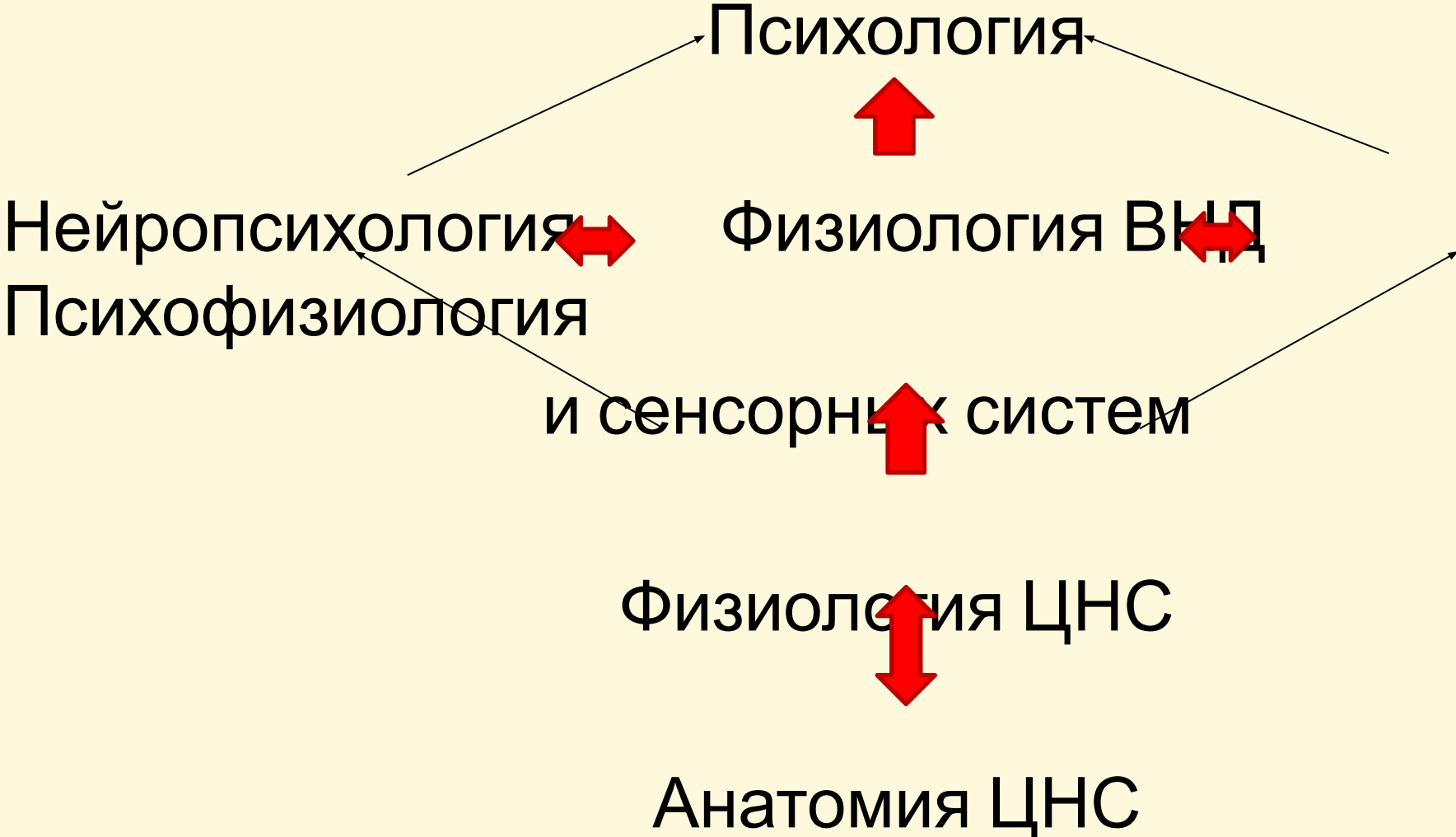


# Связь физиологии ЦНС с психологией



**Нервная система** - координатор деятельности всех органов и систем живого организма. Она воспринимает стимулы (раздражители) от внешней среды и от органов, тканей, клеток самого организма, перерабатывает и обобщает всю поступающую информацию и соответственно регулирует функционирование организма и его поведение.

1. Основные понятия физиологии.  
Принципы организации физиологических функций.

## **ФИЗИОЛОГИЯ**

*(от лат. phisis – природа, logos – наука)*

***Это наука о функциях (механизмах жизнедеятельности) целостного здорового организма и регуляции этих функций в условиях приспособления организма к изменяющейся среде.***

***Физиология – наука о динамике процессов жизнедеятельности.***

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ФИЗИОЛОГИИ

**Физиологическая система** – наследственно закрепленная совокупность органов и тканей, выполняющая общую функцию, иногда несколько функций.

Например, **функции пищеварительной системы:**

- **поступление питательных веществ в организм,**
- **выделение (переваренных остатков и метаболитов),**
- **эндокринная,**
- **участие в регуляции водно-солевого обмена и КОС,**
- **защитная**

**Функция** (от лат. *functio* – деятельность) – это специфическая деятельность специализированных образований (на различных уровнях: клеточный, тканевой, организменный, социум), которая протекает в виде процесса, направленного на достижение **конечного полезного приспособительного результата**.

Морфофункциональным аппаратом саморегуляции в организме являются функциональные системы.



академик П.К. Анохин

Учение о функциональных системах в живых организмах создано академиком П. К. Анохиным (1935).

- **Функциональная система – динамическая совокупность центральных и периферических структур и механизмов, которые на основе взаимодействия обеспечивают получение конечных полезных результатов**

Функциональные системы поддерживают оптимальные физиологические показатели, обеспечивающие удовлетворение биологических, социальных и духовных потребностей.

# Достижение полезного приспособительного результата возможно на основе регуляции

**Регуляция** – это комплекс процессов, обеспечивающих приспособление уровня функционирования всех органов и систем органов к изменившимся условиям жизнедеятельности.

**Механизм** – это способ регулирования процесса или функции (местный, нервный, гуморальный, центральный).

**Саморегуляция** – это комплекс процессов, направленных на нормализацию, на возвращение функциональной активности к исходному уровню после того, как перестанут действовать причины, вызвавшие это отклонение.

Фактором, включающим саморегуляторные процессы, является само отклонение функции от нормы. Об этих изменениях организм узнает посредством *рецепторов*, контролирующих постоянство параметров гомеостаза.

**Конечный полезный приспособительный результат – это поддержание некоего постоянства внутренней среды организма - гомеостаза.**

- **Гомеостаз** - постоянство внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма, а также совокупность физиологических процессов, обеспечивающих это постоянство (Клод Бернар, 1878; Уолтер Кенно, 1929).
- **Гомеокинез** - подчеркивает относительность постоянства внутренней среды, существование изменения ее показателей, например, в результате действия суточных биоритмов.

**Нейрофизиология -  
специальный раздел  
физиологии, изучающий  
функции нервной системы и ее  
основных структурных единиц  
– нейронов.**



## ПРЕДМЕТ НЕЙРОФИЗИОЛОГИИ

- функционирование нервной системы и нейрона

## ЗАДАЧИ

- закономерности функционирования центральной нервной системы (ЦНС),
- нейронная организация ЦНС,
- механизмы возбуждения и торможения нейронов ЦНС,
- медиаторы и их физиологическая роль,
- рефлекторный принцип деятельности ЦНС,
- общие закономерности высшей нервной деятельности (ВНД) и их особенности

## МЕТОДЫ

- метод наблюдения;
- метод экстирпации
- метод поперечных перерезок
- метод раздражения
- стереотаксическая методика
- метод условных рефлексов
- нейрофизиологическое обследование

# ***Физиологические свойства нервных клеток:***

- **Раздражимость** – способность живых клеток реагировать на воздействия внешней среды
- **Возбудимость** – свойство клеточных мембран отвечать на действие адекватных раздражителей специфическими изменениями ионной проницаемости и мембранного потенциала.

- **Раздражимость** – это универсальное свойство всех биологических систем (от клетки до популяционного уровня) отвечать на любое воздействие неспецифической реакцией ненаправленного приспособительного характера.
- **Возбудимость** – это свойство высокодифференцированных клеток (нервной, мышечной и железистой) на специфическое воздействие отвечать специфической реакцией направленного специфического характера, т.е. на действие раздражителей отвечать процессом **возбуждения**.

***Все ткани организма в зависимости  
от свойств клеточных мембран  
делятся на***

- Электровозбудимые;
- Хемовозбудимые;
- Механовозбудимые.

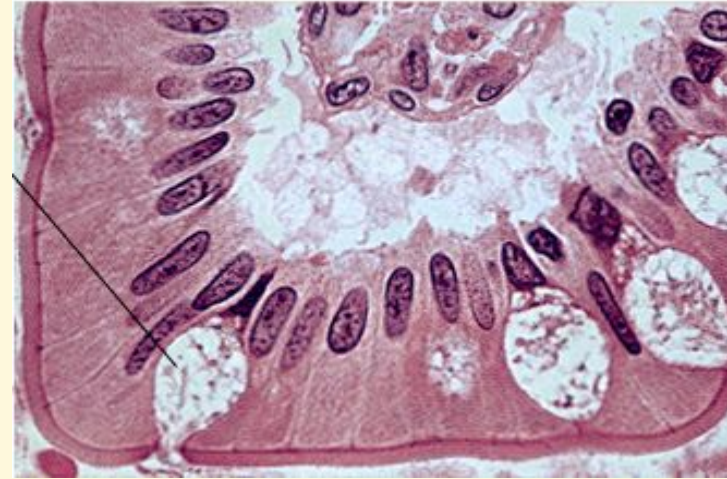
В основе возбуждения лежат электрические процессы.

### 3. Возбудимые ткани и их свойства

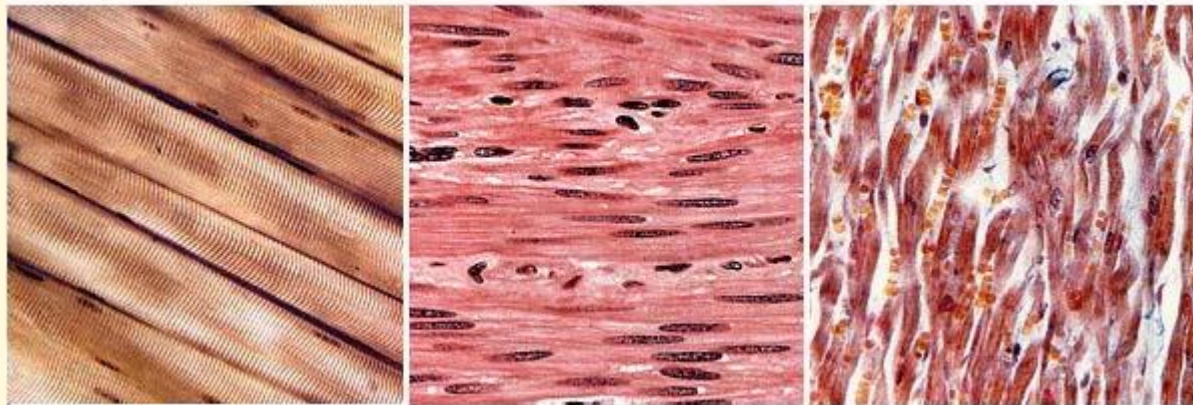
нервная ткань



железистая ткань



мышечная ткань



поперечно-полосатая

гладкая

сердечная

Возбуждение – такое состояние возбудимой ткани, которое характеризуется быстрым колебанием электрического потенциала клеточной мембраны, что проявляется в конечном итоге формированием специфического ответа – нервного импульса, мышечного сокращения или секреторного ответа.



***Физиологические свойства возбудимых тканей:***

- 1) Возбудимость
- 2) Проводимость
- 3) Сократимость
- 4) Автоматия

## Раздражимость. Типы Раздражителей.

Любая живая ткань может находиться как в *состоянии покоя*, так и в *деятельном состоянии*. Но даже, если ткань находится в состоянии покоя, для неё характерен оптимальный для данного состояния уровень обменных процессов, т.е. покой не абсолютный, а относительный – ***физиологический***.

В деятельном состоянии ткани отмечается увеличение обменных, тепловых процессов, возникают качественно новые реакции, прежде всего – электрические.

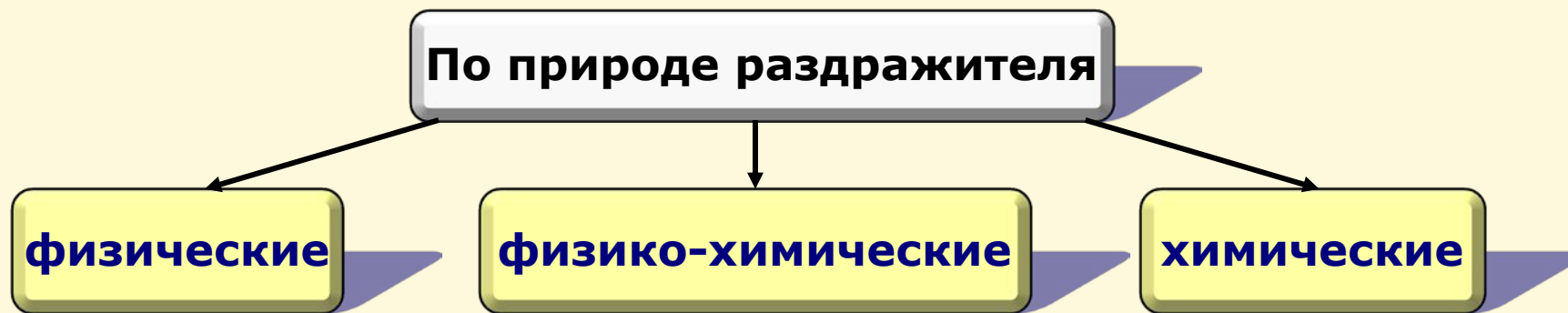


Раздражитель – любое изменение внешней среды или внутреннего состояния организма, воспринимаемое клетками и вызывающее ответную реакцию.

**Чтобы вызвать ответную реакцию, раздражитель**

- 1) должен быть достаточно велик по силе (порог силы),**
- 2) возникать достаточно быстро (крутизна нарастания),**
- 3) действовать достаточное время (порог времени)**

# КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ



*-температурные,  
-механические,  
-электрические,  
-световые,  
-звуковые*

*-осмотическое  
давление,  
-рН,  
-электролитный  
состав,  
-коллоидное  
состояние,*

*Химические соединения:  
1) образующиеся в организме  
гормоны,  
метаболиты  
2) поступающие извне  
кислоты,  
щелочи,  
лекарственные препараты  
яды*

# По физиологическому значению

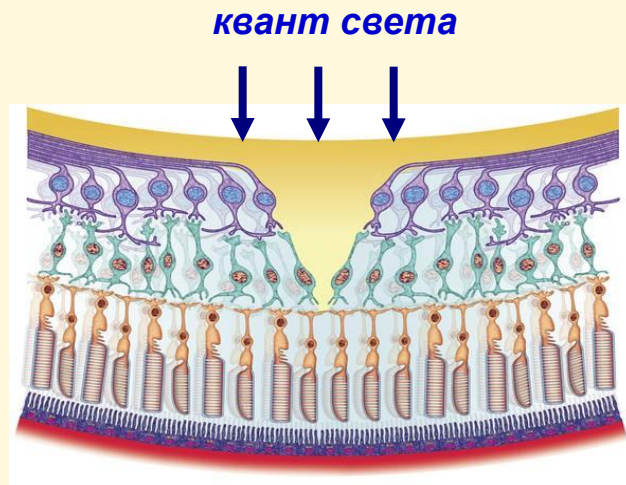
**Адекватные**

Раздражитель, к которому клетка в процессе эволюции приобрела наибольшую чувствительность вследствие развития специальных структур, воспринимающих этот раздражитель

**Неадекватные**

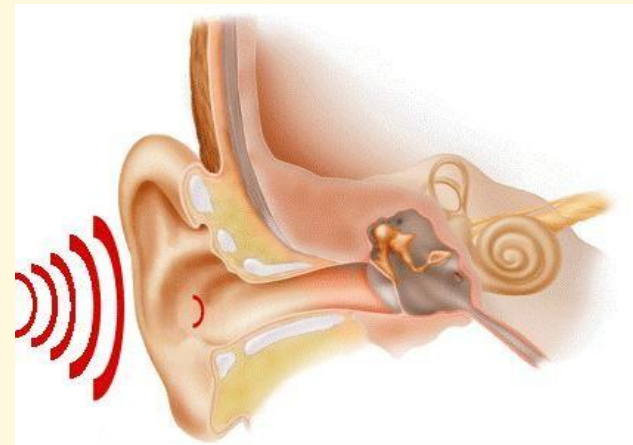
Раздражитель, к действию которого клетка в не приспособлена

## Адекватные раздражители



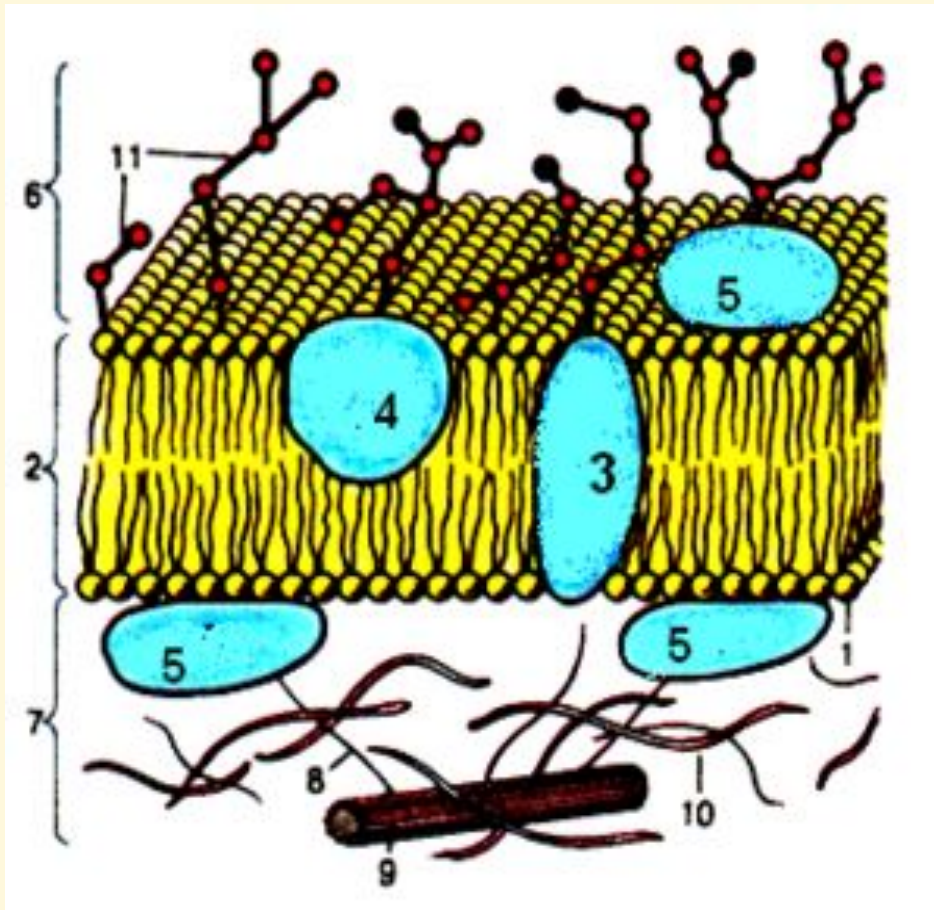
*палочки и колбочки сетчатки*

звуковая волна



*волосковые клетки улитки*

# Схема строения клеточной мембраны:

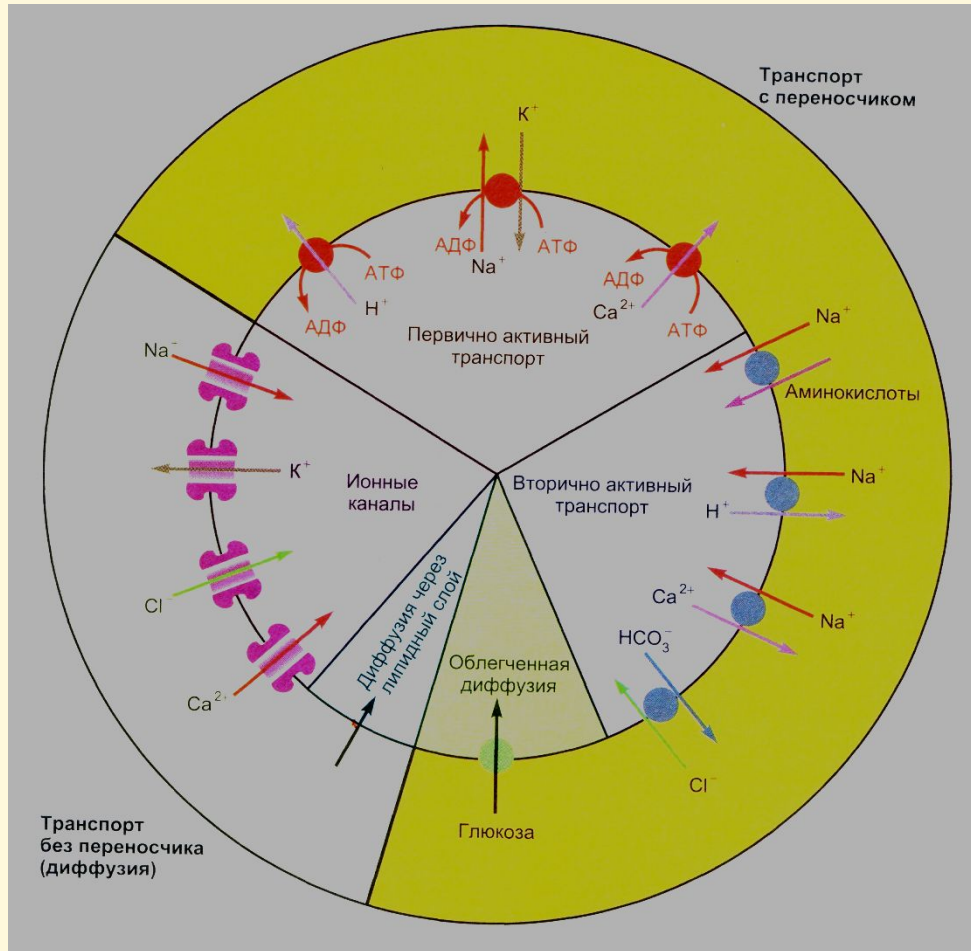


1. молекула липида;
2. липидный бислой;
3. интегральные белки;
4. полуинтегральные белки;
5. периферические белки;
6. гликокаликс;
7. субмембранный слой;
8. актиновые микрофиламенты;
9. микротрубочки;
10. промежуточные филаменты;
11. углеводные части молекул гликопротеинов и гликолипидов

