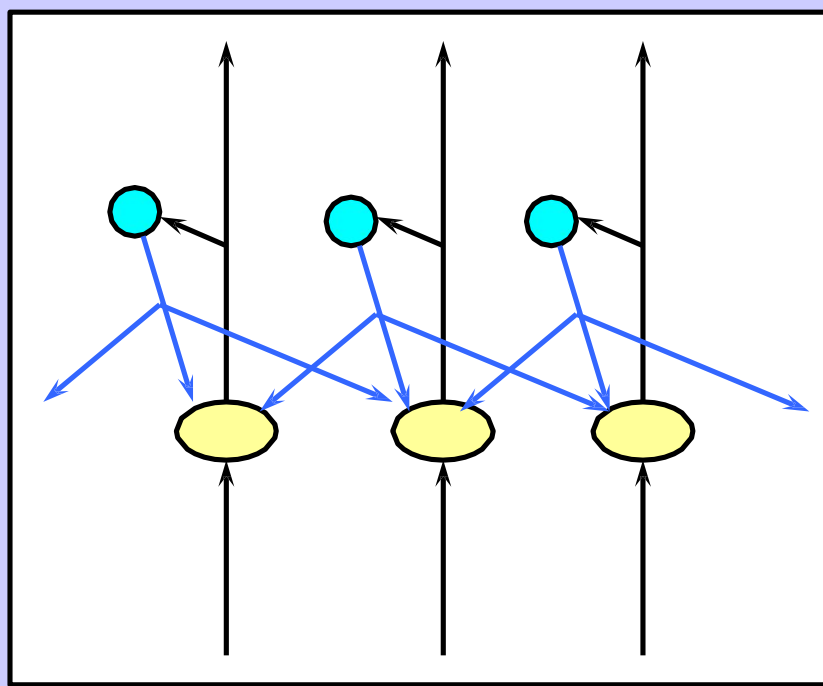


4. Возвратное торможение
3. Параллельное торможение
5. Латеральное торможение

Возвратное торможение = система защиты от перевозбуждения (пример – глицин).

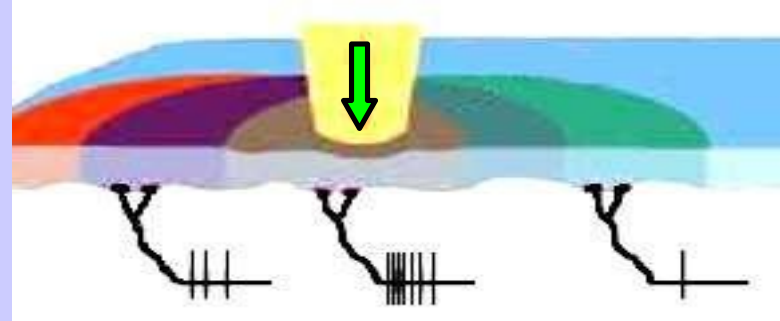


При сигналах не слишком большой интенсивности тормозный нейрон активируется недостаточно и не генерирует ПД. Однако при «сверх-сильном» раздражении он начинает работать, и тормозный синапс ограничивает возбуждение релейной клетки.



4. Возвратное торможение
3. Параллельное торможение
5. Латеральное торможение

Латеральное торможение: (таламус и др.).

