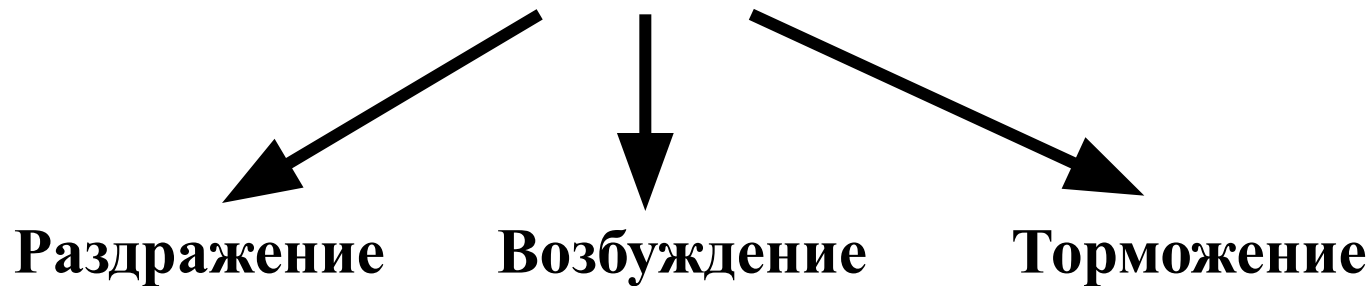


*Мультимедийное сопровождение лекций по «Основам
нейрофизиологии и ВНД»*

Общая физиология ЦНС и возбудимых тканей

Основные проявления жизнедеятельности

- **Физиологический покой**
- **Физиологическая активность**



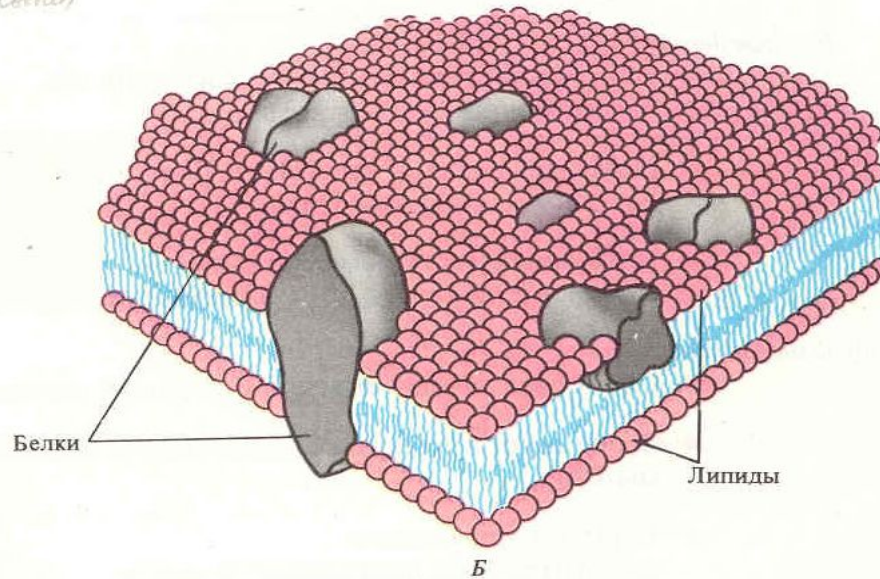
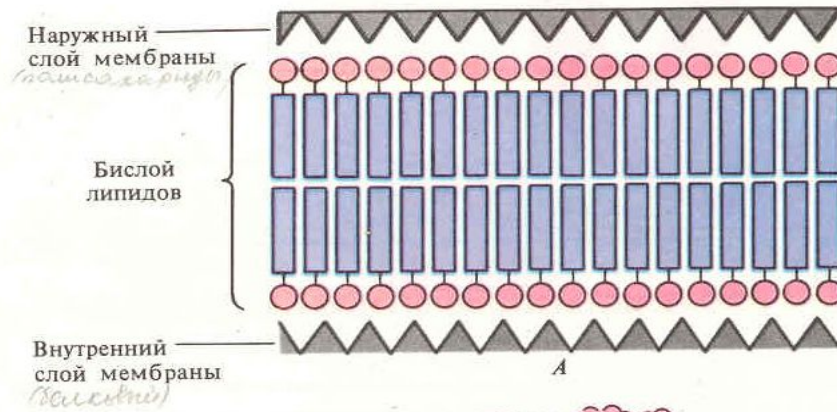
Разновидности биологических реакций

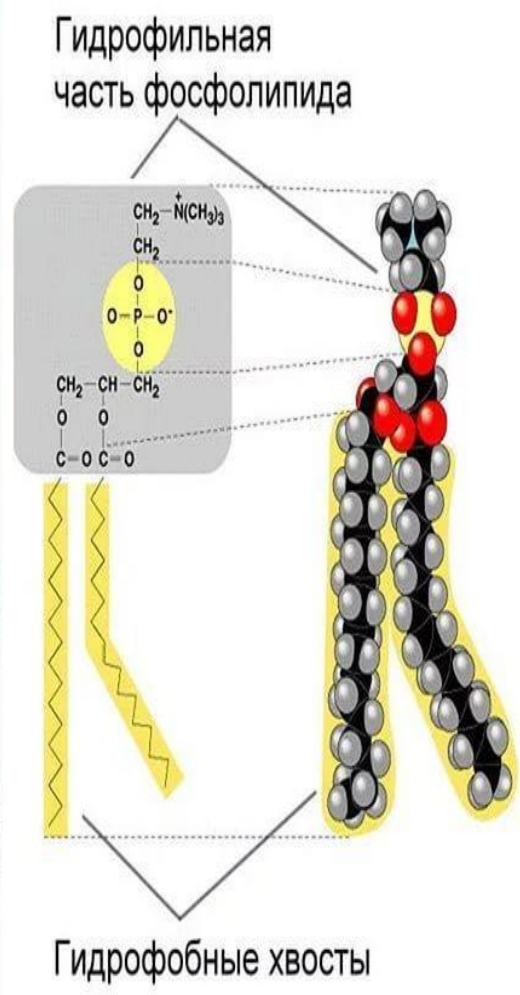
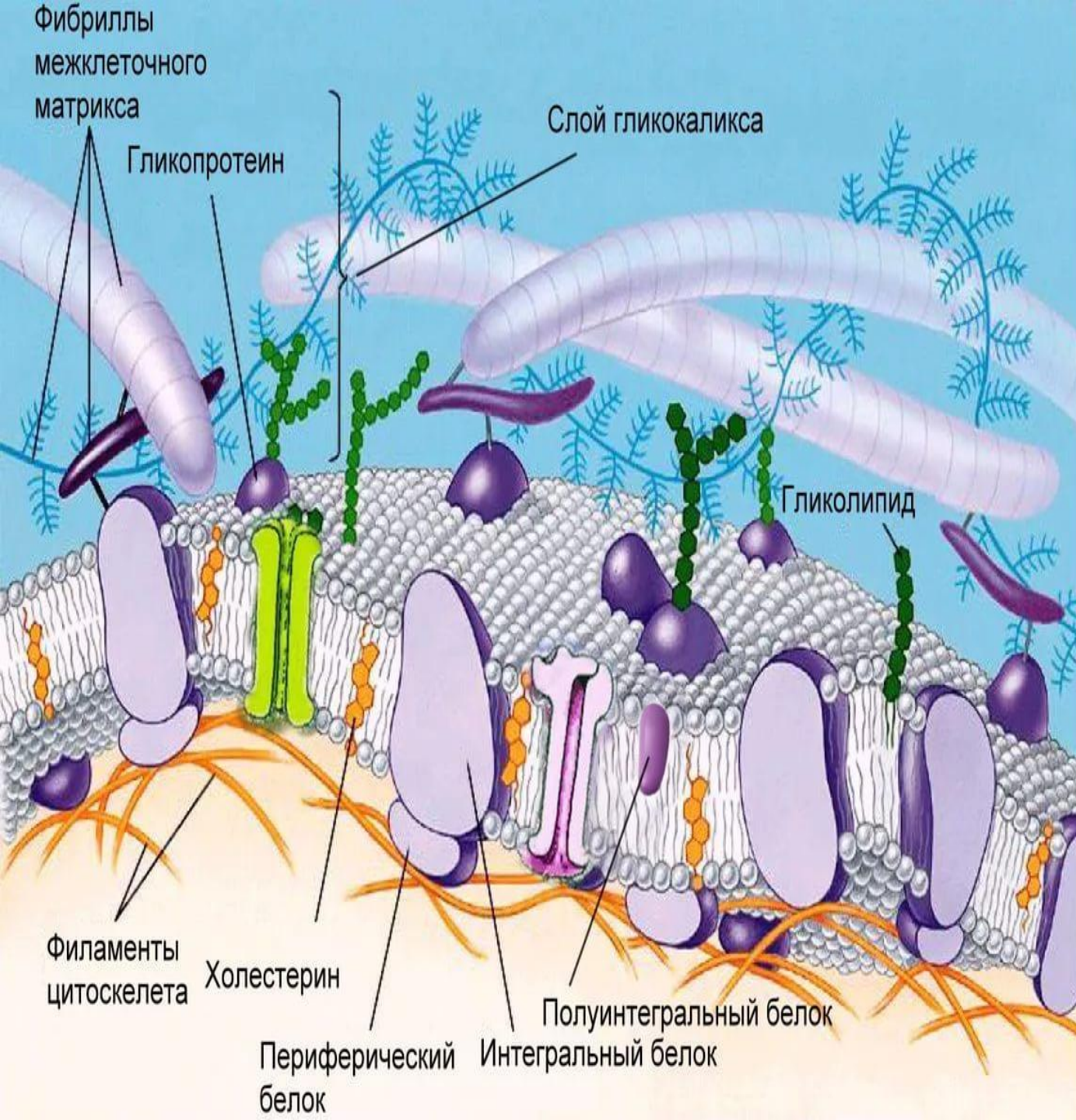
- **Раздражение** – изменение структуры или функции при действии внешнего раздражителя.
- **Возбуждение** – изменение электрического состояния клеточной мембраны, приводящее к изменению функции живой клетки.