# Функции мембран

- Мембрана – граница между внутренней и внешней средами клетки, отличающимися по физико-химическим показателям;
- Участие в процессах обмена веществ благодаря наличию встроенных ферментных систем;
- Регуляция физиологических процессов, протекающих в клетке (на мембранах расположены рецепторы, воспринимающие сигналы извне и преобразующие их в команды, регулирующие внутренние процессы)

# Пути проникновения веществ через мембрану клетки



Существуют 2 принципиальных механизма перемещения веществ через мембрану:

1. простая диффузия
2. при помощи переносчиков, встроенных в мембрану.

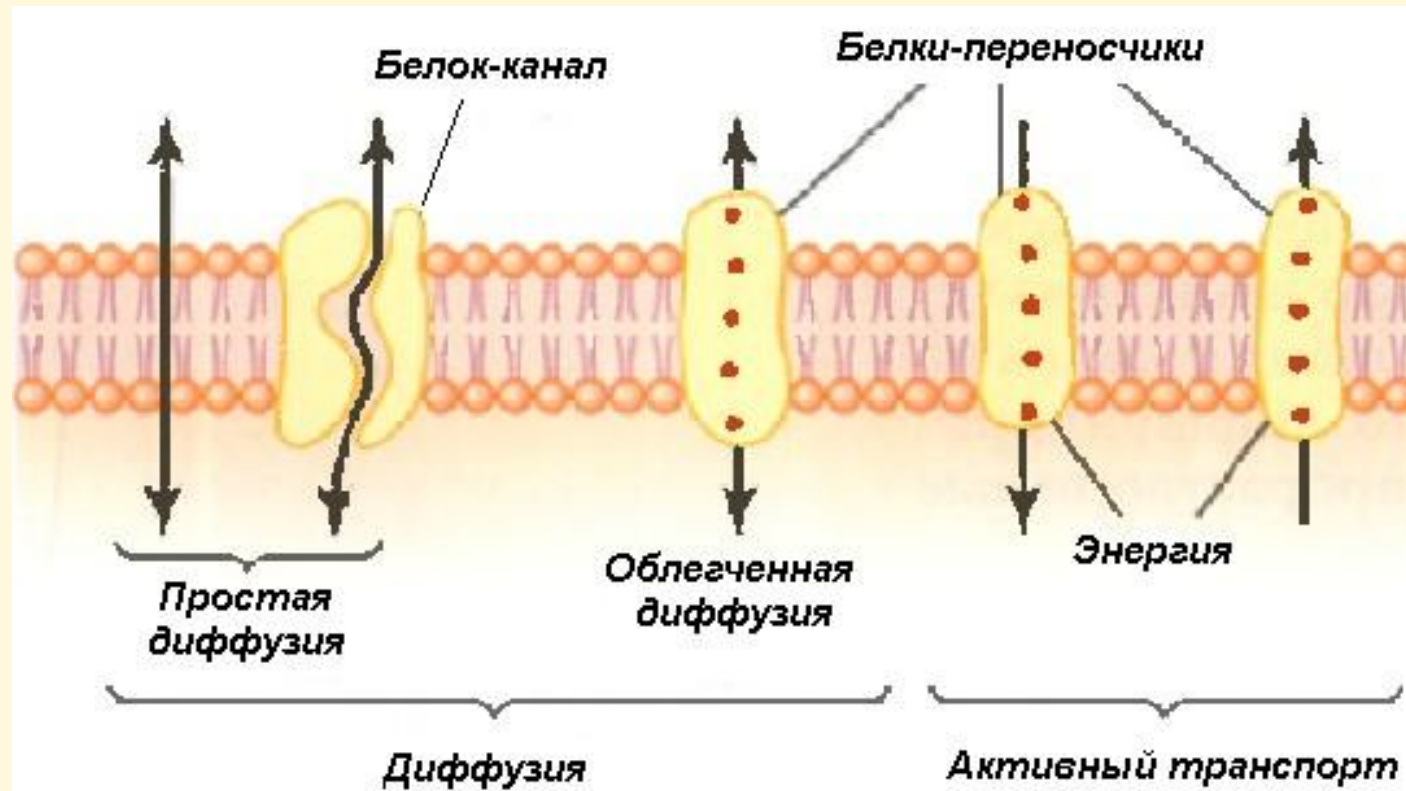
*К простой диффузии относят:*

- перенос через липидный бислой;
- пассивный транспорт через ионные каналы;
- движение воды через мембрану (осмос).

*Перемещение при помощи переносчиков осуществляется:*

- путем облегченной диффузии;
- путем первичноактивного транспорта;
- путем вторичноактивного транспорта.

# Транспортные системы клетки

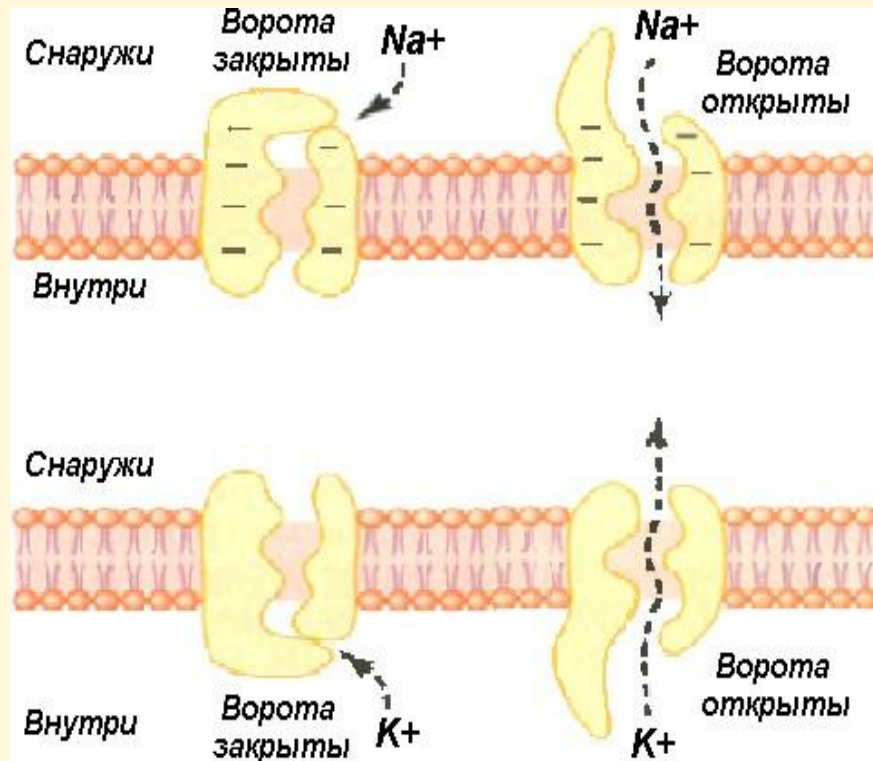


**Транспортные пути через клеточную мембрану  
и основные механизмы транспорта**

(по А. Гайтон, Д. Холл)

**Пассивный транспорт** – диффузия частиц через систему трансмембранных каналов.

**Ионные каналы** – это интегральные белки мембраны, состоящие из нескольких субъединиц, образующих пору



### **Особенности ионных каналов:**

- 1) избирательная проницаемость (селективность)** для определенных веществ;
- 2) наличие у каналов (кроме каналов «утечки») **воротного механизма**, определяющего закрытое (инактивированное) или открытое (активированное) состояние канала

### **Регуляция проницаемости канала:**

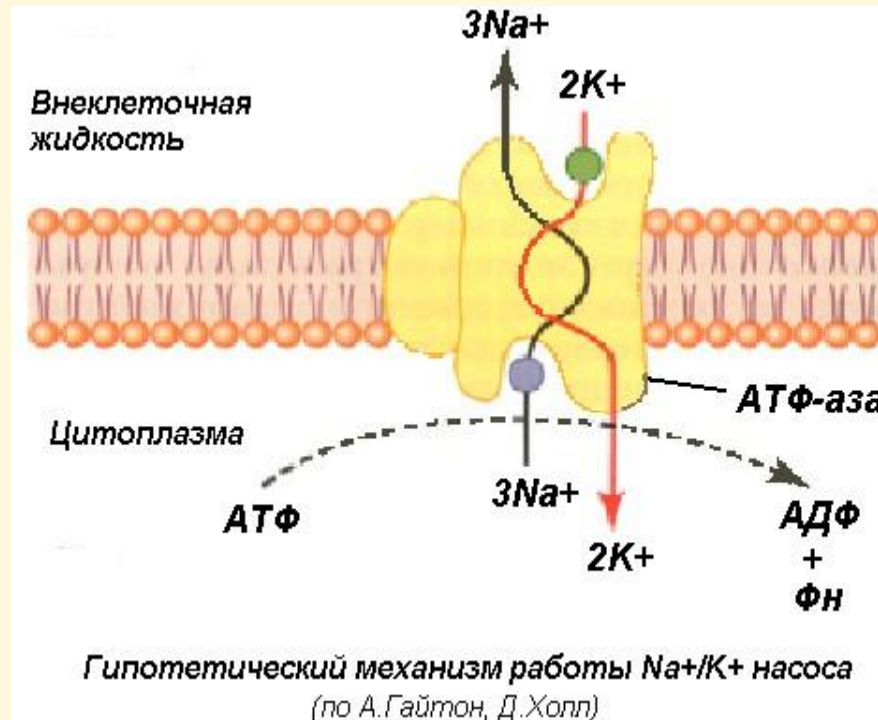
- поляризация мембраны – **потенциалуправляемые каналы**,
- влияние эндогенных и экзогенных **химических веществ** (нейромедиаторов, гормонов, лекарств) – **хемоправляемые каналы**



**Активный транспорт** – процесс перемещения молекул или ионов через клеточную мембрану против электрического или концентрационного градиента, осуществляемый с затратой энергии. Ионные помпы (насосы) – трансмембранные белковые транспортные системы, обеспечивающие активный транспорт **Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> АТФаза** переносит против концентрационных градиентов **3 иона Na<sup>+</sup>** из клетки в обмен на **2 иона K<sup>+</sup>** внутрь клетки, используя при этом энергию 1 молекулы АТФ

**Значение:**

- 1) Создает и поддерживает трансмембранный градиент концентрации для ионов Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> в состоянии покоя и в состоянии возбуждения;
- 2) Обладает электрогенностью, т.е. создает дополнительную электроотрицательность внутри клетки.
- 3) Обеспечивает целостность клетки.



# **Основные виды электрических ответов нервных клеток:**

- Локальный ответ;
- Потенциал действия;
- Возбуждающий и тормозной постсинаптические потенциалы;
- Генераторный потенциал.

В основе всех этих потенциалов лежат обратимые изменения проницаемости мембраны для определенных токов.

# Мембранно-ионная теория. Природа потенциала покоя

- 1902 г. - И. Бернштейн сформулировал основные положения мембранно-ионной теории возбудимости
- 1949-1952 г.г. – мембранно-ионная теория экспериментально обоснована Ходжкином, Хаксли и Катцем.
- Согласно мембранно-ионной теории: **возбудимость определяется наличием у возбудимых клеток в покое электрически поляризованной мембраны – мембранного потенциала покоя.**

# *Потенциал покоя*

**ПП** - это разность электрических потенциалов между внутренней и наружной сторонами мембраны, когда клетка находится в состоянии физиологического покоя. Его средняя величина составляет  $-70$  мВ (милливольт), то есть внутренняя сторона мембраны заряжена отрицательно по отношению к наружной.

Важно также понимать, что в нервной системе электрические заряды создаются не электронами, как в металлических проводах, а ионами - химическими частицами, имеющими электрический заряд. Электрический ток в организме и его клетках - это поток ионов, а не электронов, как в проводах.

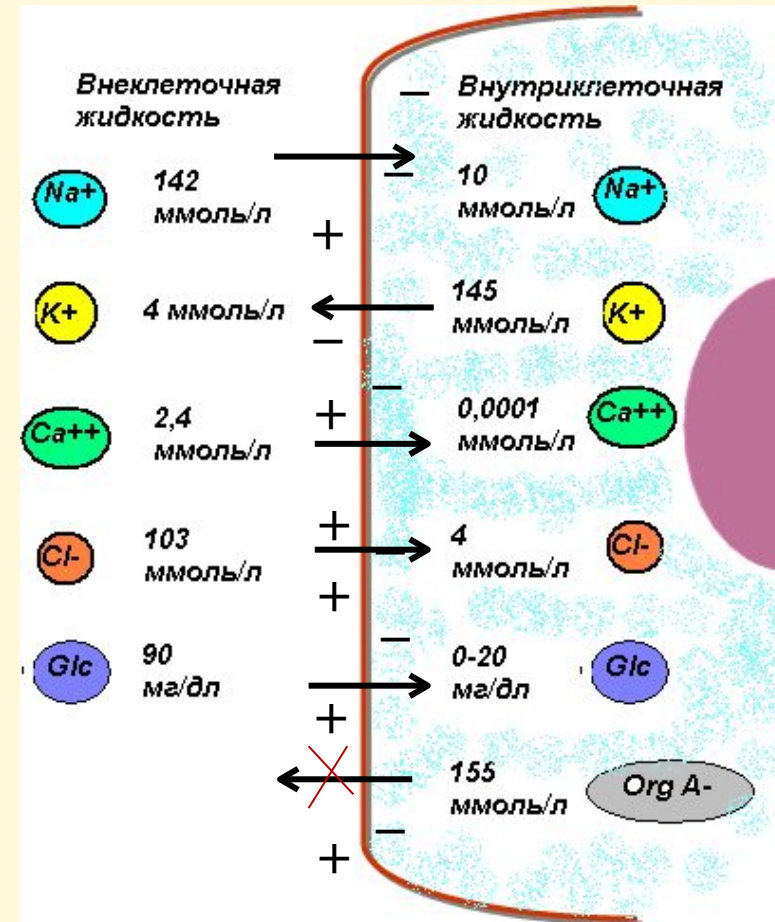
# Потенциал покоя создается

- Во-первых, за счет работы АТФ-зависимого **Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> насоса** (асимметричного обмена Na<sup>+</sup> на K<sup>+</sup> в соотношении 3 : 2 ). В результате :
  - содержание ионов натрия (Na<sup>+</sup>) в клетке в 50 раз меньше, чем снаружи;
  - содержание ионов калия (K<sup>+</sup>) в клетке в 30 раз выше, чем снаружи;
  - на мембране появляется слабый электрический потенциал (-10 мВ).
- Во-вторых, **благодаря утечки ионов K<sup>+</sup> из клетки**. Ионы калия K<sup>+</sup> покидая клетку, уносят с собой из неё положительные заряды, доводя отрицательность до -70 мВ.

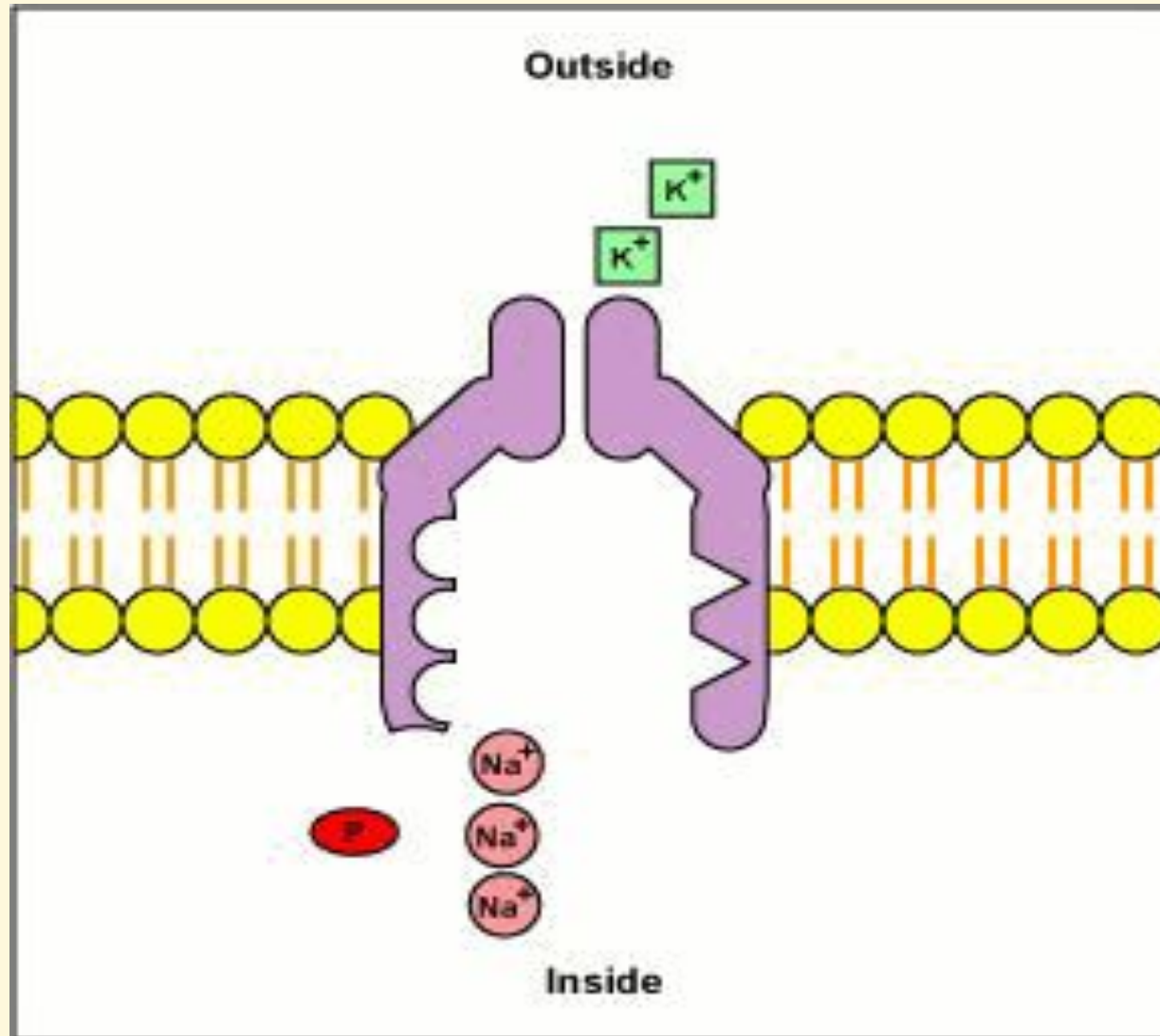
Непосредственной причиной существования МПП является неодинаковая концентрация ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  внутри и вне клетки, т.е. наличие *концентрационных и электрических градиентов*, а также *различной проницаемостью мембраны для этих ионов*