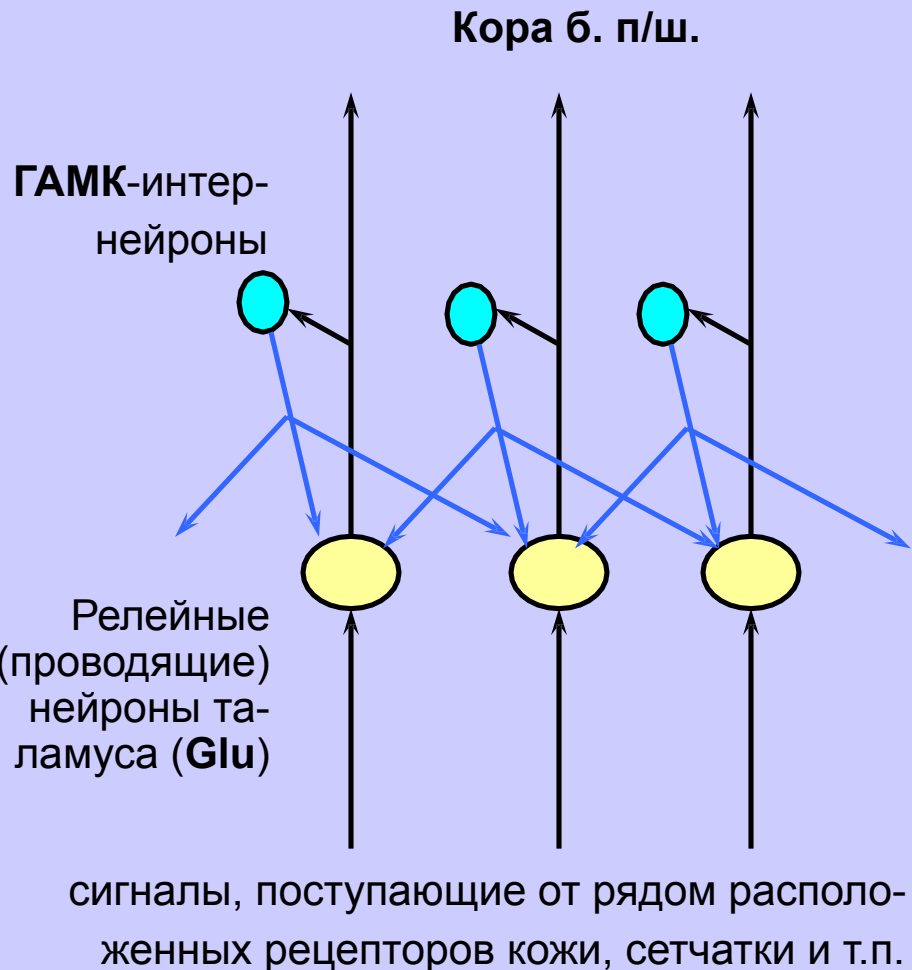


Реакция трех кожных рецепторов на прикосновение.

В данном случае система латерального торможения поможет выделить наиболее возбужденный канал («контрастирование сигнала», улучшение соотношения сигнал/шум).

Латеральное торможение
(«боковое торможение»).

При слабом равномерном сигнале эта сеть заторможена (возвратное и латеральное торможение). Но если по одному из каналов поступит сильный сигнал, то он не просто преодолит «тормозную завесу», но и уменьшит активность в соседних каналах («контрастирование» сигнала).

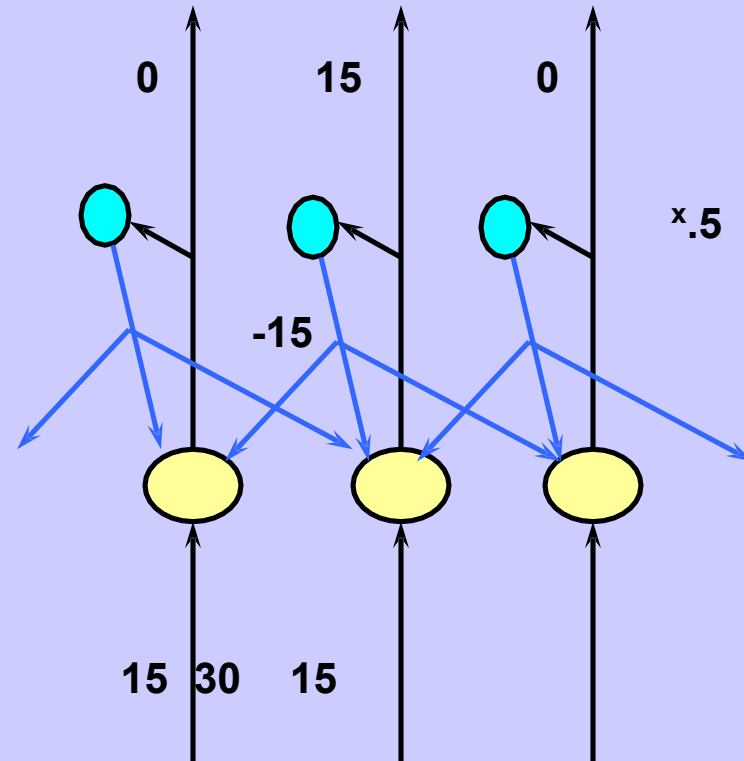


Пусть, например, фоновый сигнал равен 15 Гц, «полезный» сигнал по среднему каналу 30 Гц, а коэффициент торможения 0.5. Тогда «половина» сигнала будет со знаком минус возвращена релейным клеткам и вычтется из их активности.