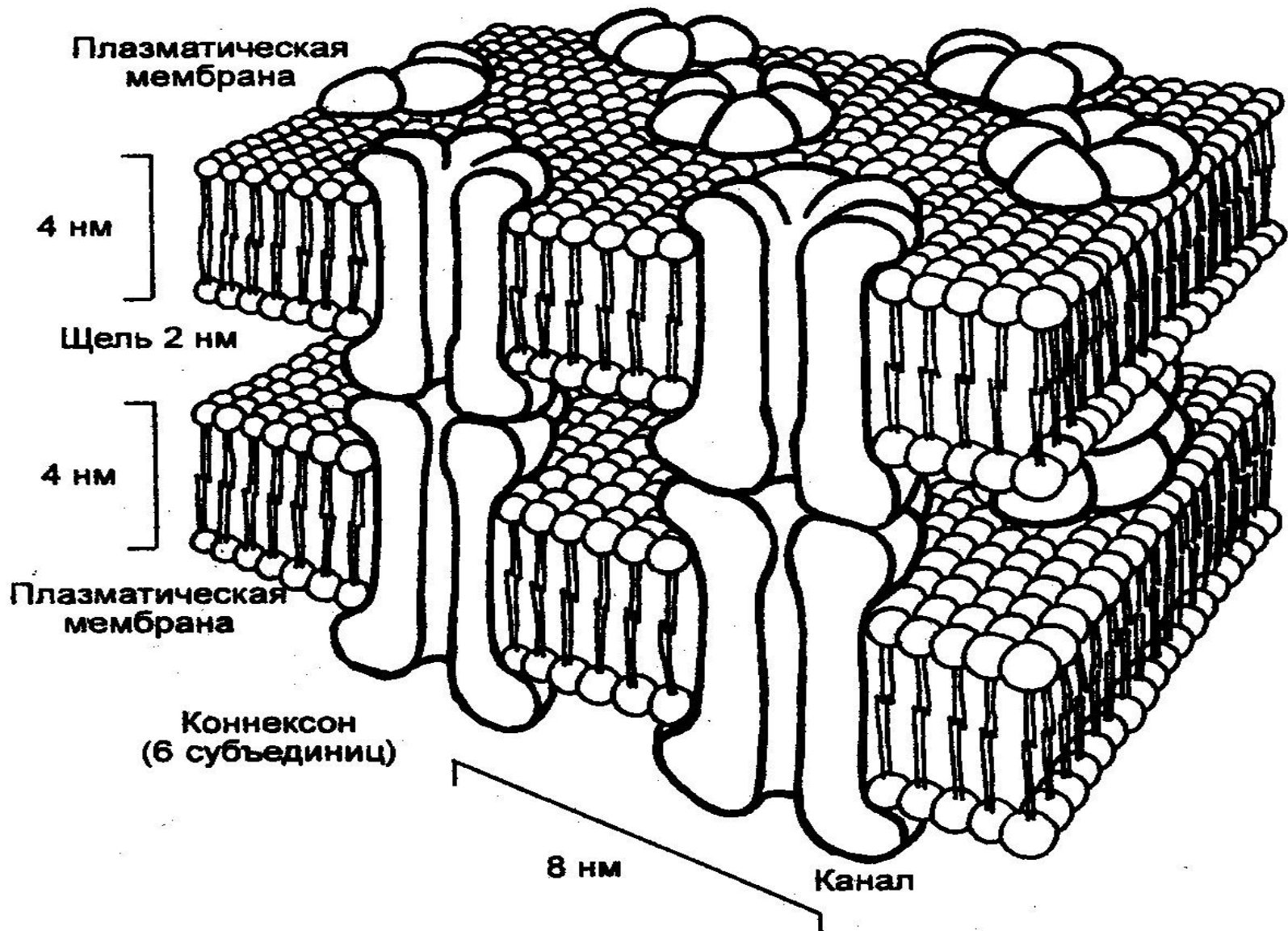
Структура биомембран

- Мембрана состоит из двойного **слоя молекул фосфолипидов**, покрытого изнутри слоем **белковых молекул**, а снаружи - слоем молекул **белка и мукополисахаридов**.
- В клеточной мембране имеются тончайшие каналы (поры) диаметром в несколько ангстрем. Через эти каналы молекулы воды и других веществ, а также ионы, имеющие соответствующий размеру пор диаметр, входят в клетку и покидают ее.
- На структурных элементах мембраны фиксируются различные заряженные группы, что придает стенкам каналов тот или иной заряд.
- Мембрана значительно менее проницаема для анионов, чем для катионов.

Схема строения мембраны







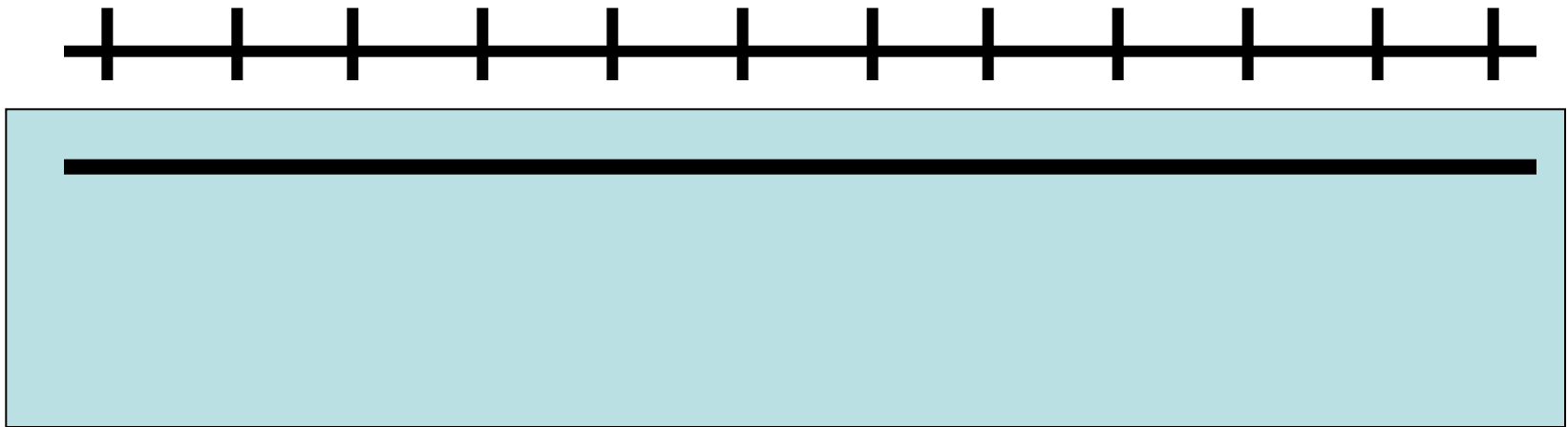
Потенциал покоя

- Между наружной поверхностью клетки и ее протоплазмой в состоянии покоя существует разность потенциалов порядка 60-90 мв.
- Поверхность клетки заряжена электроположительно по отношению к протоплазме.
- Эта разность потенциала называется мембранным потенциалом, или потенциалом покоя. Точное его измерение возможно только с помощью внутриклеточных микроэлектродов.
- Согласно мембранно-ионной теории Ходжкина-Хаксли, биоэлектрические потенциалы обусловлены неодинаковой концентрацией ионов K^+ , Na^+ , Cl^- внутри и вне клетки, и различной проницаемостью для них поверхностной мембраны.

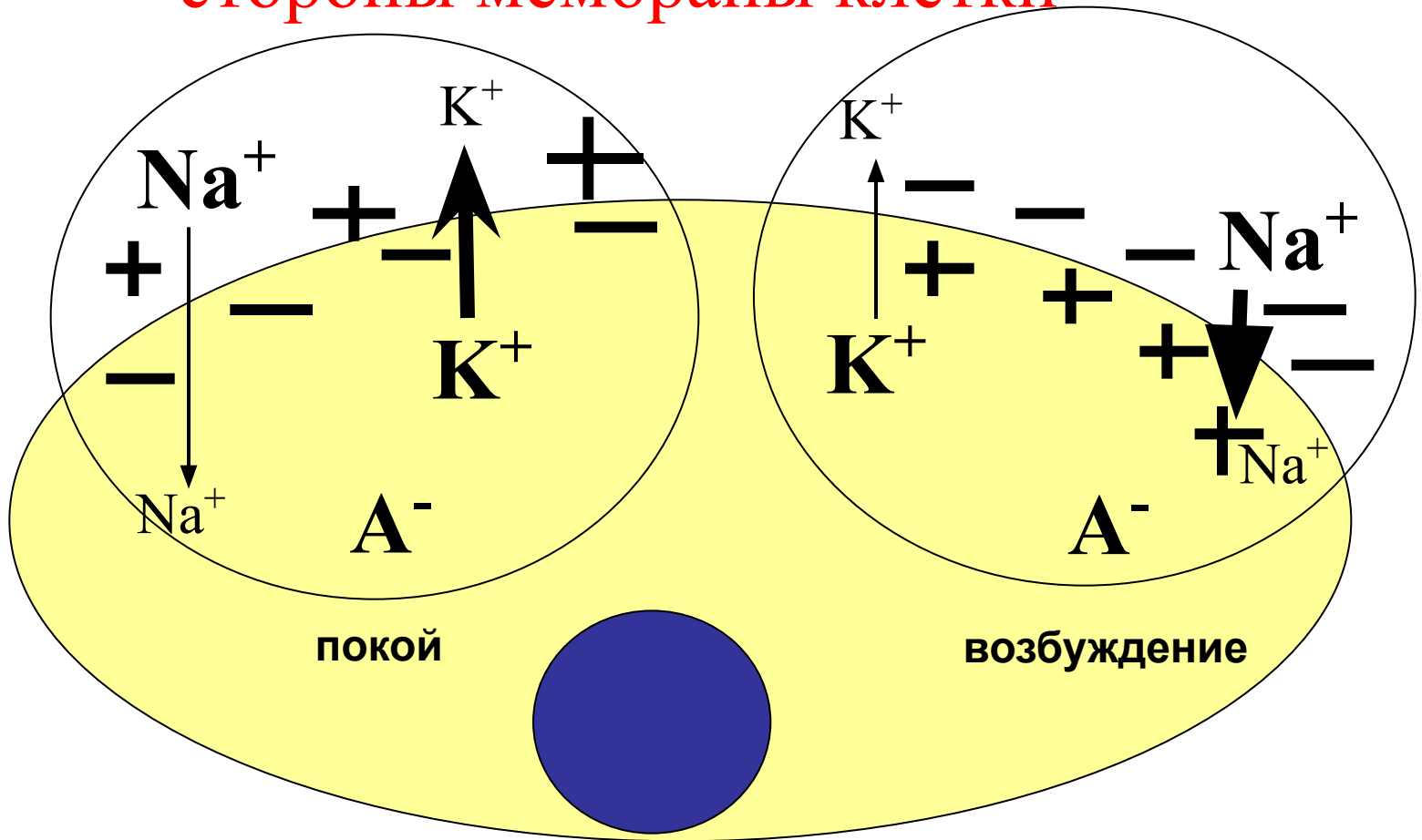
Механизм формирования МП

- В покое мембрана нервных волокон примерно в 25 раз более проницаема для ионов K , чем для ионов Na^+ , а при возбуждении натриевая проницаемость примерно в 20 раз превышает калиевую.
- Большое значение для возникновения мембранного потенциала имеет градиент концентрации ионов по обе стороны мембраны. Показано, что цитоплазма нервных и мышечных клеток содержит в 30-59 раз больше ионов K^+ , но в 8-10 раз меньше ионов Na^+ и в 50 раз меньше ионов Cl^- , чем внеклеточная жидкость.
- *Величина потенциала покоя нервных клеток определяется соотношением положительно заряженных ионов K^+ , диффундирующих в единицу времени из клетки наружу по градиенту концентрации, и положительно заряженных ионов Na^+ , диффундирующих по градиенту концентрации в обратном направлении.*