**Механизмы формирования градиентов:**

- 1) пассивный транспорт** – простая диффузия ионов через мембрану клетки,
- 2) активный транспорт** – специализированные транспортные системы клетки, использующие энергию АТФ для перемещения частиц против градиента концентрации

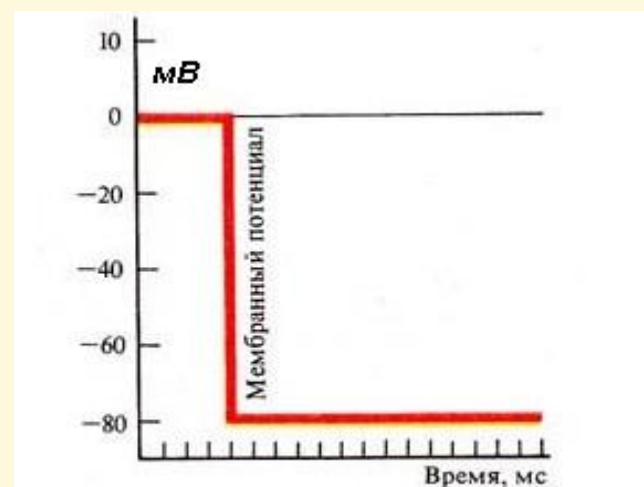
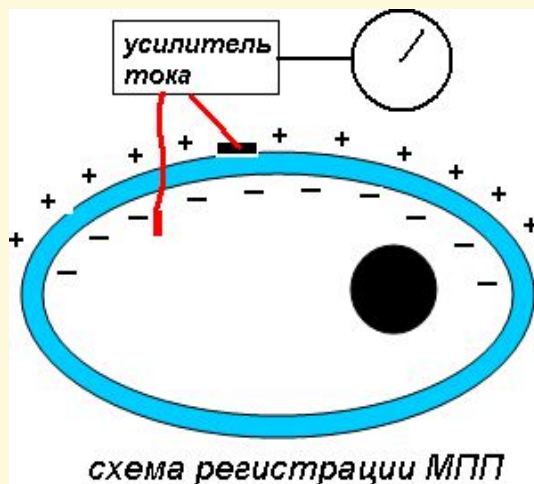


# АТФ-зависимый Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> насос



## Основные положения мембранно-ионной теории возбуждения

1. В покое мембрана клетки находится в состоянии *статической поляризации*, которая носит название **мембранный потенциал покоя МПП**.



*графическое изображение МПП*

**Мембранный потенциал покоя** – это трансмембранная разность потенциалов между двумя прилегающими к плазматической мембране водными фазами (внеклеточной и внутриклеточной), регистрируемый до начала действия раздражителя (в покое). При этом внутриклеточная жидкость (цитозоль) заряжена отрицательно по отношению к внеклеточной жидкости, потенциал которой принимается равным нулю.



# ***Возбудимость нейрона***

Порог возбудимости аксонного холмика - 10 мВ,  
тела клетки - 50 мВ;

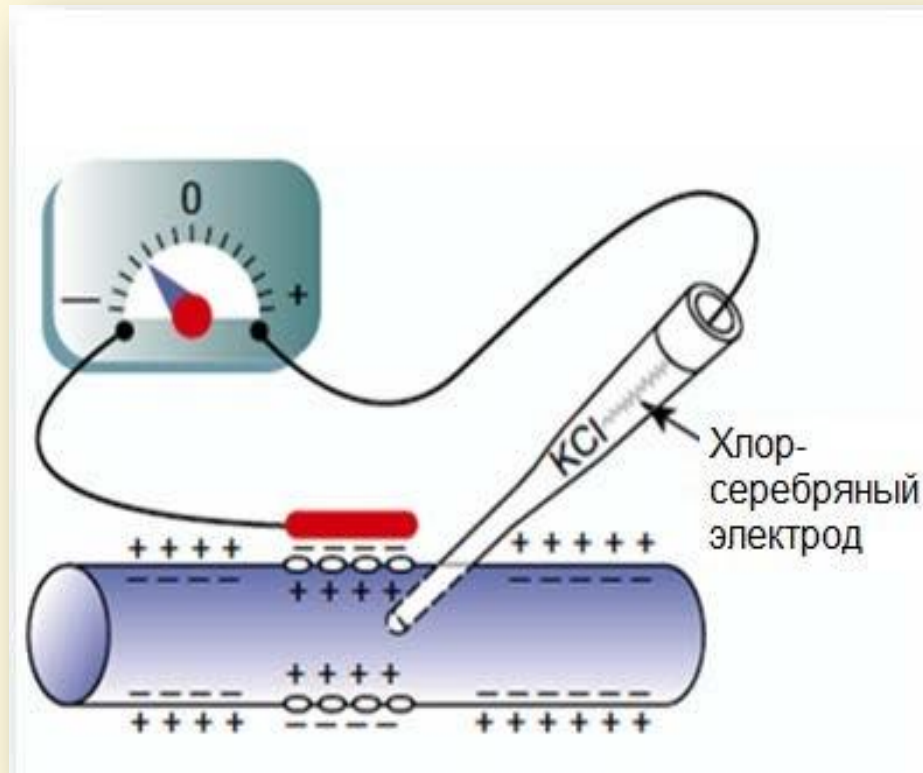
Величина потенциала покоя составляет - 70-120  
мВ; Длительность спайка - 1-2 мс;

Длительность следовой  
электроотрицательности - 4-6 мс;

Длительность следовой  
электроположительности - 30-40 мс;

Лабильность нейронов в среднем 400 ПД/с,  
интернейронов спинного мозга до 1000 ПД/с.

В процессе возбуждения происходит быстрое  
(в течение долей секунды) изменение проницаемости  
мембраны для ионов



Мембрана становится  
более проницаемой для  
 $\text{Na}^+$  чем для  $\text{K}^+$  и  
входящий ток  $\text{Na}^+$   
вызывает перезарядку  
поверхности  
мембраны.

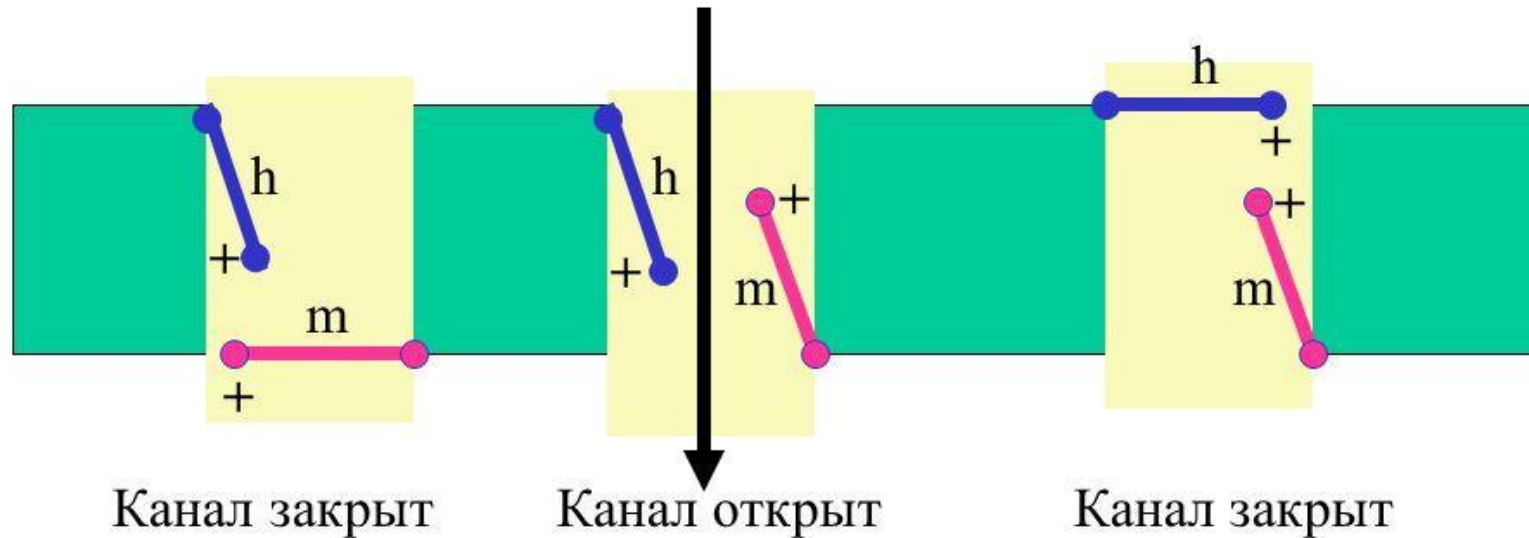
# Натриевый канал

## Состояния

ПОКОЯ

АКТИВАЦИИ

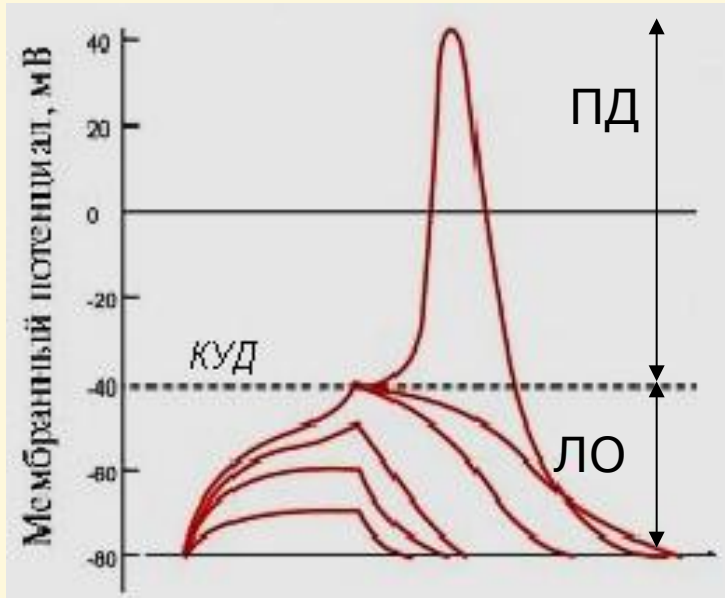
ИНАКТИВАЦИИ



$h$ ,  $m$  - независимые подвижные диполи (ворота)

# Локальный ответ

При действии **допороговых раздражителей** (сила раздражителя меньше пороговой) на мембране возникает **местная деполяризация**, или **локальный ответ**.



## Свойства локального ответа:

- 1) Амплитуда зависит от силы раздражителя (закон силы).
- 2) Способен к суммации.
- 3) Во время локального ответа возбудимость повышена.
- 4) Распространяется с затуханием амплитуды на небольшое расстояние (в пределах 1 мм)

## Основная функциональная роль локального ответа:

деполяризует мембрану до критического уровня деполяризации, что приводит к развитию **потенциала действия**.

# *Потенциал действия*

**ПД** - быстрое колебание мембранного потенциала, возникающее при возбуждении нервных и мышечных клеток (волокон), основанное на быстро обратимых изменениях ионной проницаемости клеточной мембраны, связанных с активацией и инактивацией ионных мембранных каналов. **В нервных волокнах восходящая фаза ПД связана с активацией быстрых натриевых каналов (БНК), а нисходящая фаза — с инактивацией БНК и активацией калиевых каналов (КК).**

## Потенциал действия

**Потенциал действия (ПД)** – это электрофизиологический процесс, выражающийся в быстром колебании мембранного потенциала вследствие резкого изменения проницаемости клеточной мембраны и диффузии ионов в клетку и из клетки.

**Роль ПД:** основной способ передачи сигналов между нервными клетками, нервными центрами и рабочими органами, в мышцах ПД обеспечивает процесс электромеханического сопряжения.

# Механизм ПД

## ВОСХОДЯЩАЯ ФАЗА ПД:

- раздражитель пороговой или сверхпороговой силы увеличивает проницаемость мембраны для ионов  $\text{Na}^+$ ; согласно электрохимическому градиенту ионы  $\text{Na}^+$  входят внутрь клетки и вызывают ее локальную деполяризацию (-40...-50 мВ);
- при уменьшении МП до КУД происходит активация потенциал-зависимых натриевых каналов (открытие быстрых m-ворот);
- проницаемость мембраны для ионов  $\text{Na}^+$  резко увеличивается и входящий натриевый ток превышает выходящий калиевый – деполяризация приобретает **регенеративный характер**;
- внутренняя поверхность мембраны заряжается положительно по отношению к наружной – инверсия заряда, овершут (+30...+50 мВ);
- постепенная инактивация натриевых каналов (открытие медленных h-ворот)

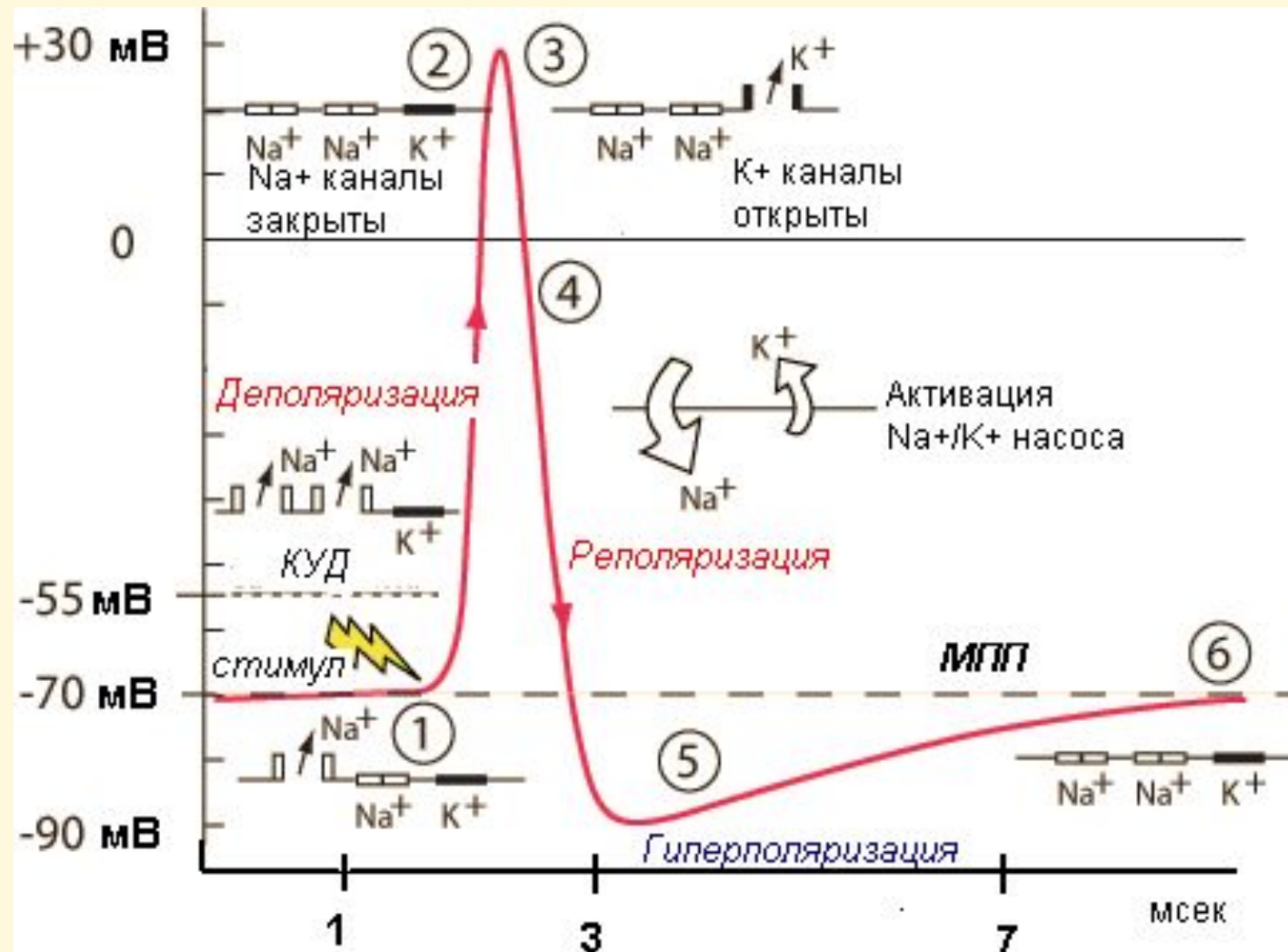
## НИСХОДЯЩАЯ ФАЗА ПД

- активация потенциалзависимых калиевых каналов и инактивация натриевых каналов, восстановление заряда мембраны до исходного уровня

## СЛЕДОВЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

- активация  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  насоса;
- восстановительные процессы в клетке вслед за возбуждением

## Механизм ПД





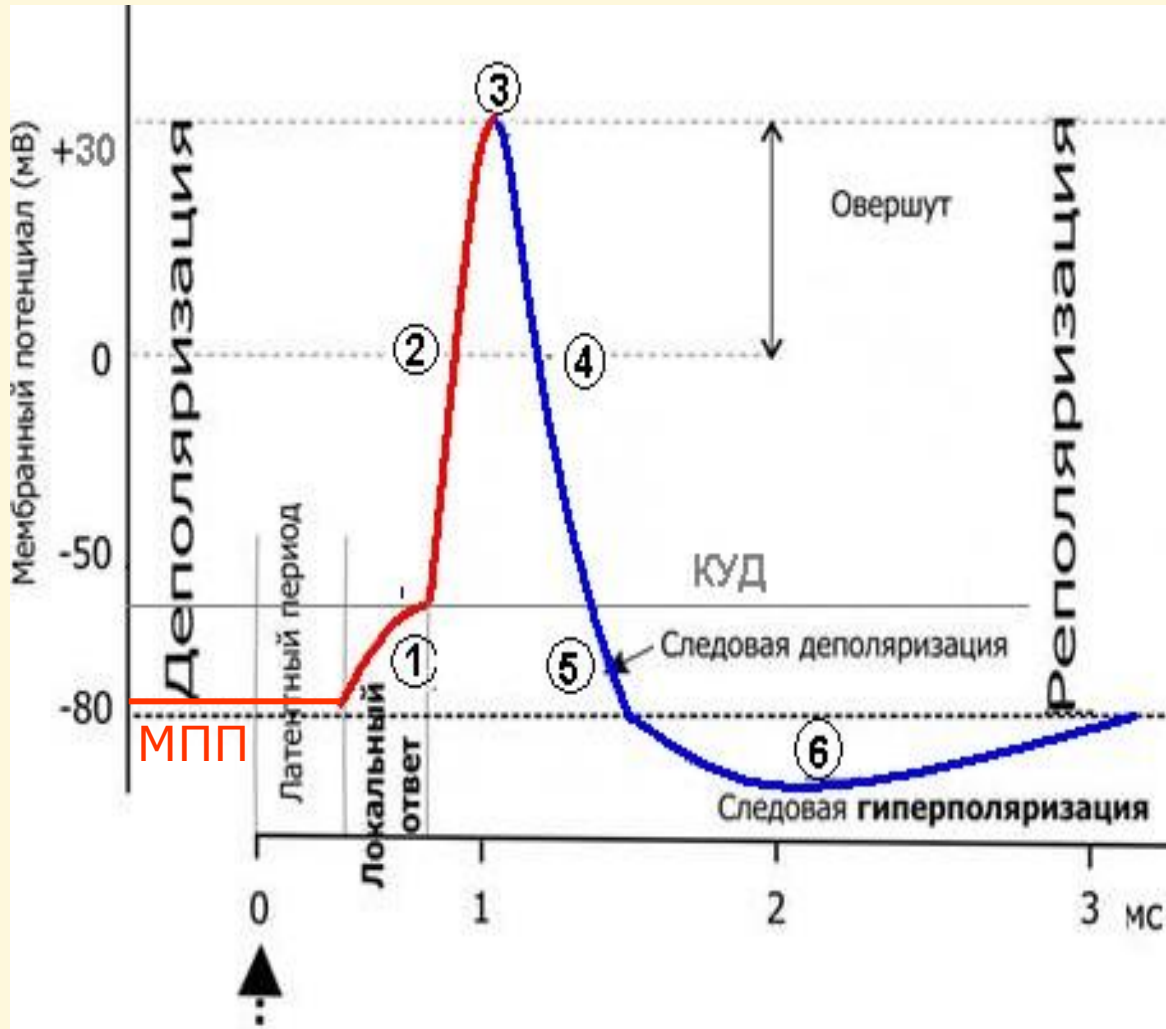
## Свойства потенциала действия

- Возникает в ответ на действие пороговых и сверхпороговых раздражителей (подчиняется закону «**всё или ничего**»).
- Возникает на фоне местной деполяризации (**локального ответа**), которая по величине должна достигнуть критического уровня – **КУД**.
- ПД **не растёт ни во времени, ни в пространстве** при усилении раздражителя и увеличении времени его действия.
- ПД распространяется без затухания (**бездекрементный процесс**).
- При действии частотного раздражителя отдельно возникнувшие ПД в ответ на действие каждого раздражителя **не суммируются**.
- Длительность ПД в среднем значении 1-3 мс, амплитуда – 110- 120 мВ