При этом наиболее выраженное действие окажет самый возбужденный канал (торможение -15), который, хотя и снизит свою собственную активность, но зато полностью выключит соседние каналы («контрастирование»).

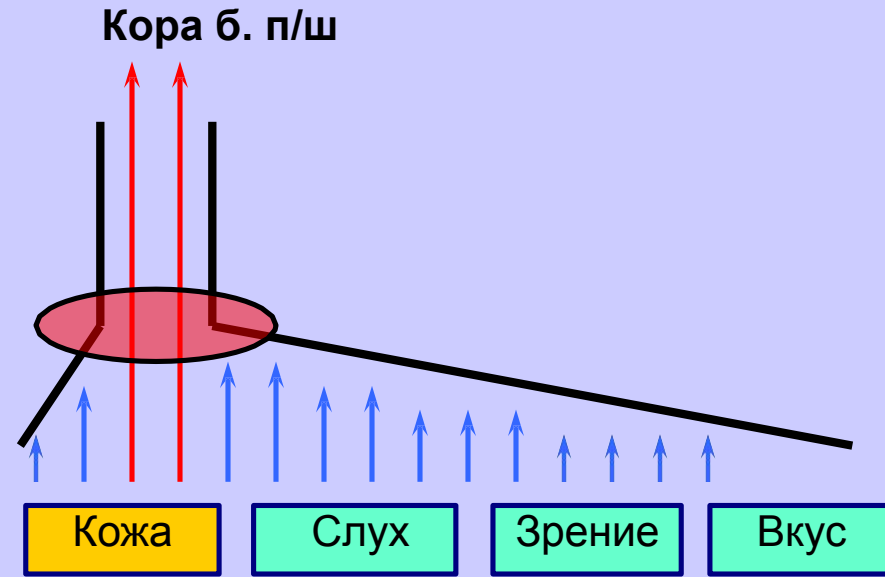
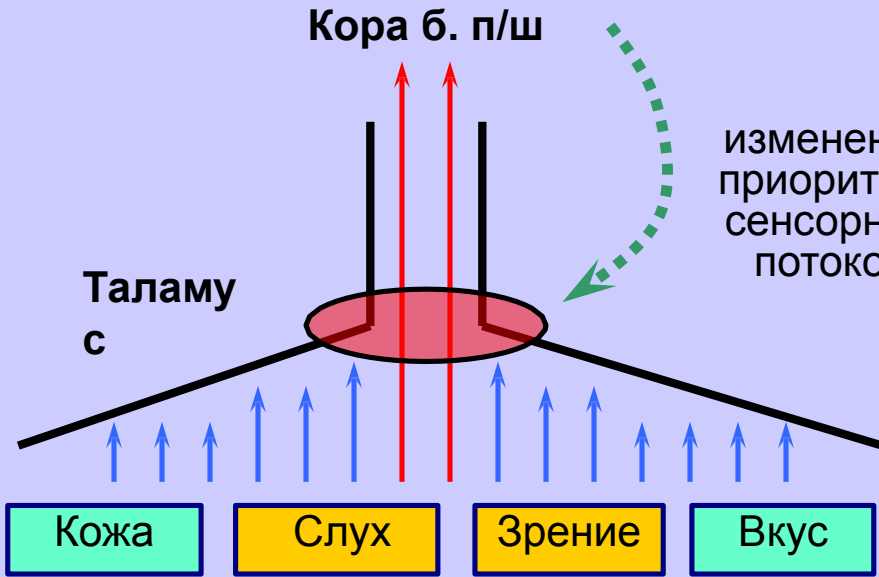
Сигналы, поступающие в такой форме, коре гораздо легче воспринимать и анализировать (улучшение отношения «сигнал / шум»).

Кора б. п/ш.



Таким образом, всякий сигнал (прежде всего, сенсорный) должен доказать, что «достоин» обработки в коре – только тогда он сможет миновать таламус.

Деятельность таламуса можно сравнить с воронкой, пропускающей в кору только небольшую часть информации, причем положение «отверстия» воронки способна регулировать сама кора.



Как себя чувствует правая пятка?



Значимость сенсорных систем для эстетического восприятия мира (зрительного, слухового): новизна + активация центров положительных эмоций (еда, запахи, кожная и вестибулярная чувствительность и др.)

Значимость сенсорных систем для организации поведения, оценки его результатов, запоминания успешных программ (кратковрем. и долговрем. память)