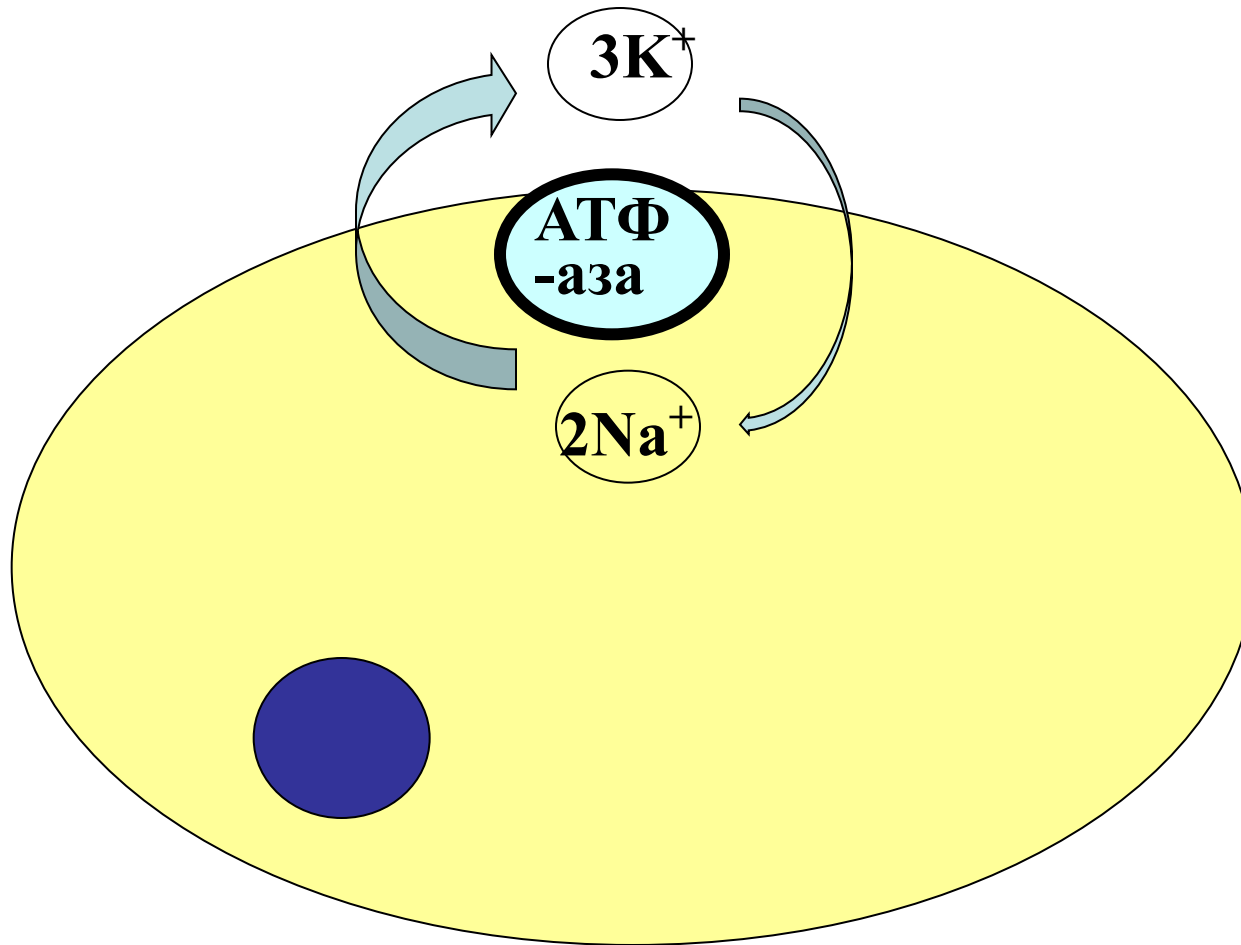
Поляризация мембраны в покое



Распределение ионов по обе стороны мембраны клетки



Na⁺-K⁺ -насос мембраны

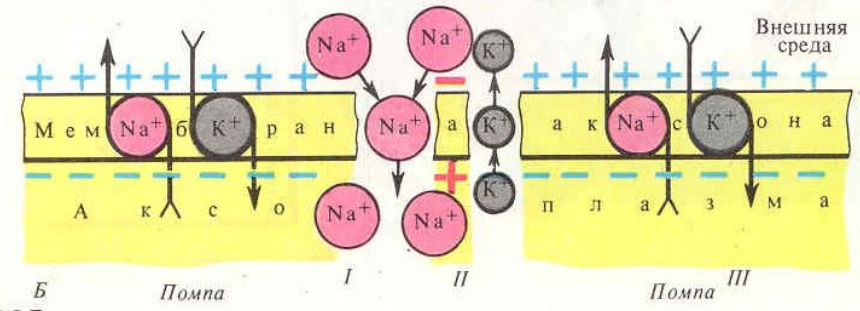
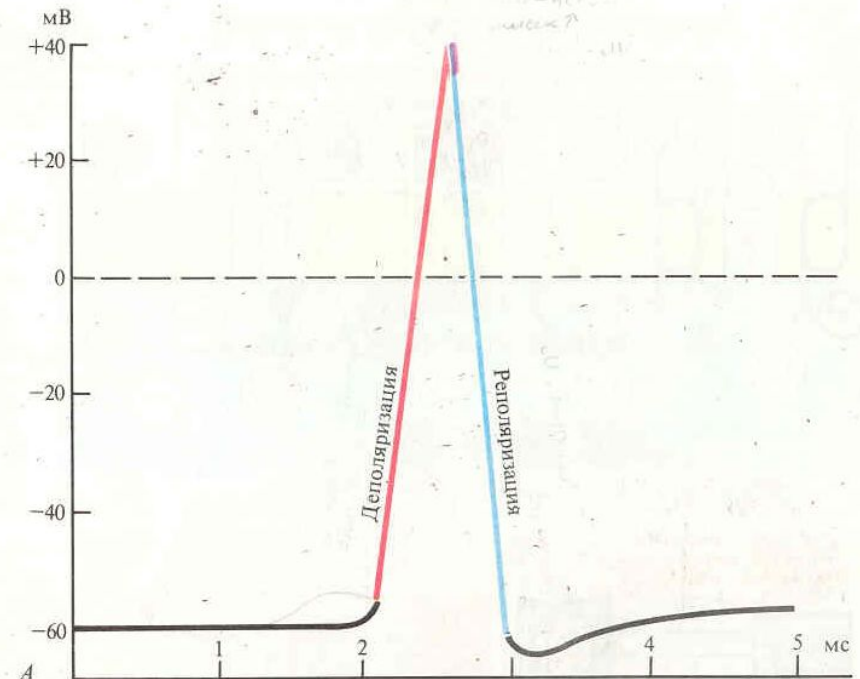


Потенциал действия

- Если участок нервного или мышечного волокна подвергнуть действию достаточно сильного раздражителя (например, толчка электрического тока), в этом участке возникает возбуждение, одним из наиболее важных проявлений которого служит быстрое колебание МП, называемое **потенциалом действия** (ПД)

Потенциал действия

- В ПД принято различать его пик (т.н. спайк - spike) и следовые потенциалы.
- Пик ПД имеет восходящую и нисходящую фазы.
- Перед восходящей фазой регистрируется более или менее выраженный т.н. местный потенциал, или локальный ответ.
- Поскольку во время восходящей фазы исчезает исходная поляризация мембраны, ее называют фазой **деполяризации**; соответственно нисходящую фазу, в течение которой поляризация мембраны возвращается к исходному уровню, называется фазой **реполяризации**.
- Продолжительность пика ПД в нервных и скелетных мышечных волокнах варьирует в пределах 0,4-5,0 мсек. *При этом фаза реполяризации всегда продолжительнее.*



- **Главным условием для возникновения ПД и распространяющегося возбуждения**

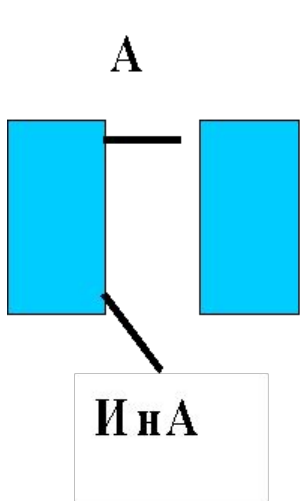


мембранный потенциал должен стать равным или меньше критического уровня деполяризации
($E_0 \leq E_k$)

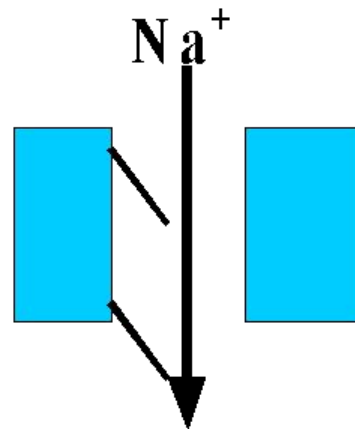
Схема строения натриевого ионного канала мембраны в разрезе



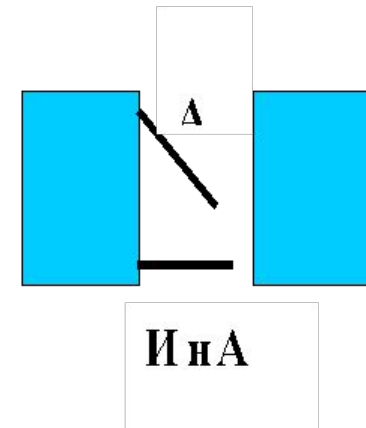
СОСТОЯНИЕ НАТРИЕВЫХ КАНАЛОВ



**ПОСЛЕДНИЙ
ПОКОЯ**

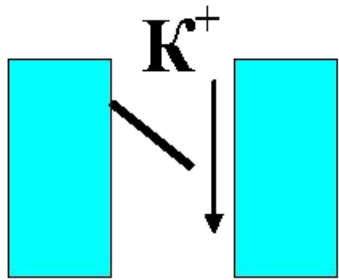


**СОСТОЯНИЕ
ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ
МЕМБРАНЫ**

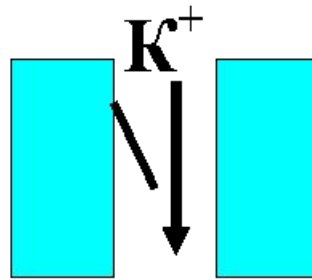


**СПАЙК И
РЕПОЛЯРИЗАЦИЯ
МЕМБРАНЫ**

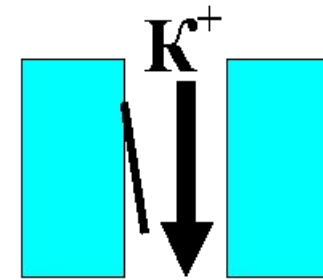
СОСТОЯНИЕ КАЛИЕВЫХ КАНАЛОВ



СОСТОЯНИЕ
ПОТЕНЦИАЛА
ПОКОЯ



СПАЙК



СОСТОЯНИЕ
РЕПОЛЯРИЗАЦИИ
МЕМБРАНЫ

**Блокада калиевых каналов
резко удлиняет процесс реполяризации**

Параметры возбудимости

- 1. Порог возбудимости
- 2. Полезное время
- 3. Критический наклон
- 4. Лабильность

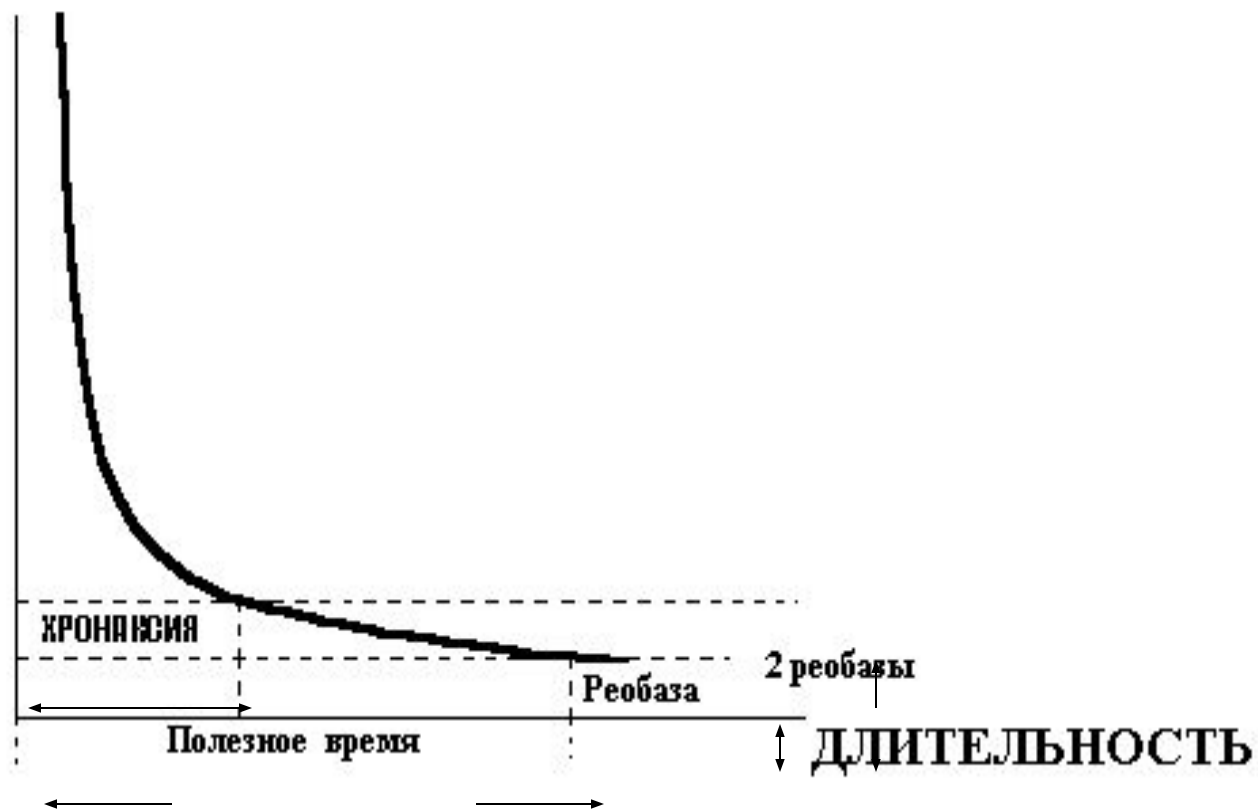
Порог раздражения

- Минимальное значение силы раздражителя (электрического тока), необходимое для снижения заряда мембраны от уровня покоя (E_o) до критического уровня (E_c), называется **пороговым** раздражителем. Порог раздражения $E_p = E_o - E_c$
- **Подпороговый** раздражитель меньше по силе, чем пороговый
- **Надпороговый** раздражитель - сильнее порогового

- Пороговая сила любого стимула в определенных пределах находится в обратной зависимости от его длительности.
- Полученная в таких опытах кривая получила название "кривой силы-длительности".
- Из этой кривой следует, что ток ниже некоторой минимальной величины или напряжения не вызывает возбуждения, как бы длительно он не действовал.
- Минимальная сила тока, способная вызвать возбуждение, названа реобазой.
- Наименьшее время, в течение которого должен действовать раздражающий стимул, называют полезным временем. Усиление тока приводит к укорочению минимального времени раздражения, но не беспредельно.
- *При очень коротких стимулах кривая силы-времени становится параллельной оси координат.* Это означает, что при таких кратковременных раздражениях возбуждения не возникает, как бы ни была велика сила раздражения.