# Фазы потенциала действия

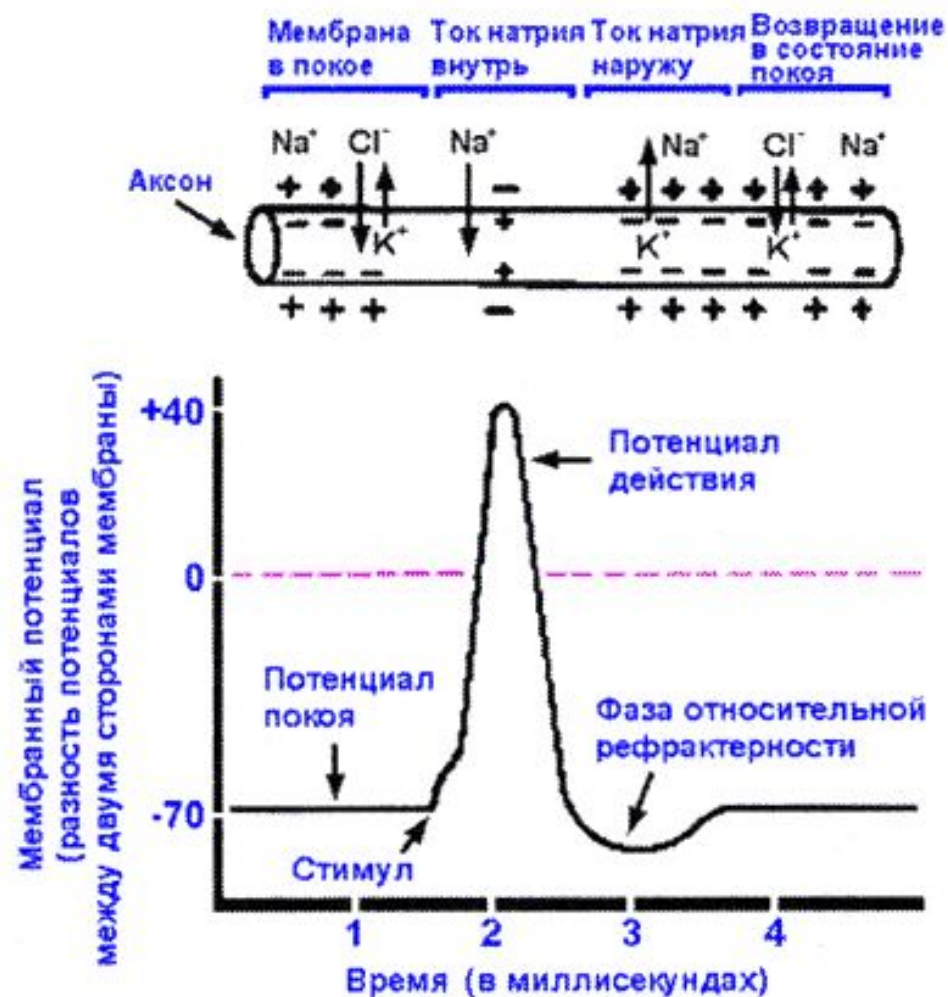
- **Предспайк** — процесс медленной деполяризации мембраны до критического уровня деполяризации (местное возбуждение, **локальный ответ**).
- **Пиковый потенциал, или спайк**, состоящий из восходящей части (деполяризация мембраны) и нисходящей части (реполяризация мембраны).
- **Отрицательный следовой потенциал** — от критического уровня деполяризации до исходного уровня поляризации мембраны (следовая деполяризация).
- **Положительный следовой потенциал** — увеличение мембранного потенциала и постепенное возвращение его к исходной величине (следовая гиперполяризация).

## График ПД

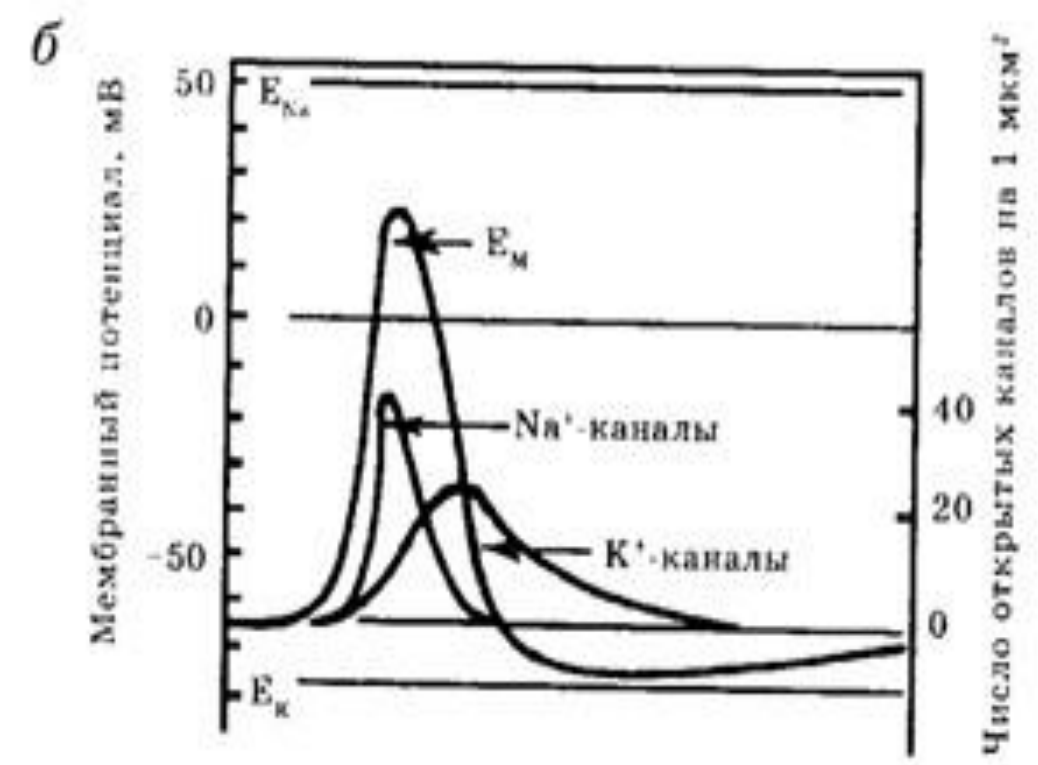


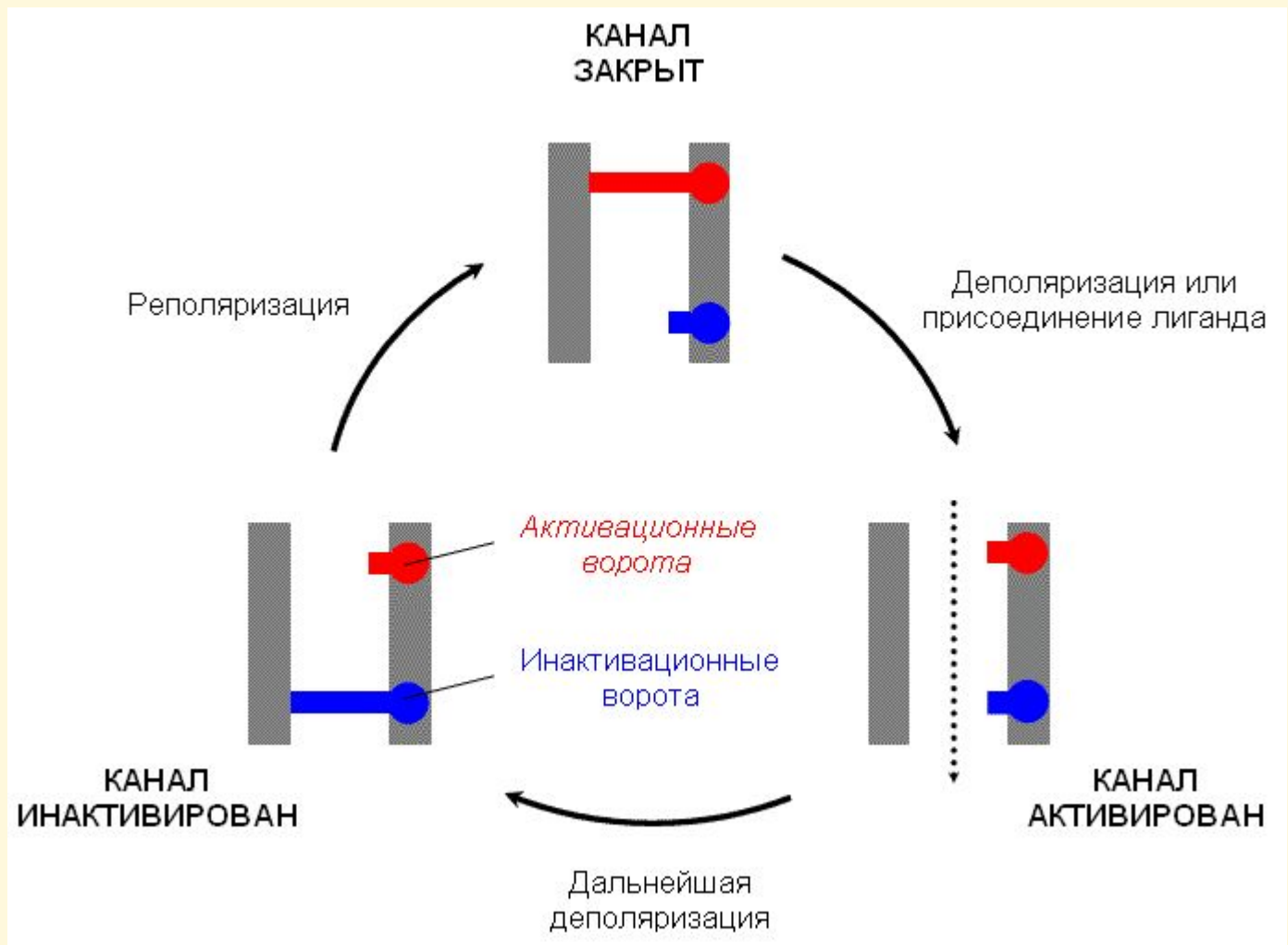
## Фазы ПД

- 1 – местная депполяризация (локальный ответ)
- 2 – распространяющаяся депполяризация, восходящая часть «спайк»-потенциала
- 3 – овершут (инверсия)
- 4 – реполяризация (нисходящая часть «спайк»-потенциала)
- 5 – следовая депполяризация (следовой отрицательный потенциал)
- 6 – следовая гиперполяризация (следовой положительный потенциал)



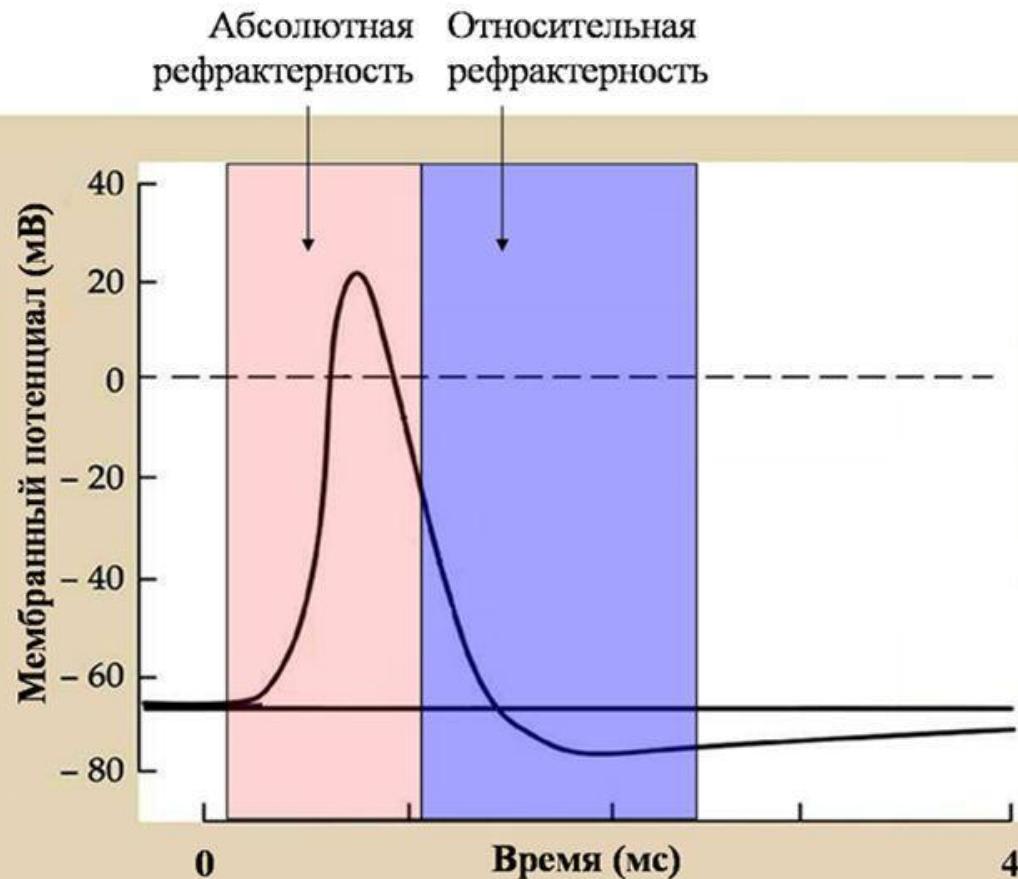
Р и с . 128. Потенциал действия. Развитие потенциала действия, сопровождающееся изменением электрического напряжения (от -70 до +40 мВ), обусловлено восстановлением равновесия между положительными и отрицательными ионами по обе стороны мембраны, проницаемость которой на короткое время увеличивается (по Ж. Годфруа)





## Рефрактерность –

Снижение способности клетки отвечать на раздражение в результате временной инактивации натриевых каналов



Абсолютная рефрактерность – генерация ПД невозможна

Относительная рефрактерность – генерация ПД возможна при увеличении интенсивности раздражителя, т.к. некоторая часть каналов для  $\text{Na}^+$  еще инактивирована

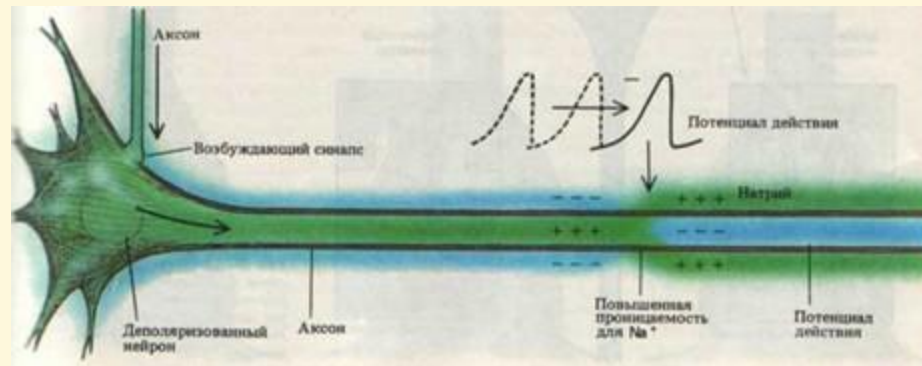
## ***Закон «всё-или-ничего»***

- Согласно закону **«всё-или-ничего»** мембрана клетки возбудимой ткани либо не отвечает на стимул совсем, либо отвечает с максимально возможной для неё на данный момент силой. То есть, если стимул слишком слаб и порог не достигнут, потенциал действия не возникает совсем; в то же время, пороговый стимул вызовет потенциал действия такой же амплитуды, как и стимул, превышающий пороговый.



# Проводимость нейрона

Скорость проведения по нейрону зависит от строения нервного волокна (наличия, отсутствия миелиновой оболочки) и его диаметра. Миелиновые волокна проводят нервный импульс со скоростью 5-120 м/с;; Немиелинизированные нервные волокна – 0,5-2 м/с.

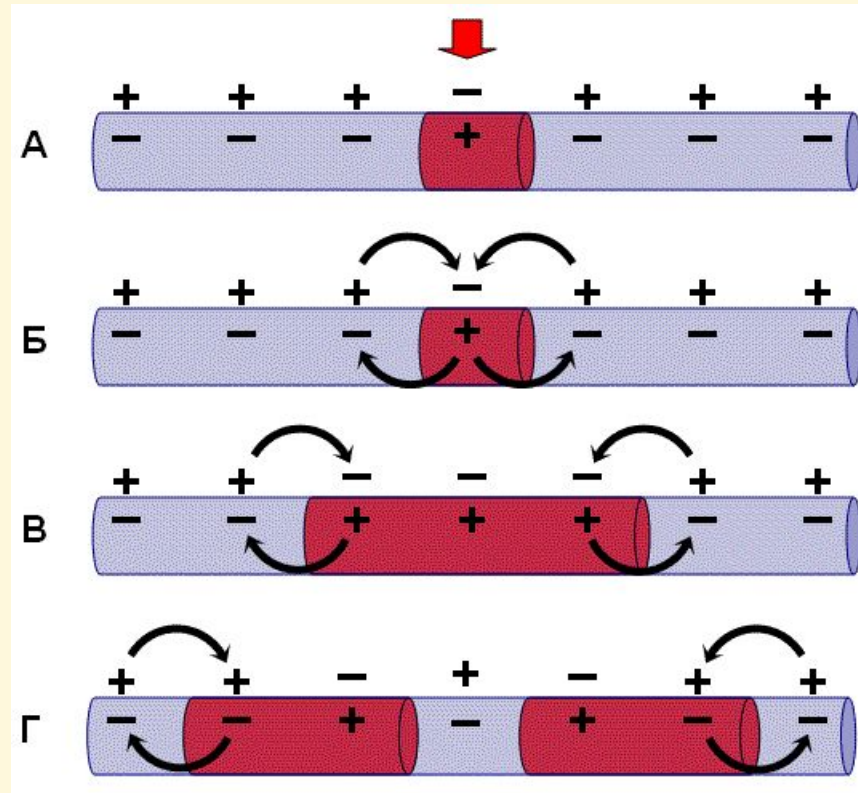


## Распространение потенциала действия по немиелинизированным волокнам

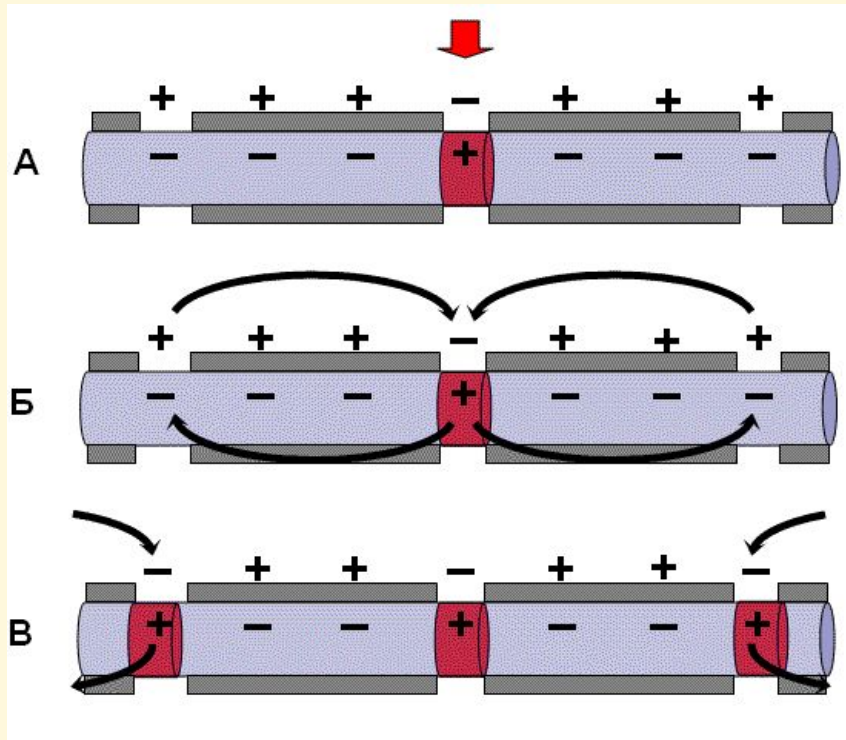
По немиелинизированному волокну ПД распространяется непрерывно.

**Возбуждение распространяется за счет малых круговых токов,** которые возникают между возбужденными и невозбужденными участками мембраны. Ток при этом распространяется от «+» заряда к «—». В результате развивается деполяризация соседнего участка, увеличивается его проницаемость для ионов Na и появляется потенциал действия. В исходной же зоне возбуждения, находящейся в периоде рефрактерности, восстанавливается потенциал покоя. Затем возбуждением охватывается следующий участок мембраны и т. Возбуждение постепенно охватывает соседние участки осевого цилиндра и так распространяется до конца аксона.

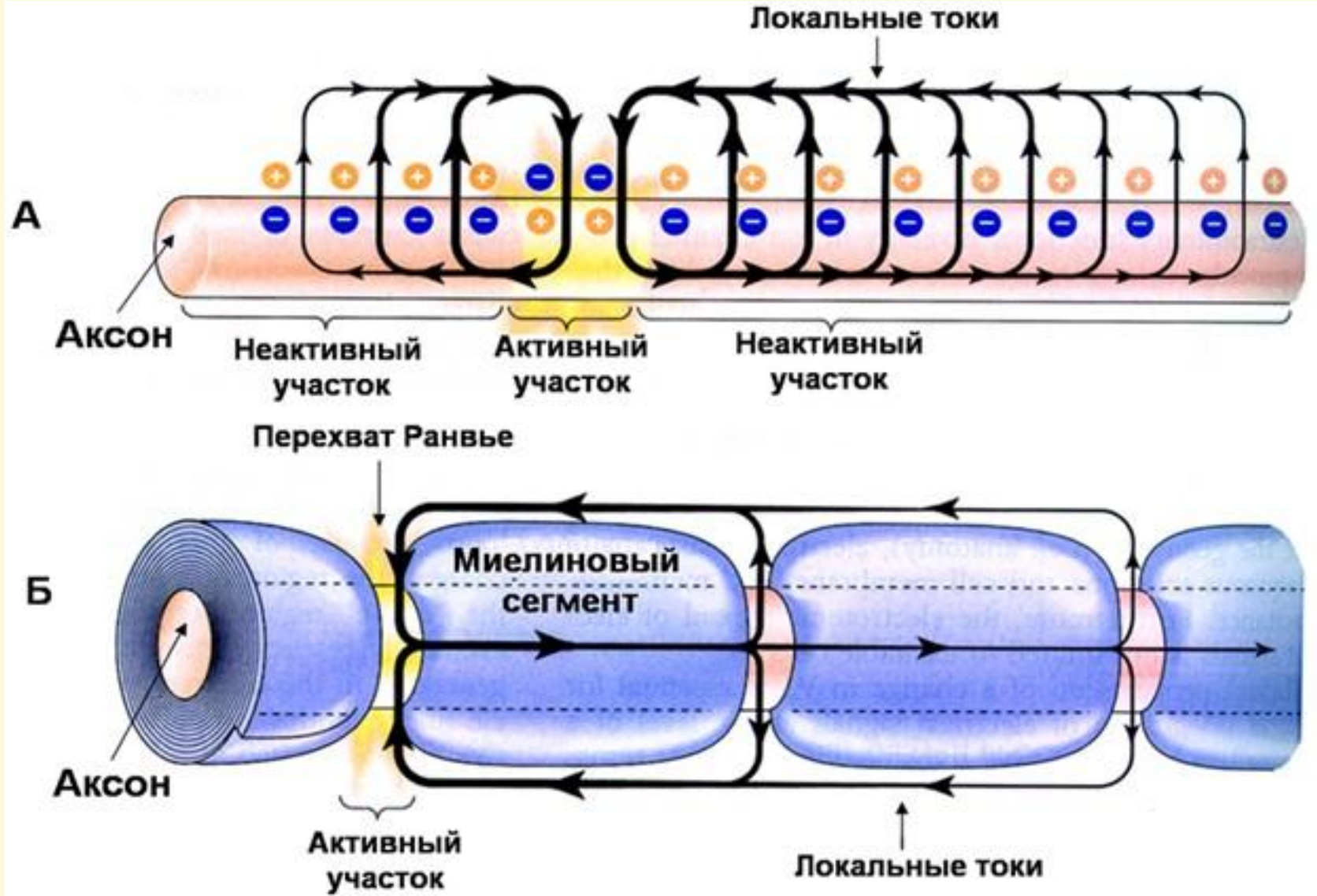
# Распространение потенциала действия по немиелинизированным волокнам



# Распространение потенциала действия по миелинизированным волокнам

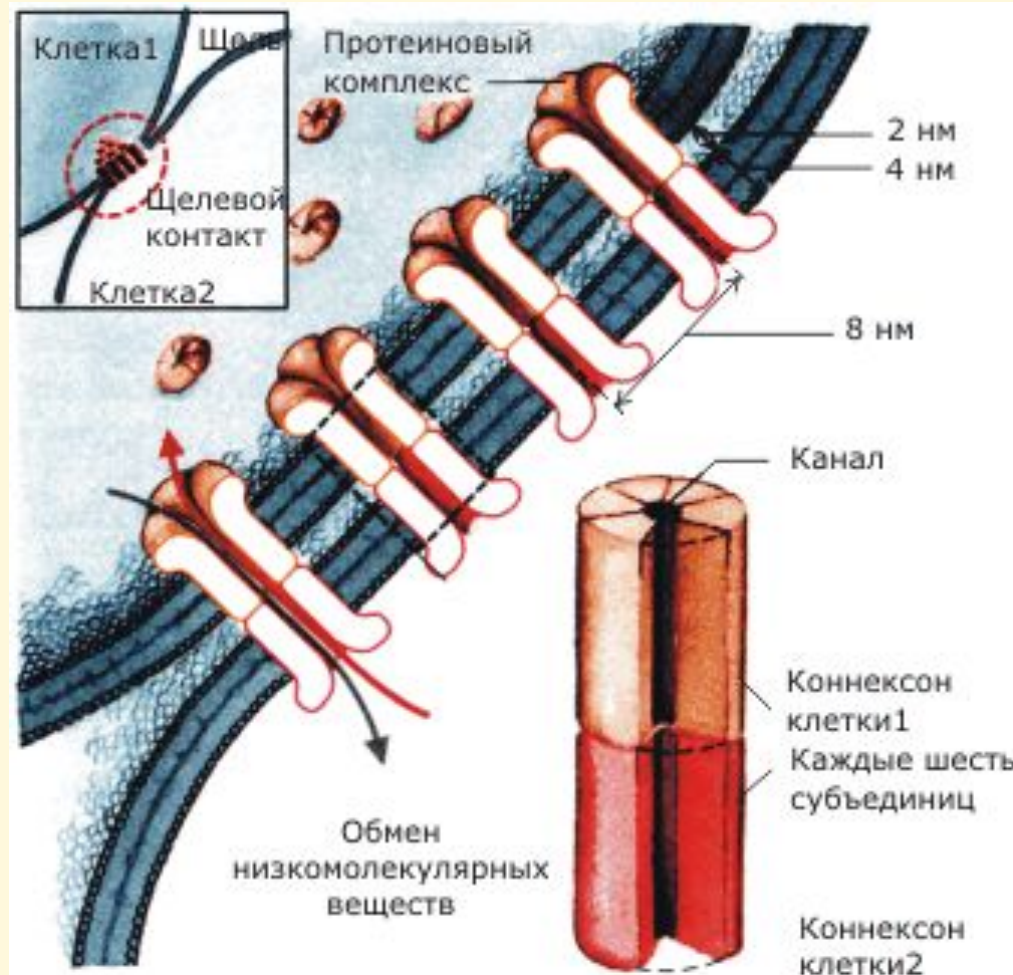


В миелиновых волокнах возбуждение охватывает только участки перехватов Ранвье, т.е. минует зоны, покрытые миелином. Такое проведение возбуждения по волокну называется *сальтаторным* (скачкообразное). В узловых перехватах количество натриевых каналов достигает 12 000 на 1 мкм<sup>2</sup>, что значительно больше, чем в любом другом участке волокна. В результате узловые перехваты являются наиболее возбудимыми и обеспечивают большую скорость проведения возбуждения. Время проведения возбуждения по миелиновому волокну обратно пропорционально длине между перехватами.



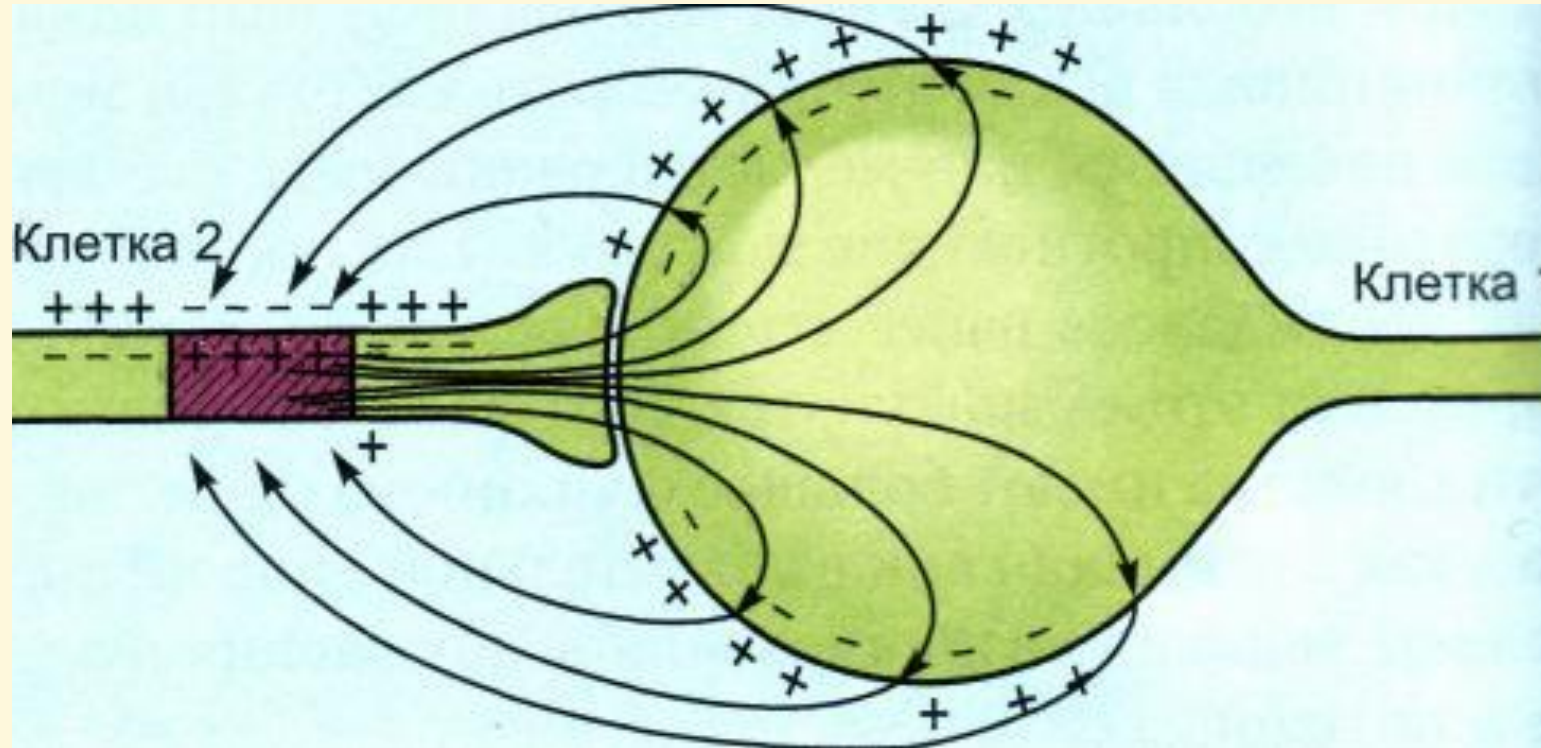
**Синапс** (греч. σύναψις, от συνάπτειν — обнимать, обхватывать, пожимать руку) — место контакта между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал эффекторной клеткой. Служит для передачи нервного импульса между двумя клетками, причём в ходе синаптической передачи амплитуда и частота сигнала могут регулироваться.

# Электрический синапс



Электрический синапс представляет собой щелевидное образование (размеры щели 2-4 нм) с ионными мостиками-каналами (коннексонами) между двумя контактирующими клетками. Петли тока, в частности при наличии потенциала действия (ПД), почти беспрепятственно перескакивают через такой щелевидный контакт и возбуждают, т.е. индуцируют генерацию ПД второй клетки.

# Работа электрического синапса



Локальные круги тока протекающего между деполяризованной и недеполяризованной областями, показаны стрелками

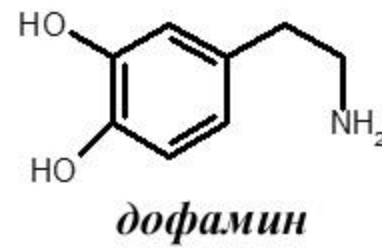
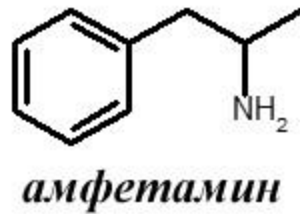
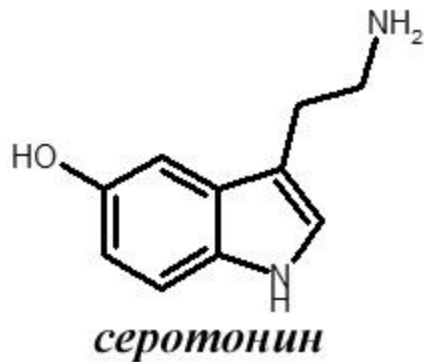


# Строение химического синапса

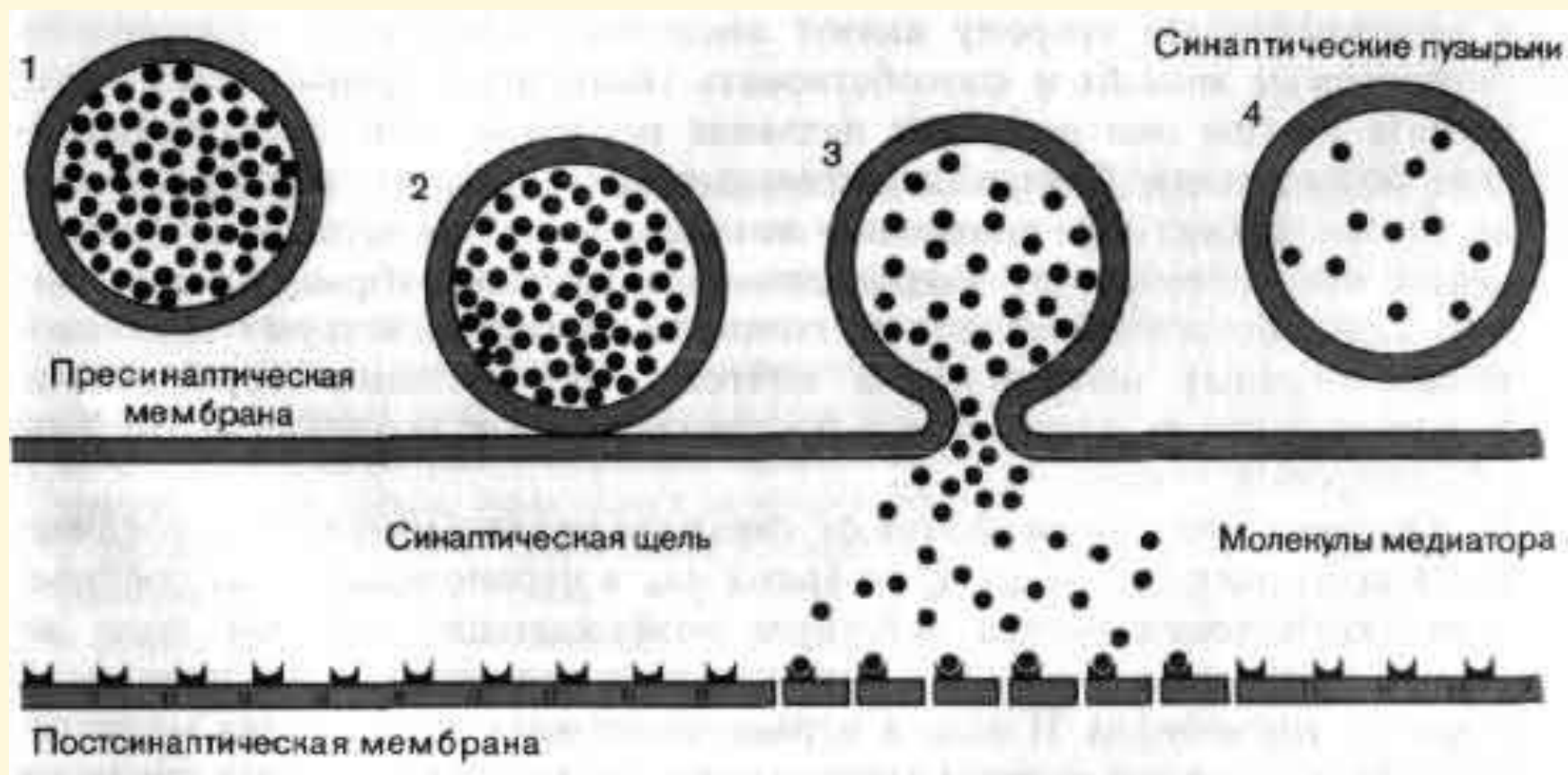


# Нейромедиаторы

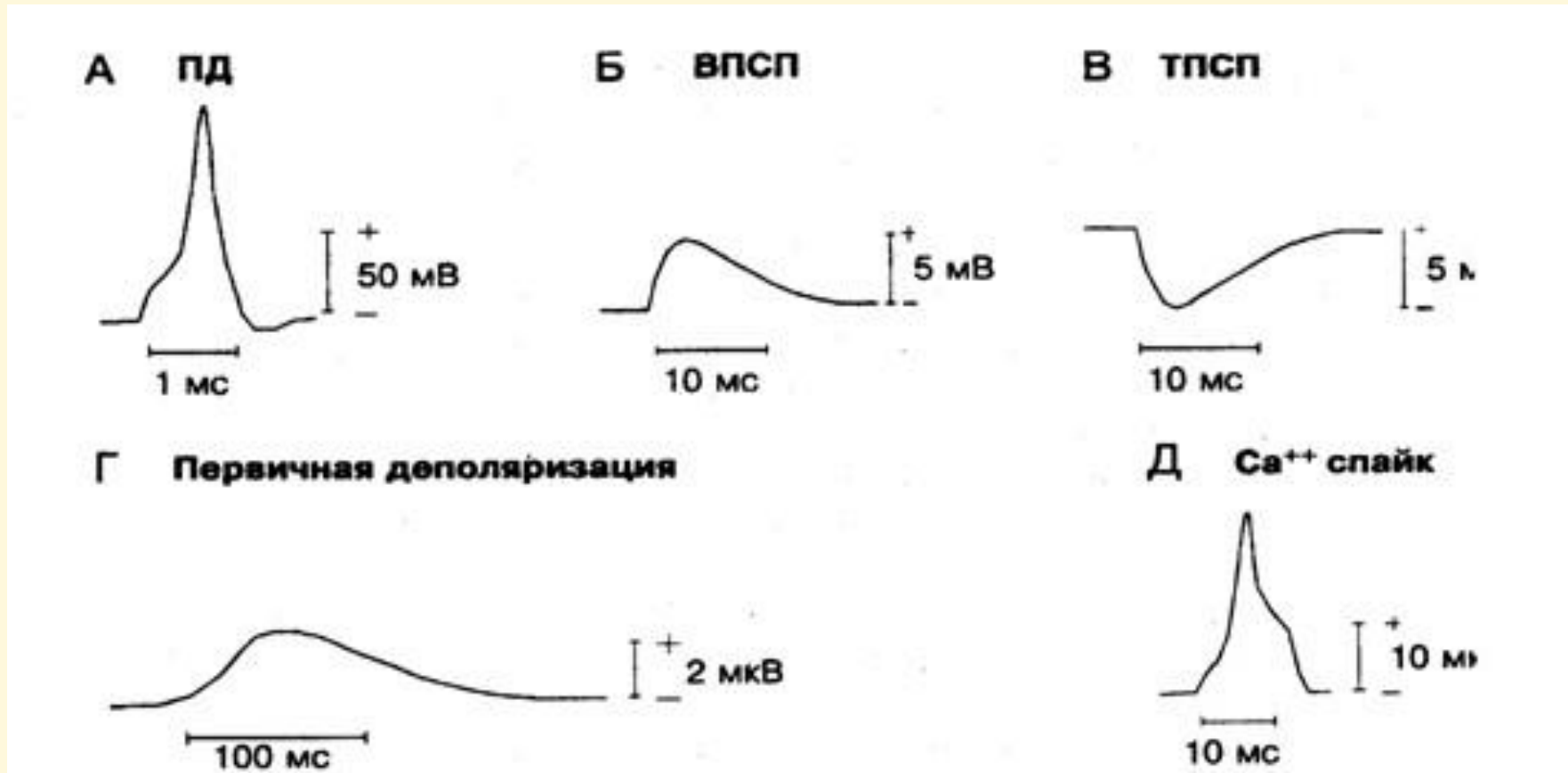
- Ацетилхолин
- Моноамины
- Аминокислоты
- Полипептиды



# Схема экзоцитоза.



# Постсинаптические потенциалы



Возбуждающее воздействие – это такое изменение состояния нейрона, при котором облегчается возможность передачи возбуждения через этот нейрон к другим нейронам или к исполнительным органам. Торможение затрудняет такую передачу и как бы «запирает» нейрон для передачи возбуждения. Суммация возбуждения и торможения на нейроне является одним из основных принципов функционирования ЦНС.