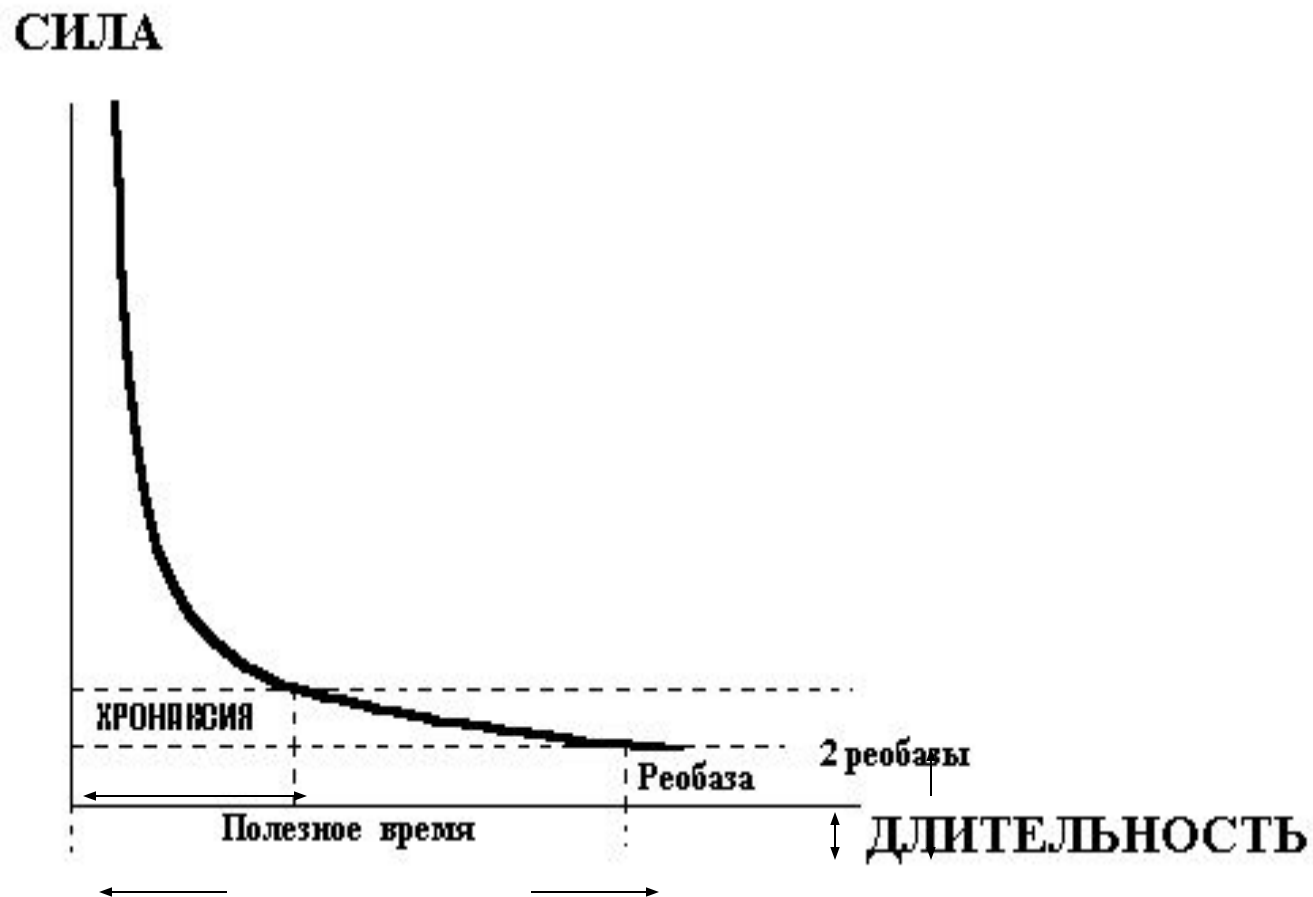
ЗАКОН «СИЛА - ДЛИТЕЛЬНОСТЬ»

СИЛА



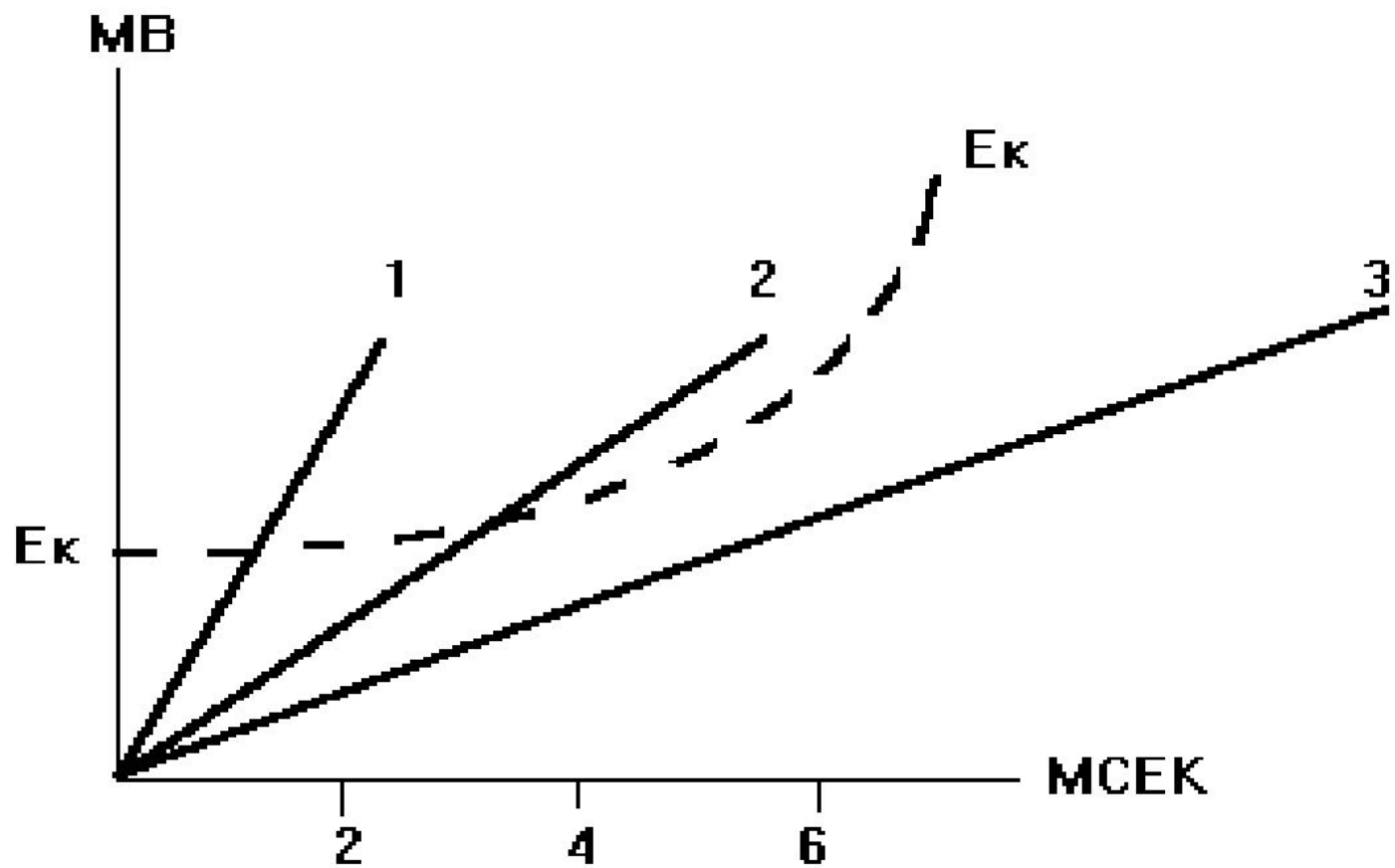
- Определение полезного времени практически затруднено, так как точка полезного времени находится на участке кривой, переходящей в параллельную.
- *Поэтому предложено использовать полезное время двух реобаз - хронаксию.*
- Хронаксиметрия получила широкое распространение как в эксперименте, так и в клинике для диагностики повреждений волокон двигательных нервов.

ЗАКОН «СИЛА - ДЛИТЕЛЬНОСТЬ»



- **Величина порога раздражения нерва или мышцы зависит не только от длительности стимула, но и от крутизны нарастания его силы.**
- **Порог раздражения имеет наименьшую величину при толчках тока прямоугольной формы, характеризующихся максимально быстрым нарастанием тока.**
- **При уменьшении крутизны нарастания тока ниже некоторой минимальной величины (т.н. критический наклон) ПД вообще не возникает, до какой бы конечной силы не увеличивался ток.**
- **Явление приспособления возбудимой ткани к медленно нарастающему раздражителю получило название аккомодация.**

ЗАКОН ГРАДИЕНТА РАЗДРАЖЕНИЯ



Закон «все или ничего»

- Согласно этому закону, под пороговые раздражения не вызывают возбуждения ("ничего"), при *пороговых же стимулах возбуждение сразу приобретает максимальную величину* ("все"), и уже не возрастает при дальнейшем усилении раздражителя.

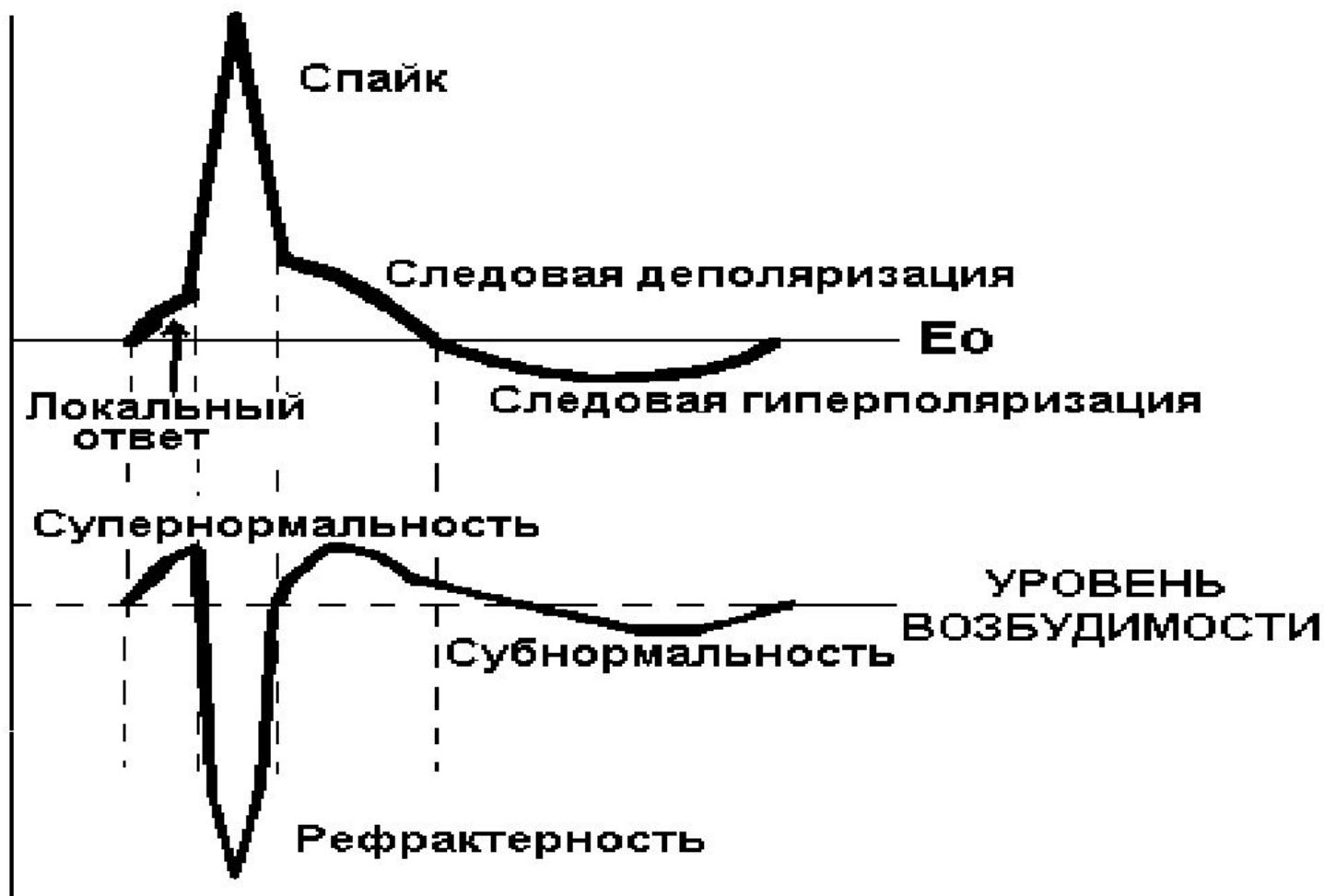
лабильность

- Максимальное число импульсов, которое возбудимая ткань способна воспроизвести в соответствии с частотой раздражения

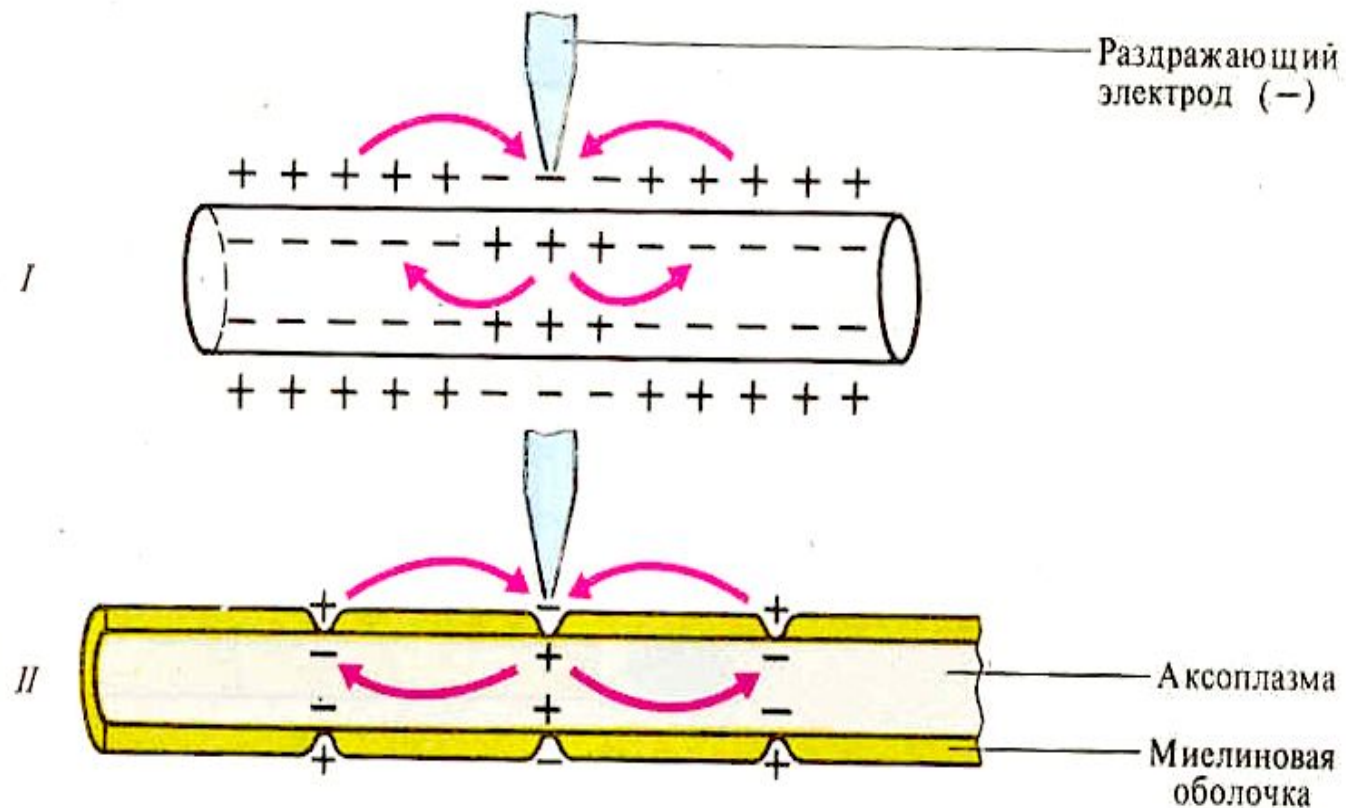
нерв – **свыше 100 гц**

мышца – **около 50 гц**

СООТНОШЕНИЕ ФАЗ ВОЗБУДИМОСТИ С ФАЗАМИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



Проведение возбуждения в нервных волокнах



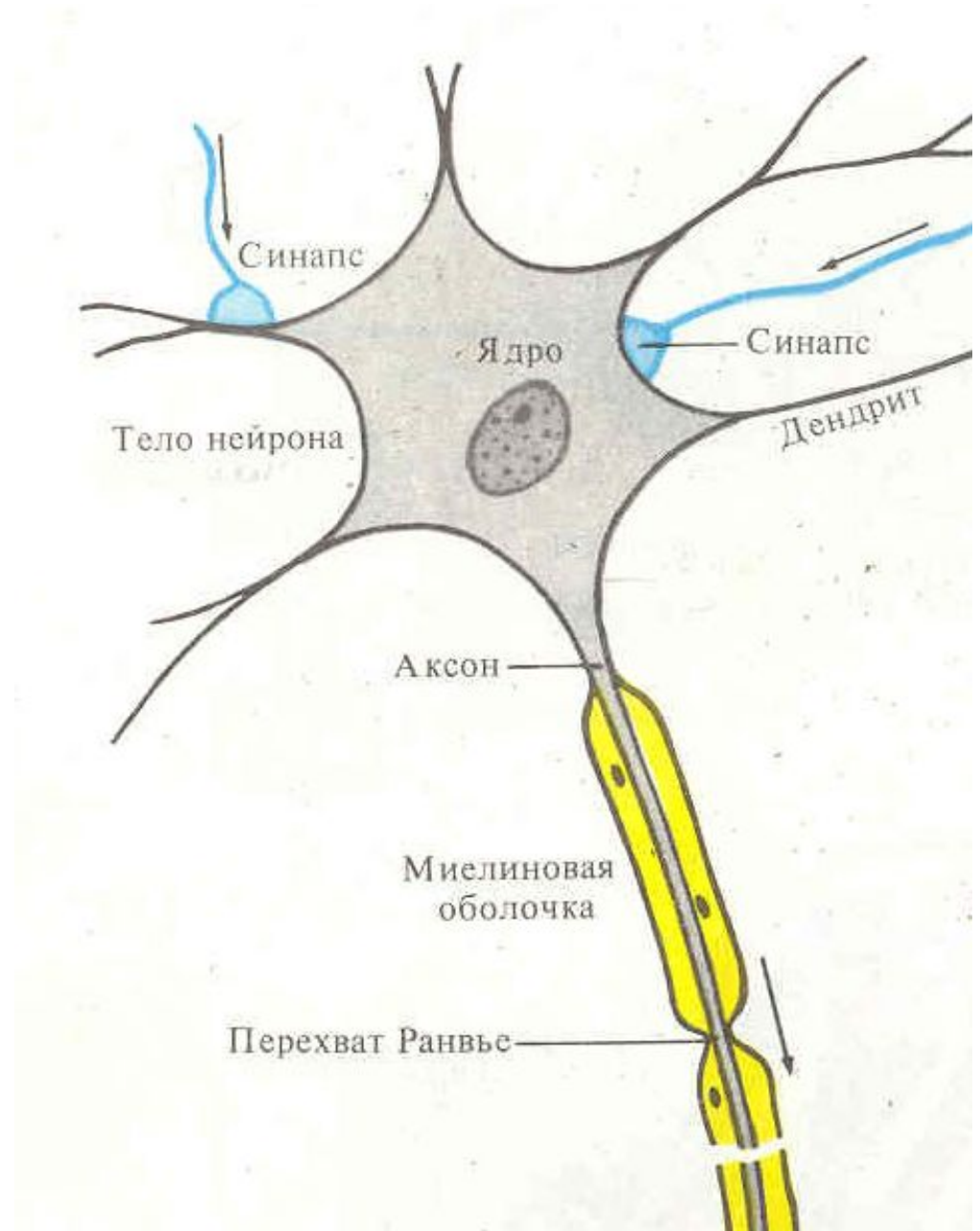
Проведение возбуждения в нервных волокнах (по Дж. Бендоллу, 1970):

I — немиелинизированное волокно, *II* — миелинизированное волокно (сальтаторное проведение)

Законы проведения возбуждения

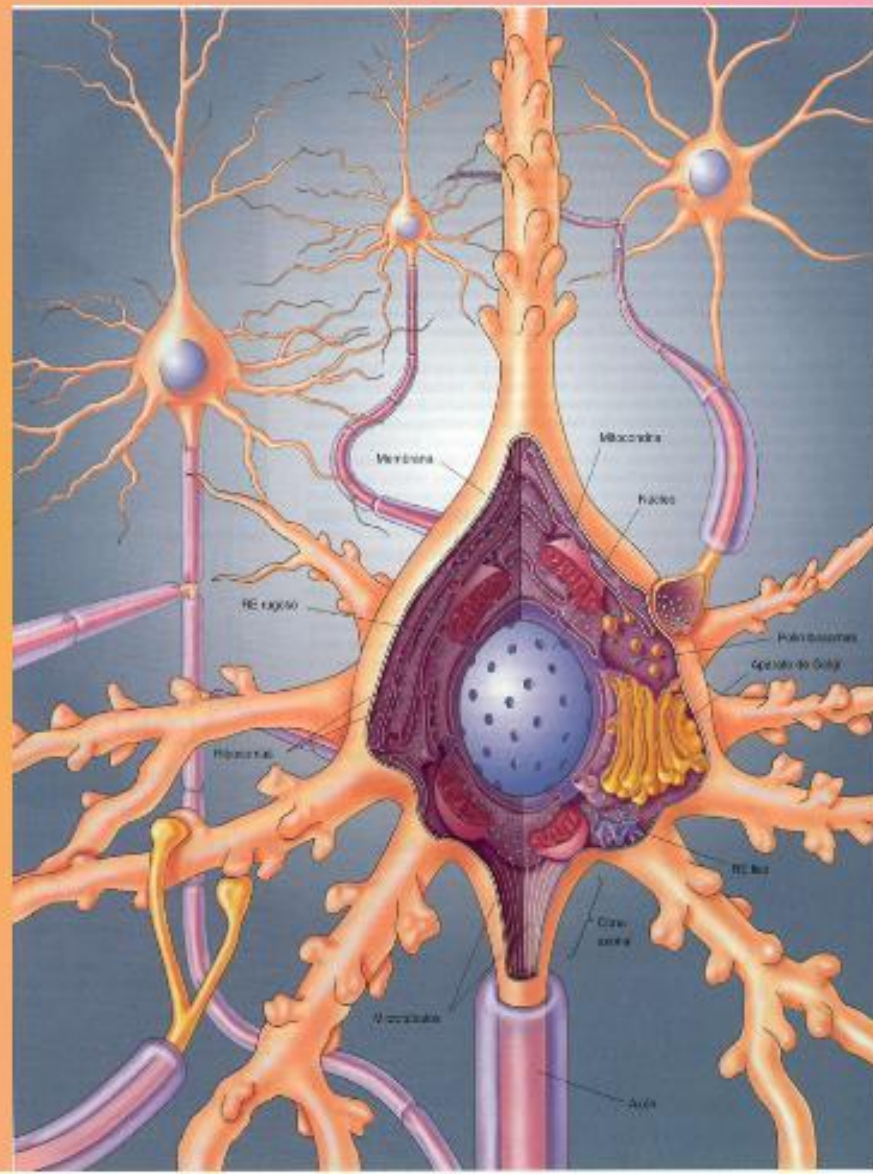
- **Закон физиологической непрерывности;**
- **Закон двустороннего проведения;**
- **Закон изолированного проведения.**