**Торможение в ЦНС – это активный нервный процесс, результатом которого является прекращение или ослабление возбуждения.**

***Торможение всегда возникает как следствие возбуждения.***

**Роль торможения:**

- Координационная*
- Охранительная*

# Центральное торможение

**Первичное**

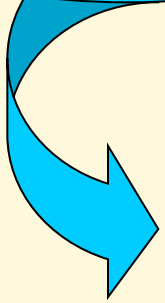
**Вторичное**

Пресинаптическое

Торможение  
вслед за  
возбуждением

Постсинаптическое

Пессимальное



- Реципрокное
- Возвратное
- Латеральное
- Прямое

# Торможение.

Торможение – самостоятельный нервный процесс, вызываемый возбуждением и проявляющийся в подавлении другого возбуждения. Торможение может развиваться только в форме локального ответа.

Торможение бывает постсинаптическое и пресинаптическое.

# Пресинаптическое торможение

Развивается в пресинаптическом звене путем угнетения процесса высвобождения медиатора возбуждающими нервными окончаниями. Структурной основой являются аксо-аксональные синапсы.



# Постсинаптическое торможение

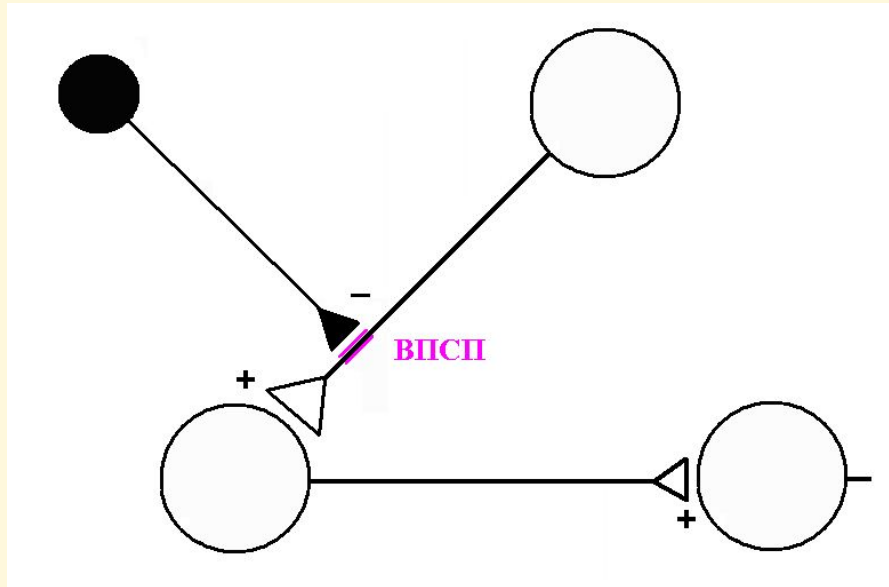
Медиатор, выделяемый постсинаптическими окончаниями тормозных синапсов, изменяет свойства постсинаптической мембраны таким образом, что способность нервной клетки генерировать процессы возбуждения подавляется. В основе постсинаптического торможения лежит тормозный постсинаптический потенциал (ТПСП).

ТПСП – вызывается увеличением проницаемости для ионов калия или хлора, что вызывает гиперполяризацию мембраны.

# Виды первичного торможения

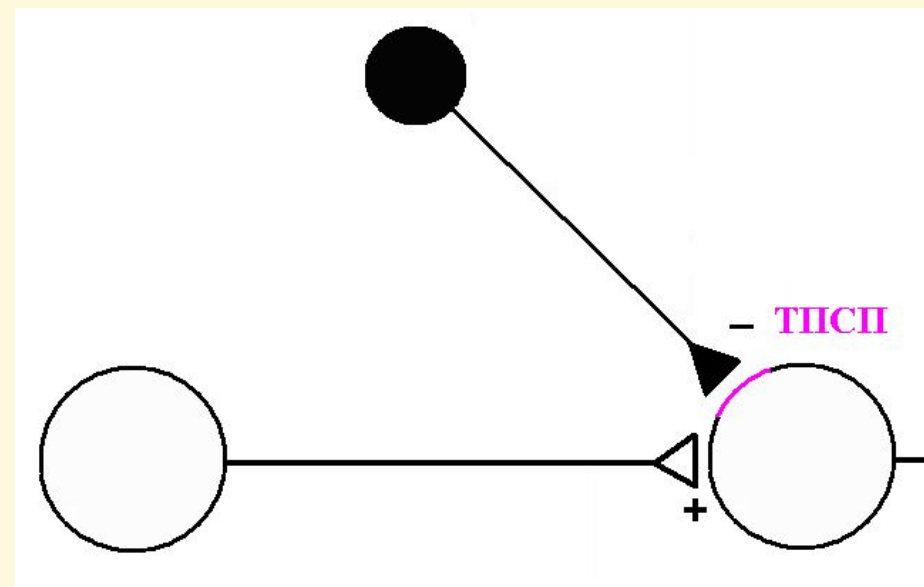
(ГАМК, глицин)

Пресинаптическое



Постсинаптическое

*Прямое*



# Торможение в ЦНС

В интегративной деятельности центральной нервной системы важная роль принадлежит тормозным нейронным сетям. Выделяют несколько тормозных сетей или видов торможения:

- **Возвратное торможение**
- **Реципрокное торможение**
- **Латеральное торможение**

# Возвратное торможение

Если тормозные вставочные нейроны действуют на те же нервные клетки, которые их активируют, то такое торможение называется возвратным. Этот вид торможения есть практически во всех отделах ЦНС.

Возвратное торможение осуществляет торможение нейрона по принципу обратной связи. Нейрон, возбуждись, через коллатерали своего аксона возбуждает тормозные вставочные нейроны. Тормозный нейрон формирует тормозные постсинаптические потенциалы на клетке, которая его активирует. Причем чем более выражен процесс возбуждения в нейроне, тем более выраженным будет и тормозный процесс.

Таким образом, с помощью возвратного торможения осуществляется саморегуляция состояния нейрона, автоматически поддерживается определенный уровень его возбудимости.

# Реципрокное торможение

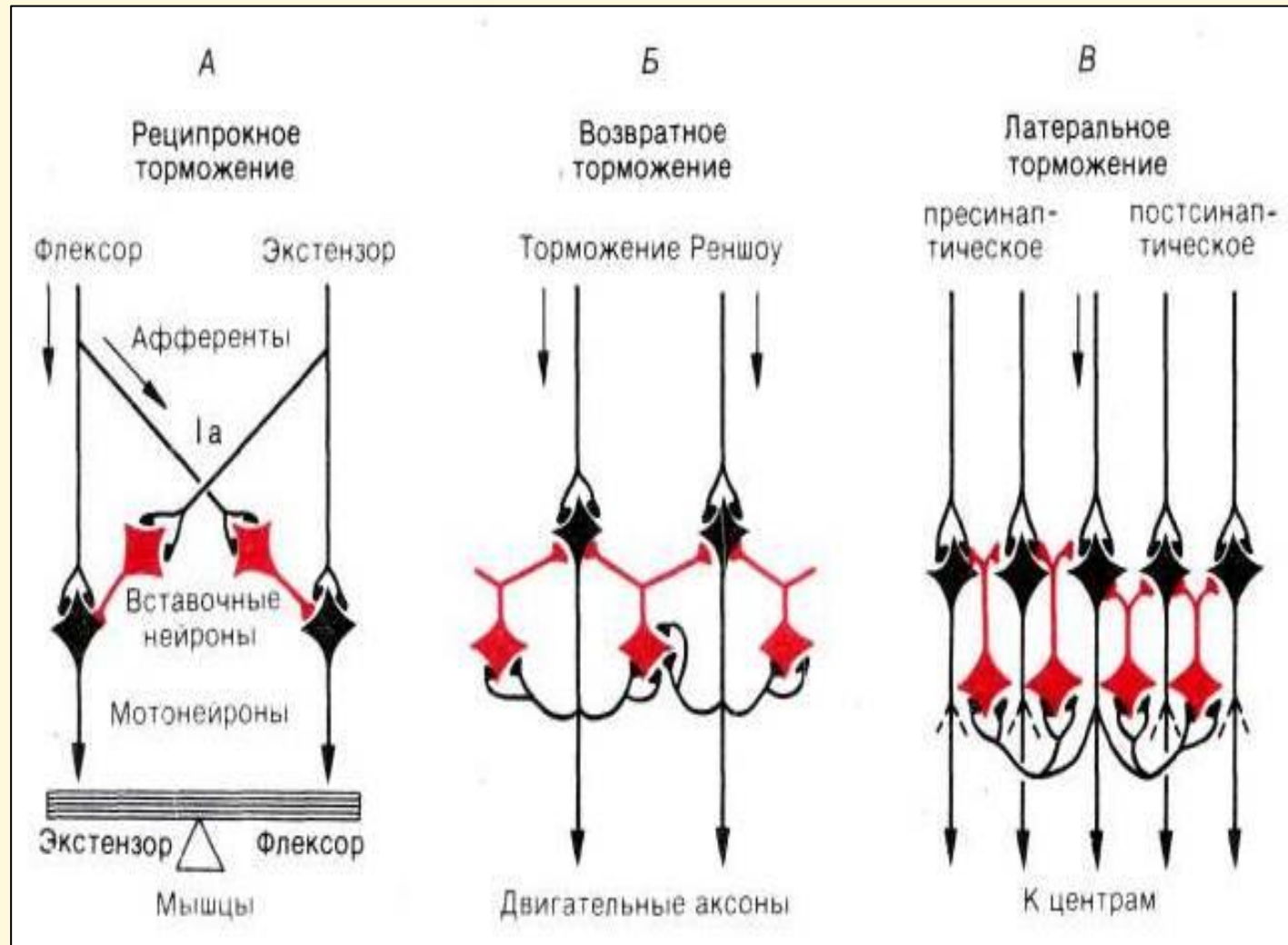
Этот вид торможения широко представлен в спинном мозге. С помощью него происходит автоматическое взаимодействие мотонейронов мышц-сгибателей и мышц-разгибателей. Первичные афференты ( $1\alpha$ ) от мышечных веретен образуют возбуждающие синапсы на тех мотонейронах, которые посылают аксоны к одной и той же мышце или иннервируют мышцу, от которой берет начало соответствующий афферентный путь, и посылают коллатерали к вставочным тормозным нейронам, которые образуют тормозные синапсы на мотонейронах мышц-антагонистов.

# Латеральное торможение

Данный вид торможения широко представлен в структурах нервной системы, имеющих слоистое строение. Латеральное торможение возникает в одном слое клеток. Возбужденный центральный нейрон через коллатерали возбуждает тормозные нейроны, которые образуют тормозные синапсы на нейронах, лежащих рядом с возбужденным. Торможение такого рода называют латеральным потому, что образующаяся зона торможения находится сбоку по отношению к возбужденному нейрону.

Этот вид торможения распространен на всех уровнях сенсорных систем. Образование латерального торможения лежит в основе одного из механизмов кодирования информации в сенсорных системах

# Виды торможения



- **Нервный центр**

– ЭТО

**функциональное**

объединение

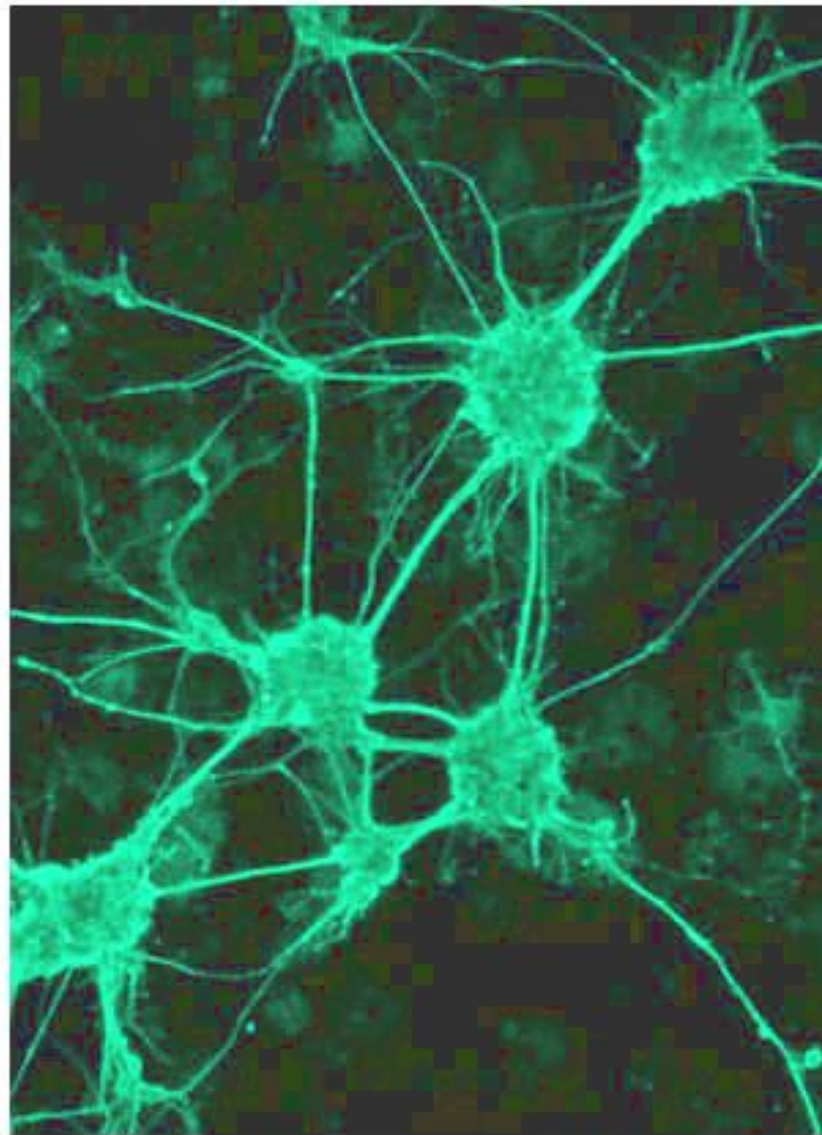
нейронов,

принимающих

участие в

осуществлении

одной функции.

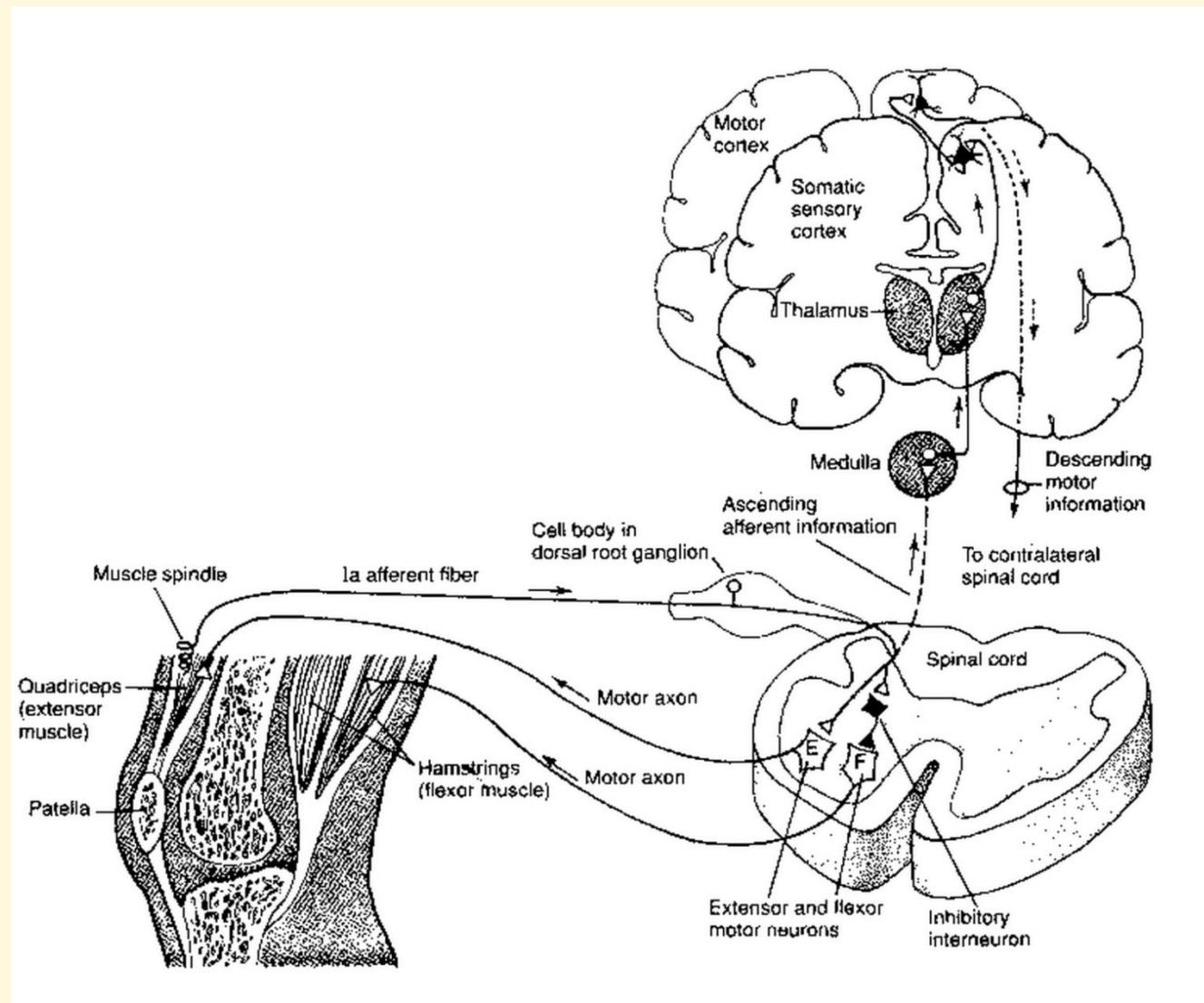




# Нервный центр

- Нервным центром называется совокупность нейронов в ЦНС, обеспечивающих регуляцию какой-либо функции организма.
- Не следует понимать нервный центр как что-то узко локализованное в одном участке ЦНС. Понятие анатомическое по отношению к нервному центру рефлекса неприменимо потому, что в осуществлении любого сложного рефлекторного акта принимает участие всегда целая констелляция нейронов, расположенных на разных этажах нервной системы.
- Например, дыхательный центр, в который в настоящее время включают не только "центр дыхания" продолговатого мозга, но и дыхательный центр моста, нейроны ретикулярной формации, коры и мотонейроны дыхательных мышц.

# Нейроны нервного центра могут располагаться на разных уровнях ЦНС.



## *Свойства нервных центров*

- 1. Одностороннее проведение возбуждения,*
- 2. Центральная задержка,*
- 3. Суммация возбуждения и суммация торможения,*
- 4. Явление окклюзии,*
- 5. Явление облегчения,*
- 6. Трансформация ритма возбуждения,*
- 7. Последствие,*
- 9. Тонус нервных центров,*
- 10. Пластичность нервных центров.*

Обусловлены:

1. Свойствами входящих в его состав нейронов
2. Свойствами синаптических образований
3. Особенности структурной организации центра

# Свойства нервных центров

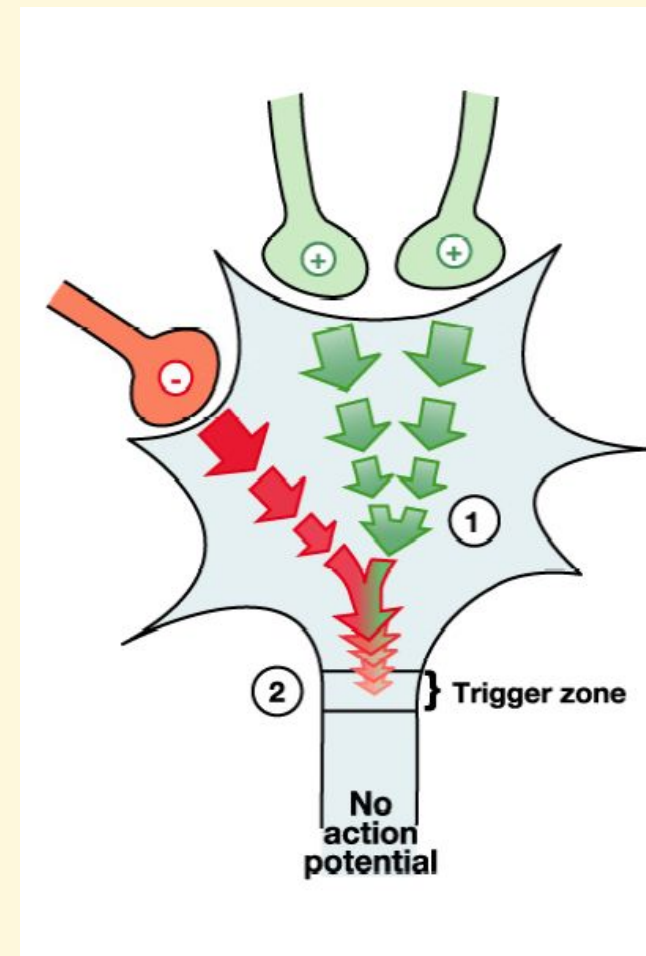
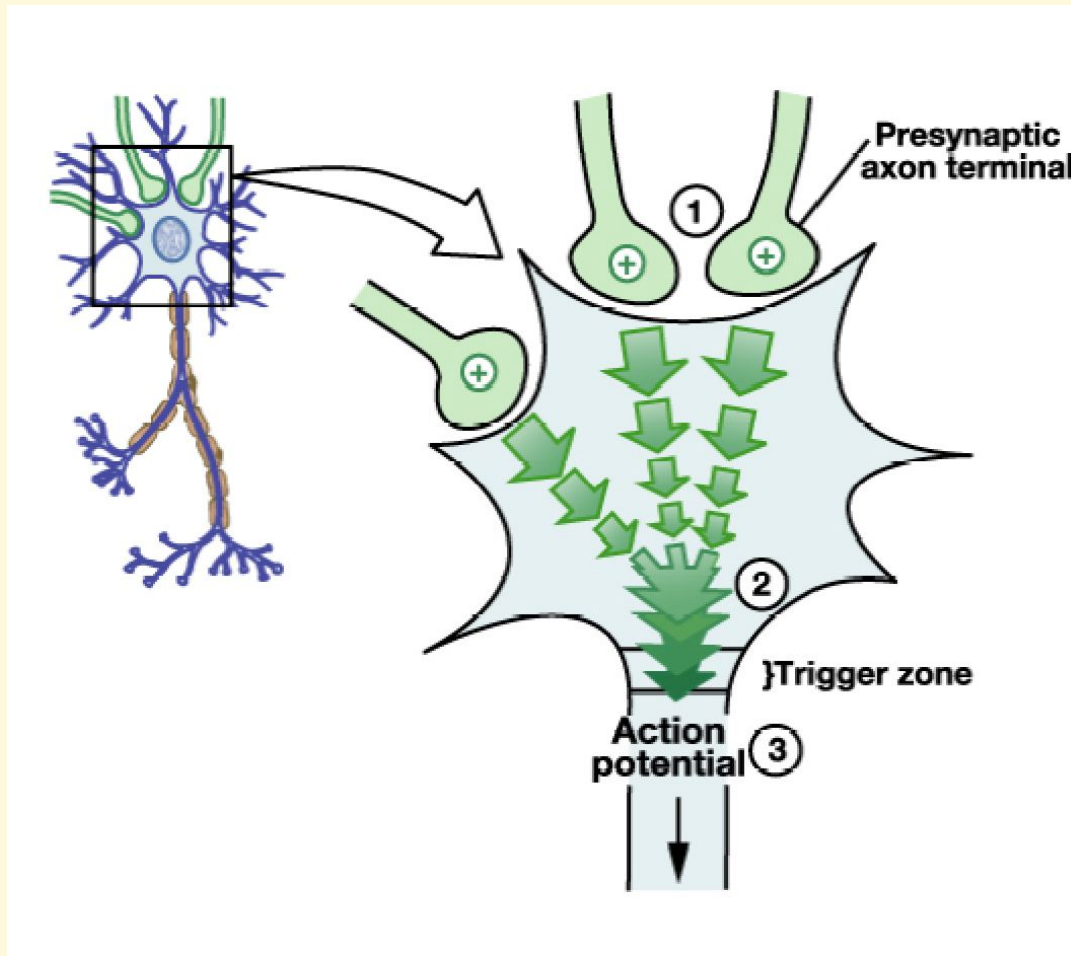
- **Одностороннее проведение возбуждения** - возбуждение передается с афферентного на эфферентный нейрон. Причина: химические синапсы пропускают возбуждение только в сторону постсинаптической мембраны .
- **Задержка проведения возбуждения:** скорость проведения возбуждения в нервном центре на много ниже таковой по остальным компонентам рефлекторной дуги. Время прохождения возбуждения через синапс составляет 0,05-0,07 мсек. Чем больше синапсов в нервном центре, тем дольше проходит по нему нервный импульс. Время проведения возбуждения через нервный центр - центральное время рефлекса.
- **Суммация возбуждения** - при действии одиночного подпорогового раздражителя ответной реакции нет. При действии нескольких подпороговых раздражителей ответная реакция есть. Рецептивное поле рефлекса - зона расположения рецепторов, возбуждение которых вызывает определенный рефлекторный акт.

## Имеется 2 вида суммации: временная и пространственная.

- **Временная** - возникает ответная реакция при действии нескольких следующих друг за другом раздражителей. Механизм: суммируются возбуждающие постсинаптические потенциалы рецептивного поля одного рефлекса. Происходит суммация во времени потенциалов одних и тех же групп синапсов.
- **Пространственная суммация** - возникновение ответной реакции при одновременном действии нескольких подпороговых раздражителей. Механизм: суммация возбуждающего постсинаптического потенциала от разных рецептивных полей. Суммируются потенциалы разных групп синапсов.

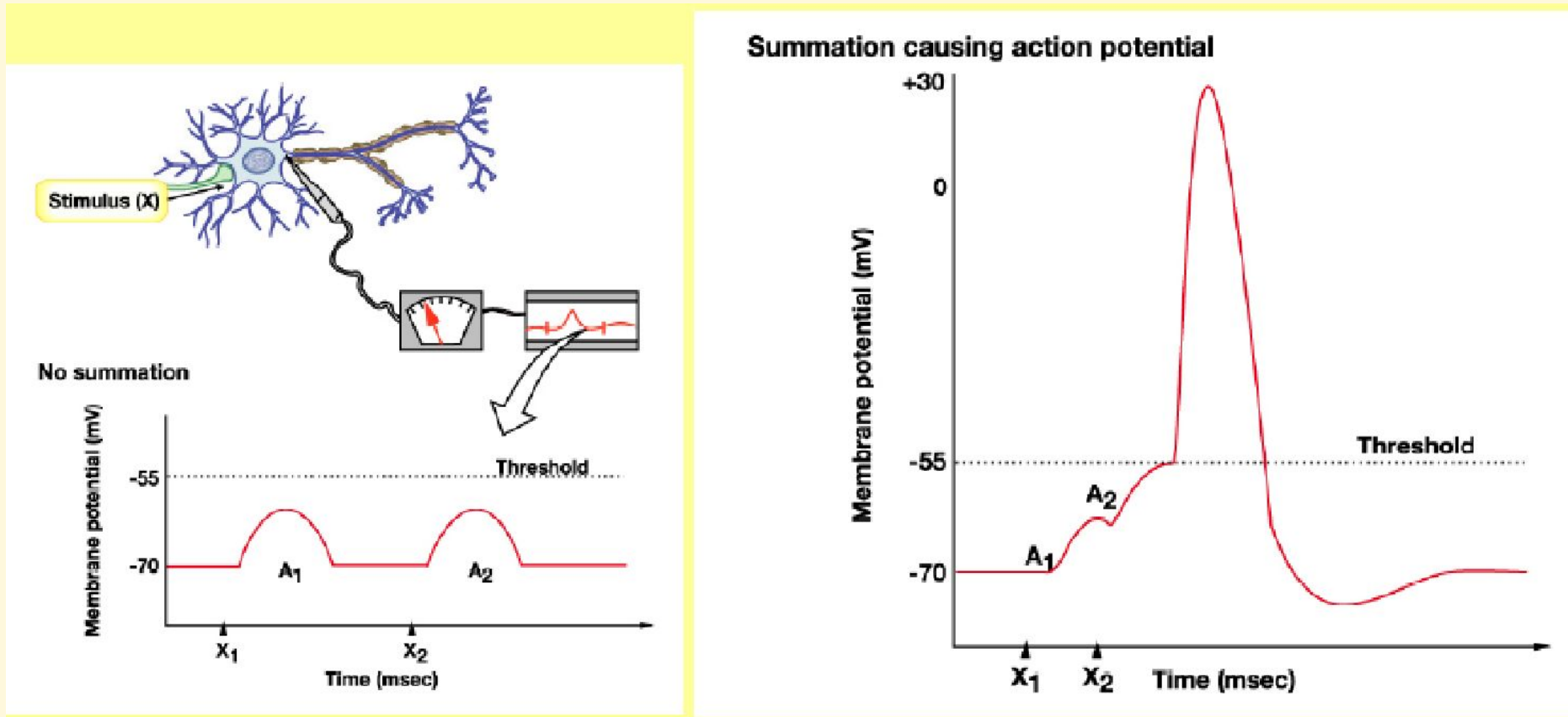
# Суммация

а). Пространственная (следствие интегративной функции нейрона)



# Суммация

## б). Временная

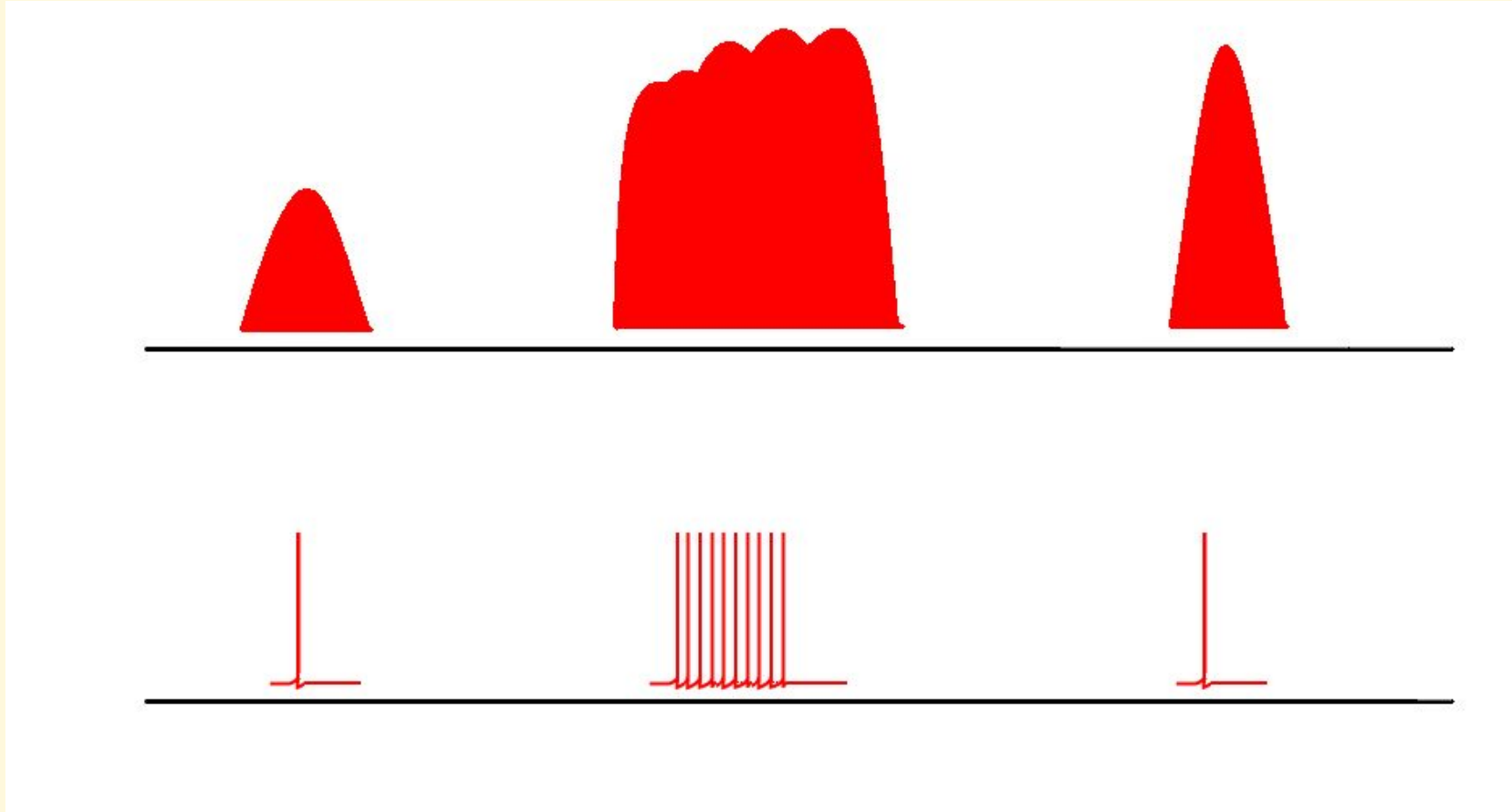


# Посттетаническая потенция

- усиление ответной реакции, наблюдается после серии нервных импульсов. Механизм: потенция возбуждения в синапсах



# Посттетаническая потенция



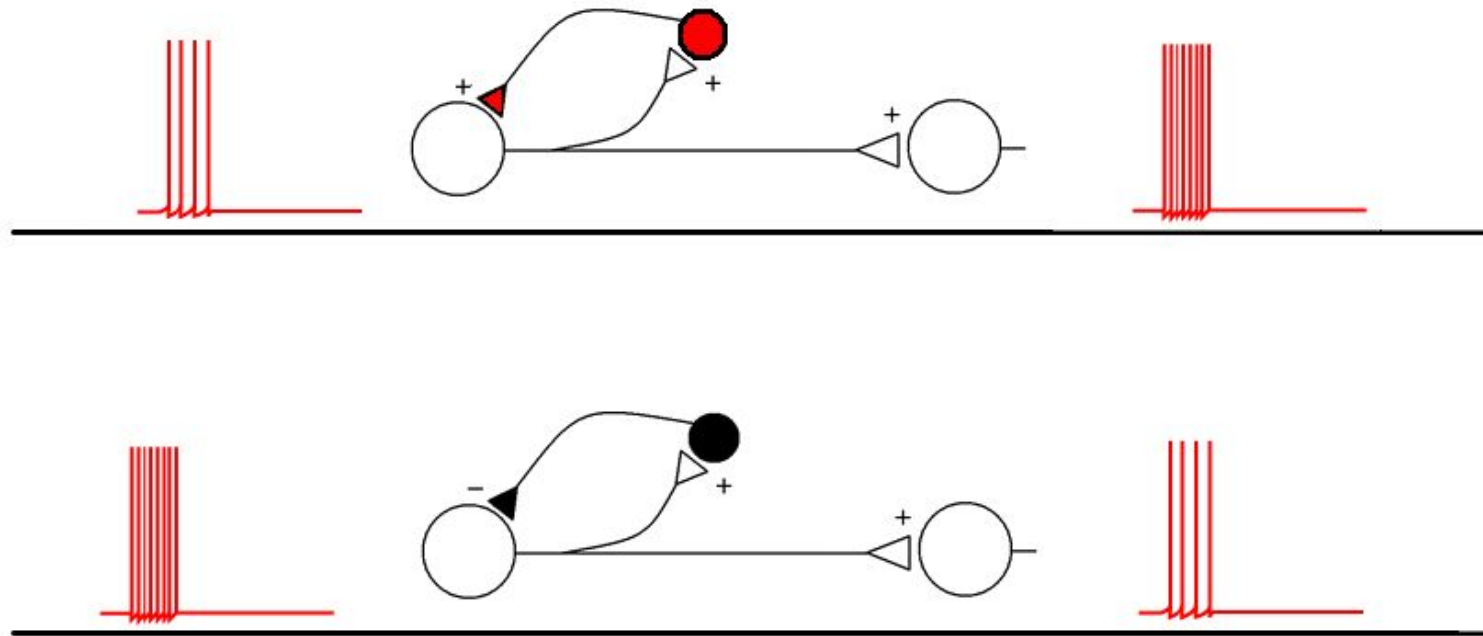
# Трансформация ритма возбуждения

- несоответствие ответной реакции частоте наносимых раздражений. На афферентном нейроне происходит трансформация в сторону уменьшения из-за низкой лабильности синапса. На аксонах эфферентного нейрона, частота импульса больше частоты наносимых раздражений.

Причина: внутри нервного центра образуются замкнутые нейронные цепи, в них циркулирует возбуждение и на выход из нервного центра импульсы подаются с большей частотой.