Нейрон и его компоненты

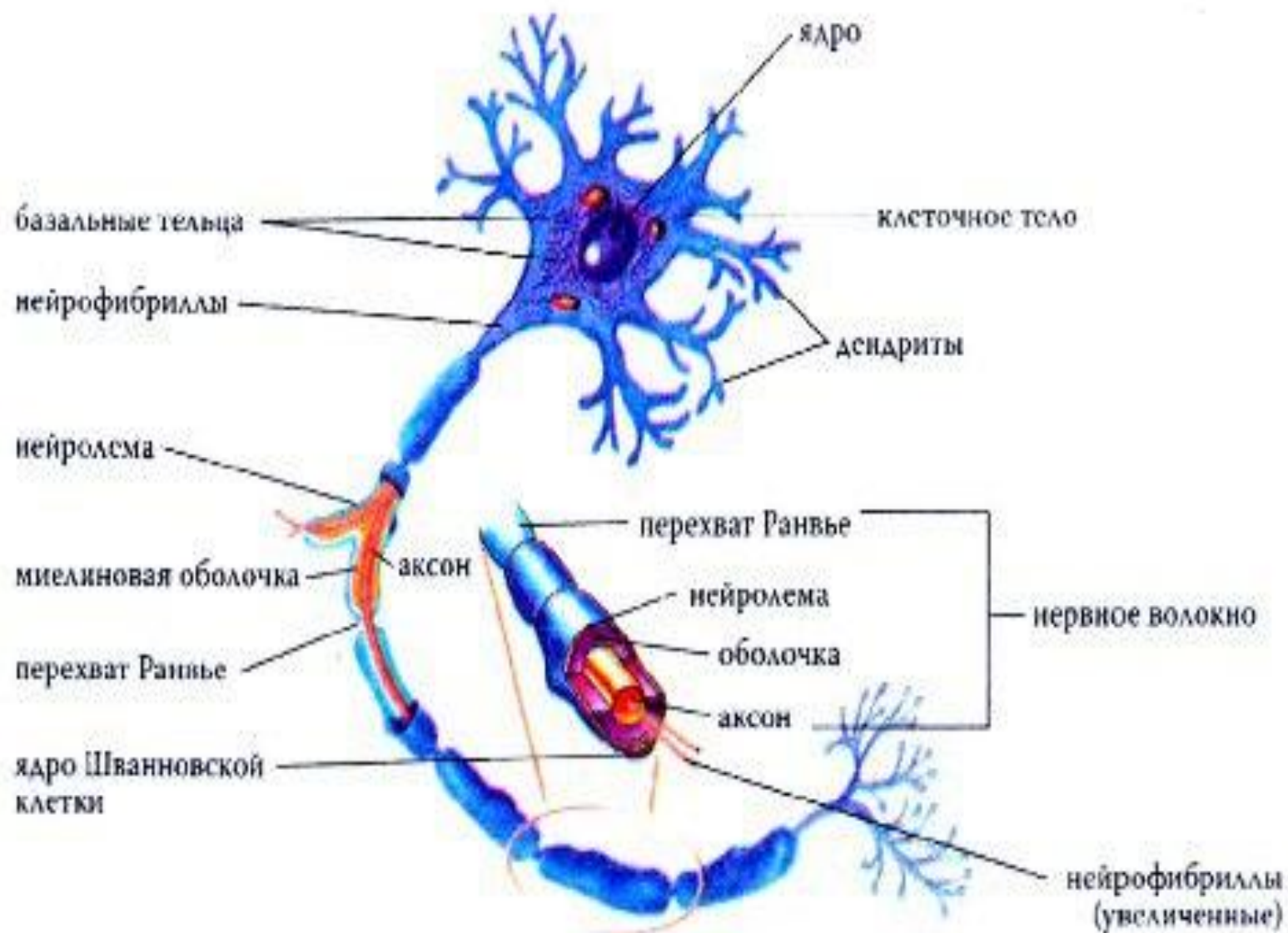


Так что же такое нейрон?

Нейрон — это структурно-функциональная единица нервной системы. Эта клетка имеет сложное строение, высоко специализирована и по структуре содержит ядро, тело клетки и отростки. В организме человека насчитывается более ста миллиардов нейронов.

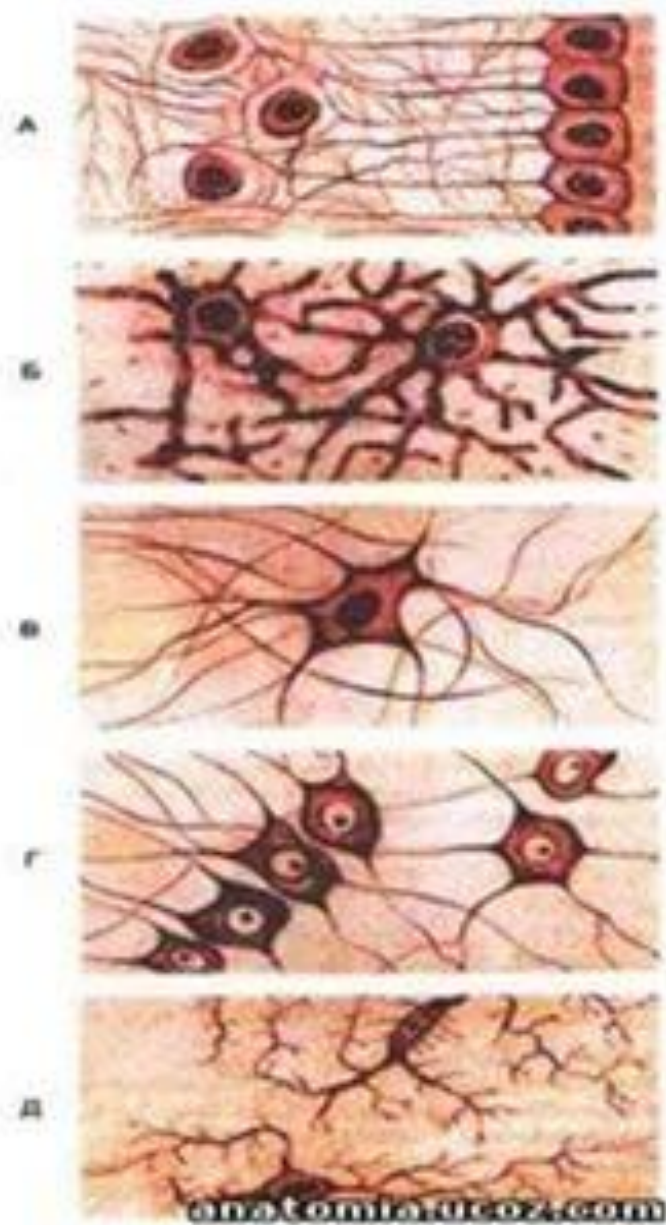


- Место отхождения аксона от тела нервной клетки (аксонный холмик) имеет наибольшее значение в возбуждении нейрона.
- **Это - триггерная зона нейрона, именно здесь легче всего возникает возбуждение. В этой области на протяжении 50-100 мк. аксон не имеет миелиновой оболочки, поэтому аксонный холмик и начальный сегмент аксона обладают наименьшим порогом раздражения (дендрит - 100 мв, сома - 30 мв, аксонный холмик - 10 мв).**
- Дендриты тоже играют определенную роль в возникновении возбуждения нейрона. **На них в 15 раз больше синапсов, чем на соме, поэтому ПД, проходящие по дендритам к соме, способны легко деполяризовать сому и вызвать залп импульсов по аксону.**



Особенности метаболизма нейронов

- **Высокое потребление O_2 . Полная гипоксия в течение 5-6 минут ведёт к гибели клеток коры.**
- **Способность к альтернативным путям обмена.**
- **Способность к созданию крупный запасов веществ.**
- **Нервная клетка живет только вместе с глией.**
- **Способность к регенерации отростков (0,5-4 мк/сут).**



Клетки нейроглии

А - епендимоциты;

Б - протоплазматические астроциты

В - волокнистые астроциты;

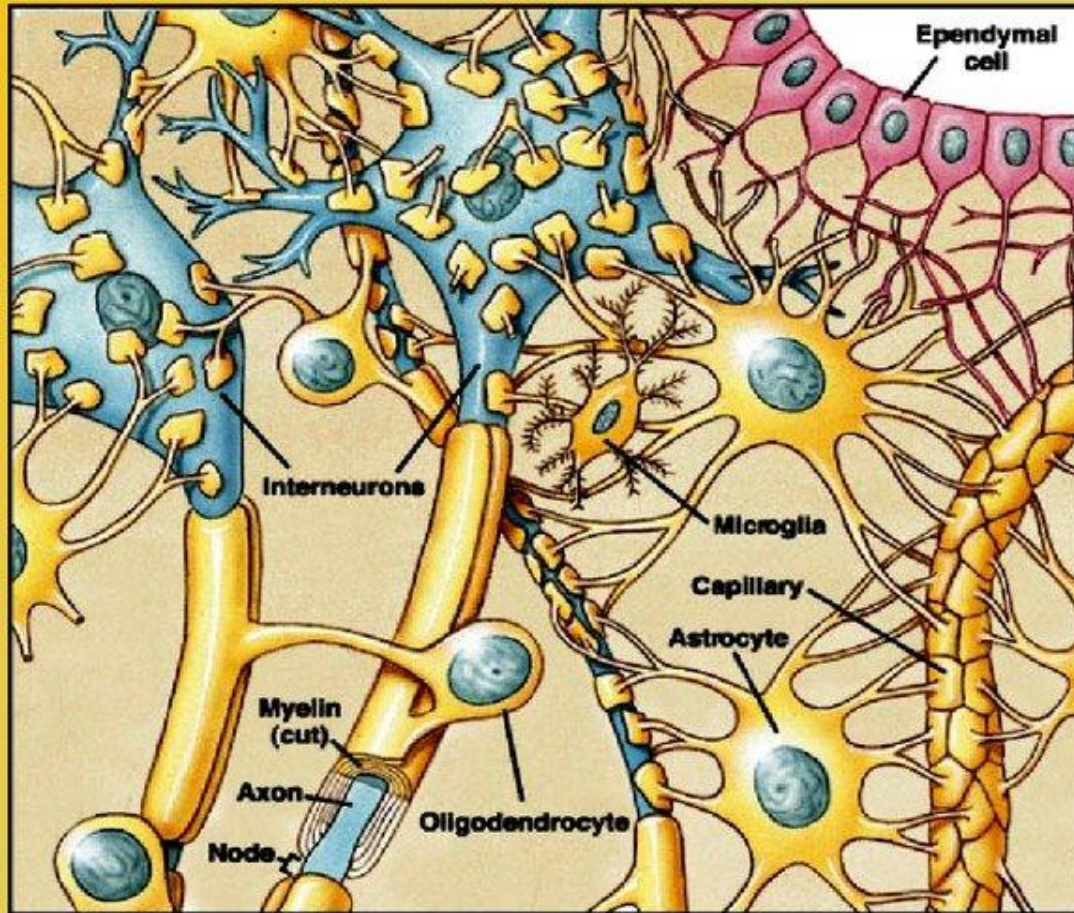
Г - олигодендроциты;