# Свойства нервных центров

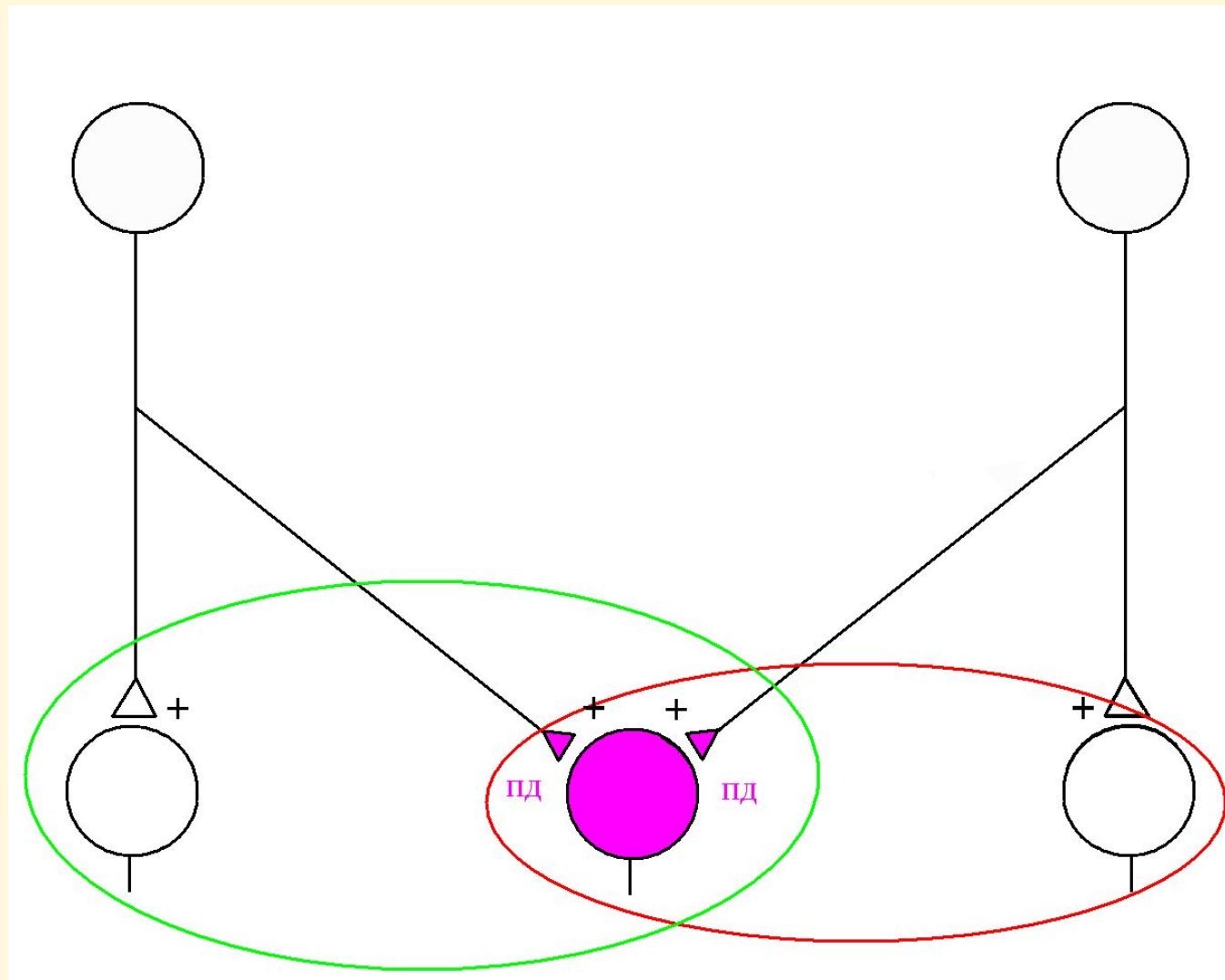
- *Трансформация ритма возбуждения.*



# Свойства нервных центров

- *Явление окклюзии* отражает эффект взаимодействия между собой двух импульсных потоков, при котором имеет место взаимное угнетение рефлекторных реакций. Суммарная ответная реакция (рефлекс), вызываемая одновременным воздействием двух потоков, меньше, чем сумма двух реакций, возникающих при действии каждого из этих двух потоков в отдельности. Согласно Ч. Шеррингтону, явление окклюзии объясняется перекрытием синаптических полей, образуемых афферентными звеньями двух взаимодействующих рефлексов.

## 5. Принцип окклюзии



# Свойства нервных центров

- *Явление облегчения*, которое по своему внешнему проявлению противоположно окклюзии.
- Оно проявляется в том, что при совместном раздражении рецептивных полей двух рефлексов наблюдается усиление реакций организма на действие двух раздражителей одновременно.

Механизм: перекрытие синаптических полей, образуемых афферентными частями взаимодействующих рефлексов - в результате импульсы сходятся к одним и тем же нейронам центральной зоны.

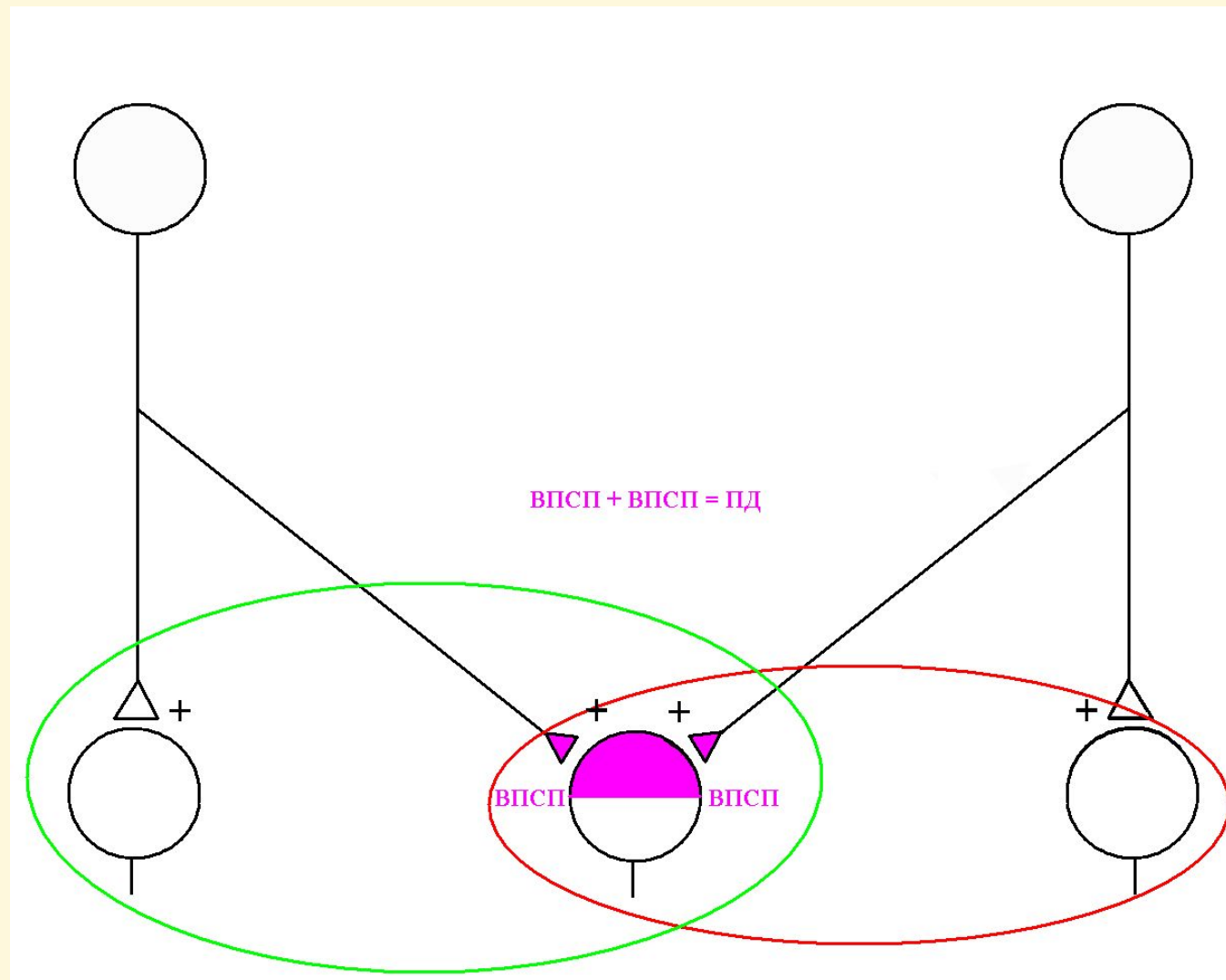
# Центральное облегчение

Объясняется особенностями строения нервного центра. Каждое афферентное волокно входя в нервный центр иннервирует определенное количество нервных клеток. Эти нейроны - нейронный пул. В каждом нервном центре много пулов.

В каждом нейронном пуле - 2 зоны: центральная (здесь афферентное волокно над каждым нейроном образует достаточное для возбуждения количество синапсов), периферическая или краевая кайма (здесь количество синапсов недостаточно для возбуждения). При раздражении возбуждаются нейроны центральной зоны.

Центральное облегчение: при одновременном раздражении 2-х афферентных нейронов ответная реакция может быть больше арифметической суммы раздражения каждого из них, т. к. импульсы от них подходят к одним и тем же нейронам периферической зоны.

# Принцип пространственного облегчения





# Рефлекторное последствие

- продолжение ответной реакции после прекращения действия раздражителя:

- **кратковременное последствие** - в течение нескольких долей секунды. Причина - следовая деполяризация нейронов;

**длительное последствие** - в течение нескольких секунд.

Причина: после прекращения действия раздражителя возбуждение продолжает циркулировать внутри нервного центра по замкнутым нейронным цепям.

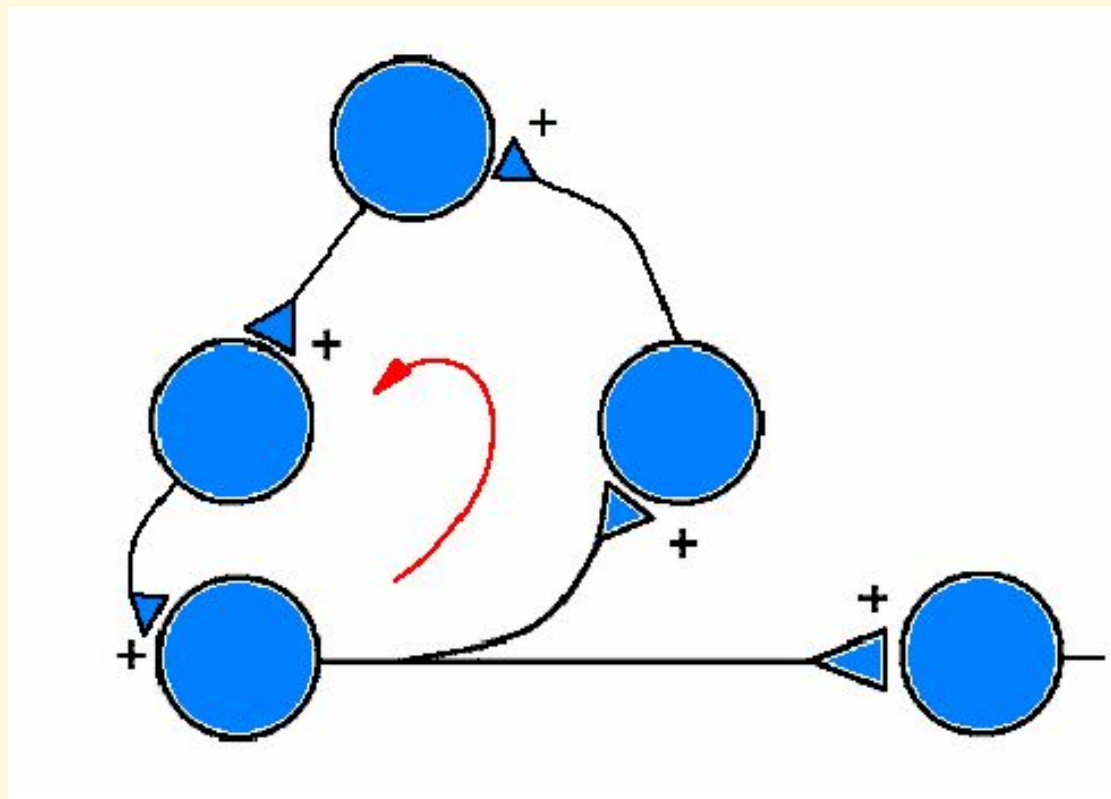
# Свойства нервных центров

- *Последствие.* Это одно из свойств, характерных для нейронных цепей. Оно заключается в том, что реакция нейрона (в виде генерации одиночных ПД или пачек ПД) на приходящий к нему импульс продолжается длительное время. В основе этого удивительного эффекта, как предполагают, лежат два механизма. Первый связан с наличием длительного ВПСР, возникающего в ответ на приходящий к нейрону импульс (подобная ситуация характерна и для явления трансформации ритма возбуждения). Нередко это явление называется фасилитацией (облегчение). Второй механизм связан с наличием в ЦНС своеобразных "ловушек возбуждения", по которым происходит длительная (в течение нескольких минут или нескольких часов) циркуляция потока импульсов, называемая реверберацией нервных импульсов.

**Рефлекторное последствие** – продолжение рефлекторного акта после прекращения поступления афферентных сигналов.

**Причины:**

1. длительный ВПСП
2. длительная следовая деполяризация
3. реверберация возбуждения



# Свойства нервных центров

- *Тонус нервных центров.* Для многих нейронных объединений, или нервных центров, характерна фоновая активность, т. е. генерация нервных импульсов с определенной частотой на протяжении длительного времени. Такая активность обусловлена не наличием в составе данного объединения нейрона-пейсмекера (фоновоактивного нейрона), а постоянным возбуждением афферентного нейрона благодаря непрерывному раздражению сенсорных рецепторов. Тонус нервных центров обеспечивает постоянную импульсацию к соответствующим периферическим системам, а также постоянное межцентральное взаимодействие.

# Фоновая активность (тонус) нервных центров

- Нейроны-пейсмекеры
- Модулирующее влияние гуморальных факторов
- Аfferентные сигналы от различных рефлексогенных зон
- Суммация миниатюрных (спонтанных) ВПСП
- Циркуляция возбуждения

# Свойства нервных центров

- *Высокая утомляемость нервных центров.* Это свойство характерно для нейронных цепей, в том числе для рефлекторных дуг. С одной стороны, оно проявляется в том, что в нейронных цепях, как и в других многозвеньевых системах, может развиваться утомление, которое проявляется в постепенном снижении (вплоть до полного прекращения) рефлекторного ответа при продолжительном раздражении афферентных нейронов.

## **Высокая чувствительность к изменениям внутренней среды**

- $t^{\circ}\text{C}$ ,
- $\text{O}_2$ ,
- pH,
- ГЛЮКОЗЫ,
- ТОКСИНАМ.

**Пластичность** (*способность к перестройкам, синаптическое облегчение и депрессия*)

# Свойства нервных центров

- *Пластичность нервных центров* – это их способность к перестройке функциональных свойств и, в определенной степени, функций под влиянием длительных внешних воздействий или при очаговых повреждениях мозга. Посттравматическая пластичность нейронных объединений выполняет компенсаторную (восстановительную) функцию, а пластичность, вызванная длительным афферентным раздражением, – приспособительную функцию. Например, для процесса обучения пластичность нейронных объединений является необходимым условием, т. е. его рабочим механизмом. В целом благодаря свойству пластичности нервный центр может существенно модифицировать течение рефлекторных реакций. Основным фундаментом, позволяющим реализовать свойство пластичности, очевидно, следует считать наличие у каждого нейрона в отдельности огромного числа синаптических связей, а также возможность изменения синтетических процессов внутри каждого нейрона.



## **Принцип силы**

*(приоритет более сильному стимулу).*

## **Принцип общего конечного пути**

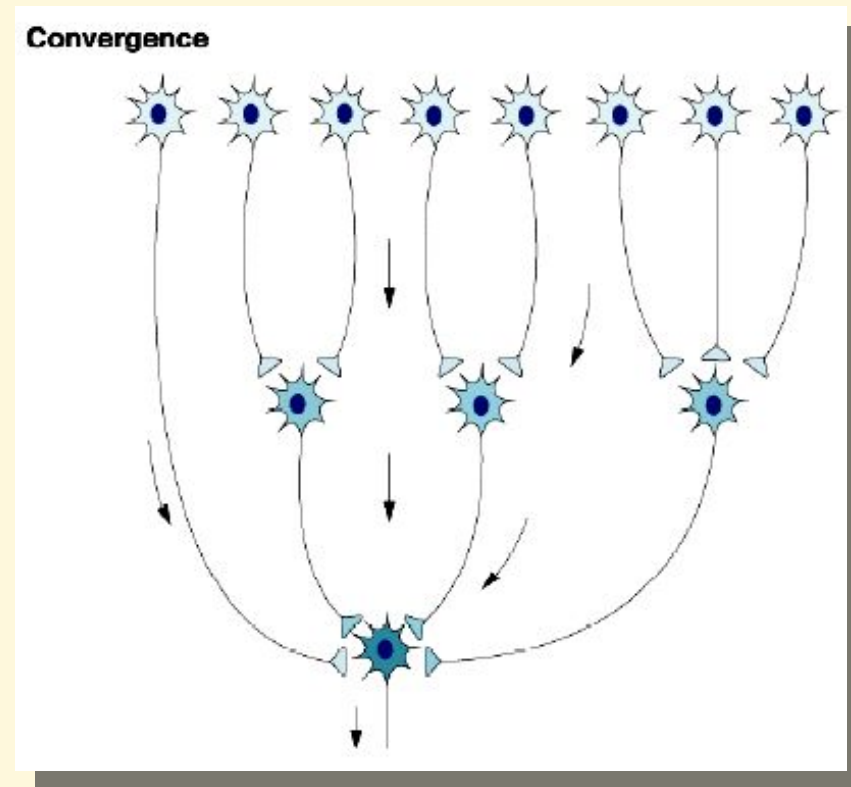
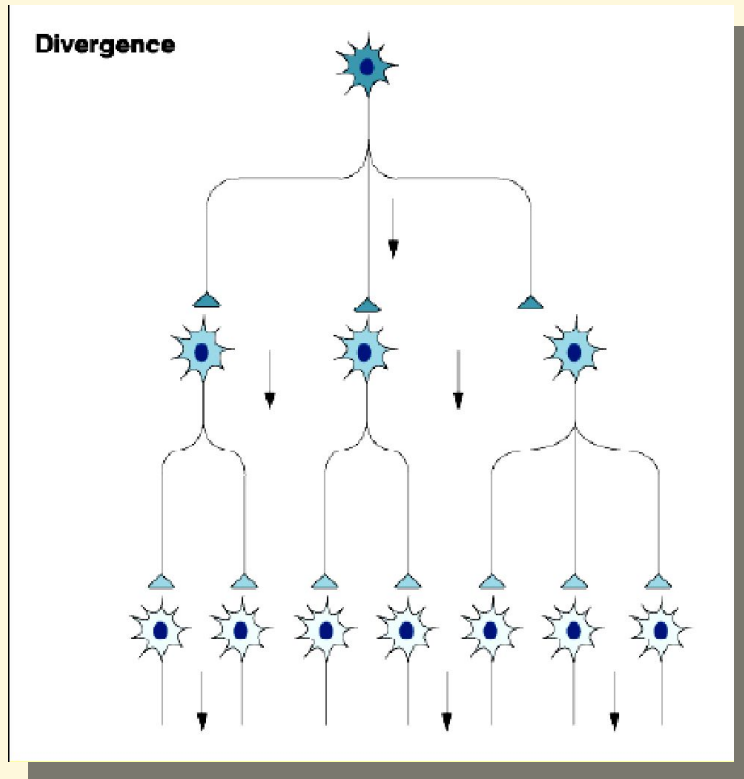
*(активация одного эфферентного нейрона афферентами разных рефлексогенных зон).*

## **Принцип субординации**

*(контроль вышележащими отделами ЦНС нижележащих).*

# Принципы координации деятельности нервных центров

## Дивергенция и конвергенция



# Интеграция синаптических влияний

- Дивергенция – способность нейрона устанавливать многочисленные синаптические связи с различными нервными клетками.
- Конвергенция – схождение различных путей проведения нервных импульсов к одной и той же нервной клетке. Конвергенция различных синаптических входов на одной клетке обеспечивает возможность их взаимодействия.

# Принцип доминанты

(А. А. Ухтомский 1923)

**Доминанта** - стойкий господствующий очаг возбуждения в ЦНС, подчиняющий себе функции других нервных центров, формирующийся для достижение конкретного полезного результата.  
(*Достижение результата устраняет доминанту*).

- **Свойства доминантного очага:**
  1. Повышенная возбудимость
  2. Стойкость возбуждения
  3. «Притягивание» возбуждения других очагов.
  4. Торможение других, «конкурентных», нервных центров.