Д - микроглии

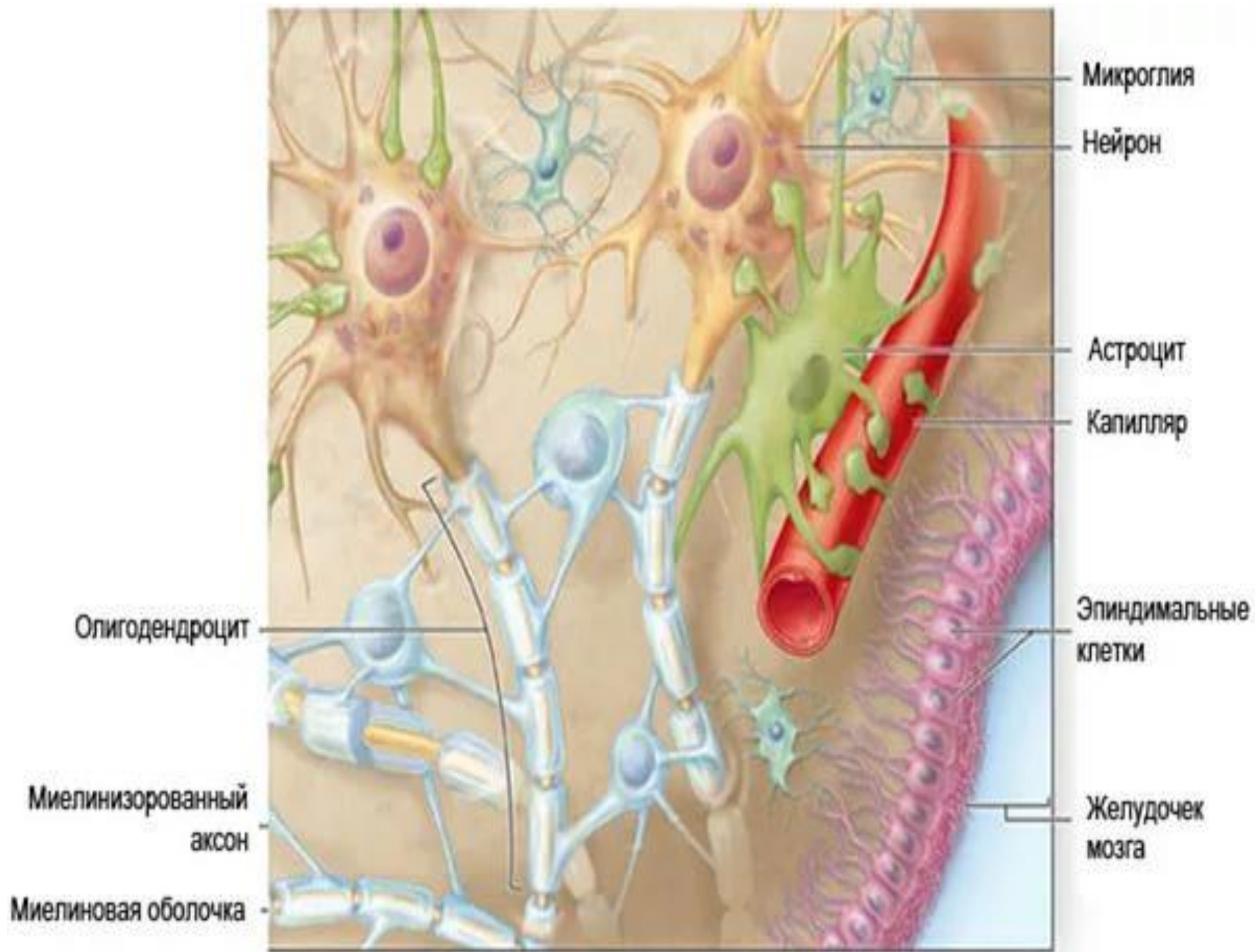


MyShared

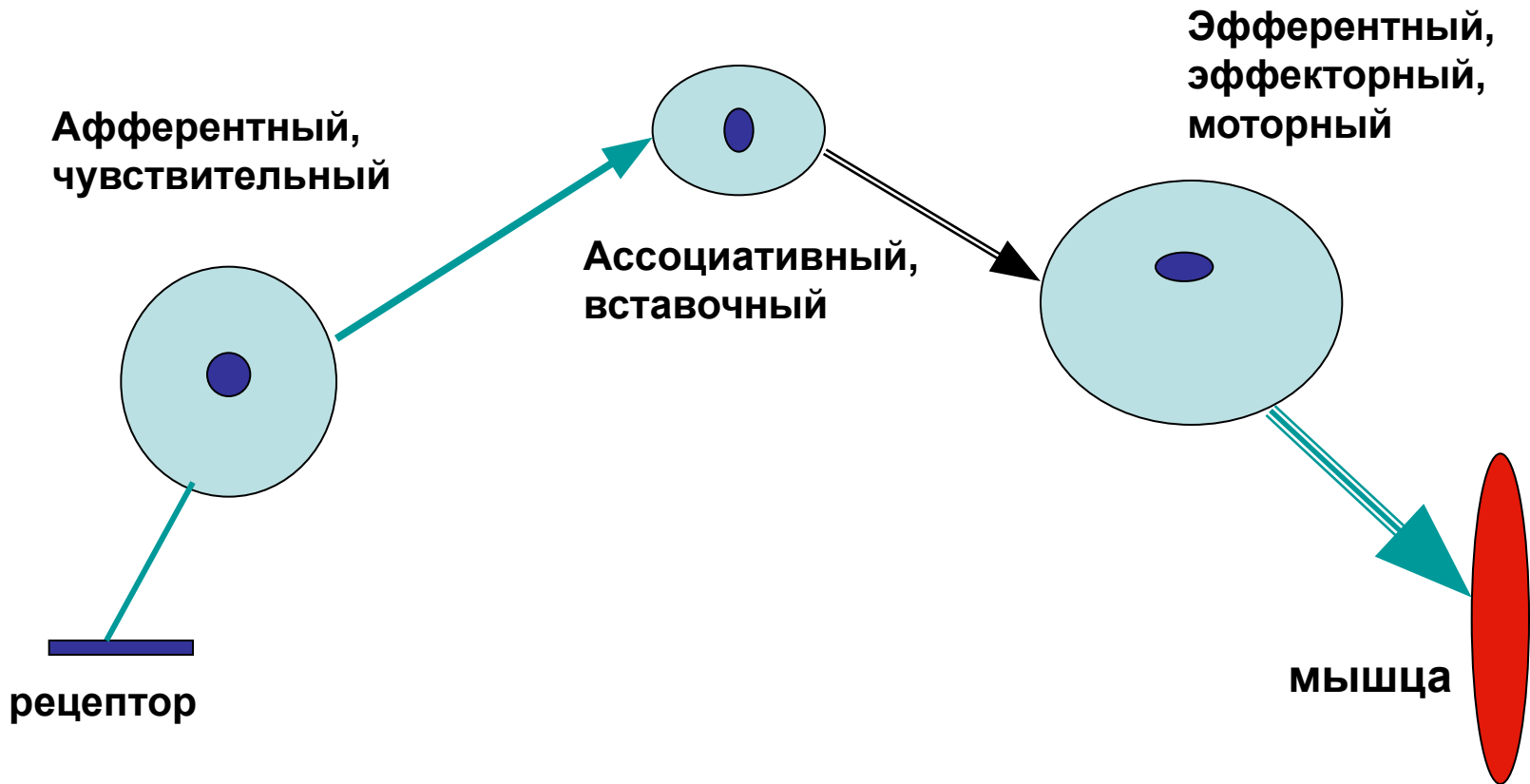
Функции нейроглии



1. **Функция ионного буфера** (*астроциты*);
2. **Активно поглощают нейромедиаторы** (*и выделяют: Глу, K^+ , Ca^{2+}*);
3. **Изоляционная** (*олигодендроциты и шванновские клетки*);
4. **Защитная** (*микроглия, ГЭБ, иммунитет*);
5. **Опорная** (*Р.Вирхов*);
6. **Трофическая** (*Гольджи, Пуальсон и Ньюман*);
7. **Транспортная**;
8. **Участие в восстановлении и регенерации нервной ткани** (*ФРН + и -, микроглия*);
9. **Структурирующая роль в онтогенезе** (*радиальные клетки – Ракич и Хаттен, шванновские клетки*). 13

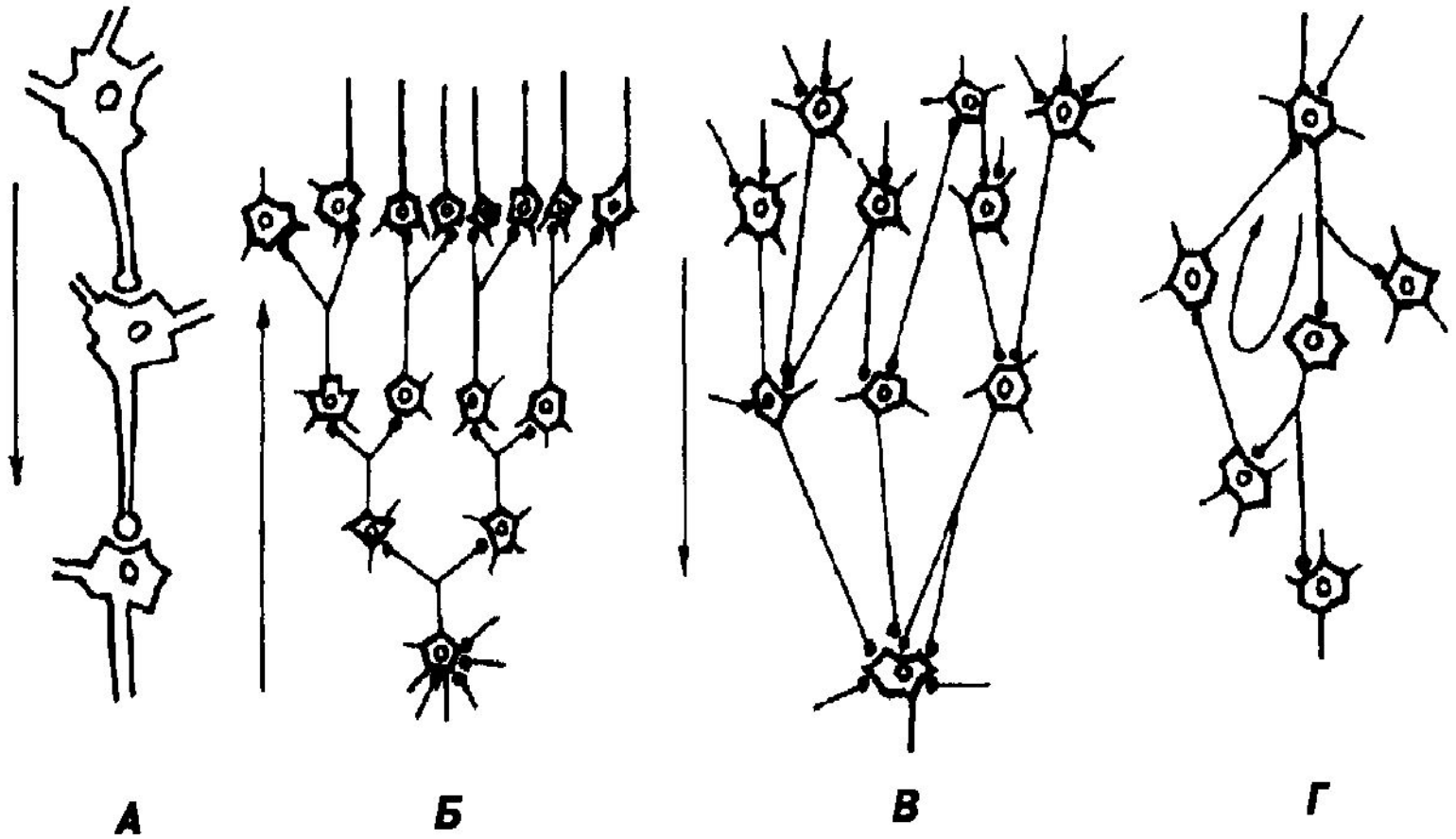


Классификация нейронов



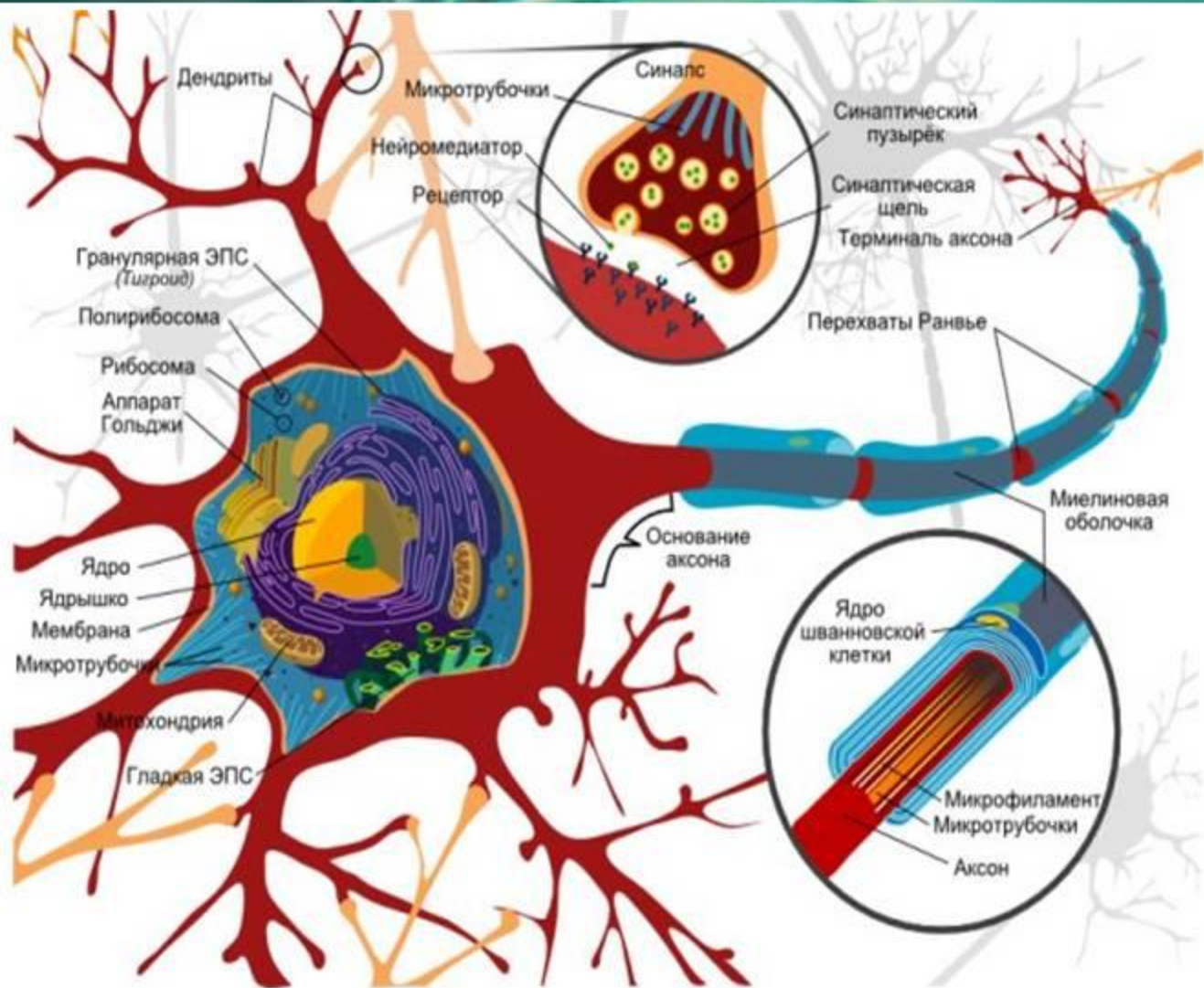
- Аfferentные раздражения проводятся по волокнам, различающимся по степени миелинизации и, следовательно, по скорости проведения импульса.
- **Волокна типа А** — хорошо миелинизированы и проводят возбуждения со скоростью до 130-150 м/с. Они обеспечивают *тактильные, кинестетические, а также быстрые болевые ощущения*.
- **Волокна типа В** — имеют тонкую миелиновую оболочку, меньший общий диаметр, что приводит и к меньшей скорости проведения импульса — 3-14 м/с. Они являются составными частями вегетативной нервной системы и не участвуют в работе кожно-кинестетического анализатора, но могут проводить часть температурных и вторичных болевых раздражений.
- **Волокна типа С** — без миелиновой оболочки, скорость проведения импульса до 2—3 м/с. Они обеспечивают *медленную болевую и температурную чувствительности, а также ощущение давления*. Обычно это нечетко дифференцированная информация о свойствах раздражителя.

Виды связей между нейронами



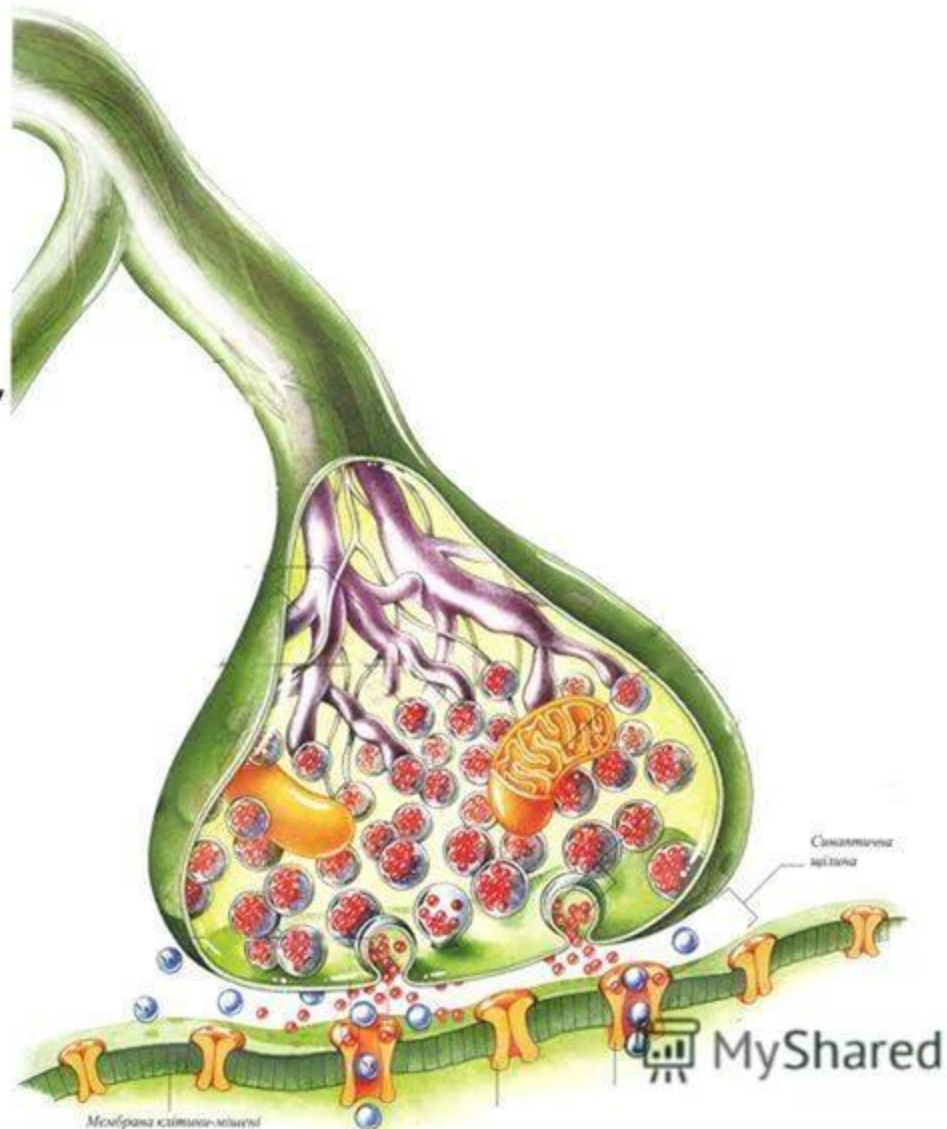
- **Синапс** (-ы) – специализированная зона контакта между нейронами или нейронами и другими возбудимыми клетками, обеспечивающая передачу возбуждения с сохранением, изменением или исчезновением ее информационного значения.

Строение синапса



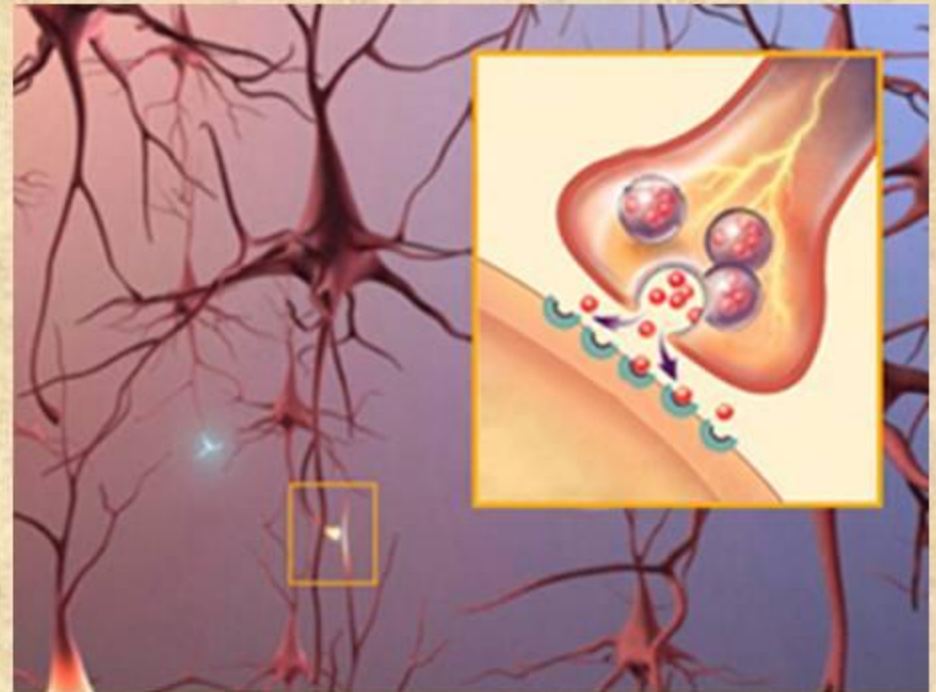
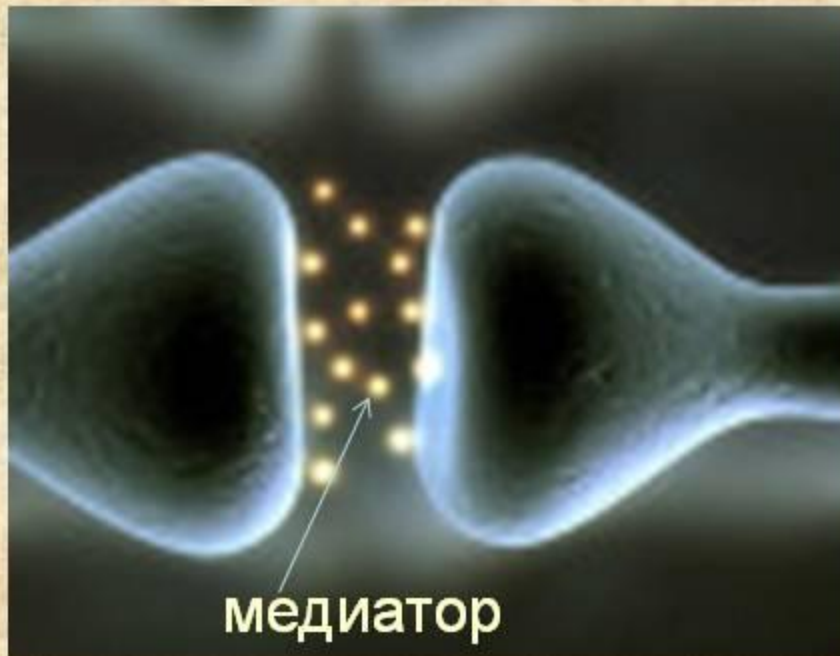
Химический синапс - место передачи нервного импульса

- Химические синапсы наиболее распространены в ЦНС.
- В химический синапс входят: синаптический холмик с пресинаптической мембраной, синаптическая щель, постсинаптическая мембрана.
- **Медиатор** (посредник) находится в пузырьках нервного окончания.



Синапс -

- место контакта нервных клеток



1 нейрон может образовывать до 10.000 синапсов с соседними клетками!!

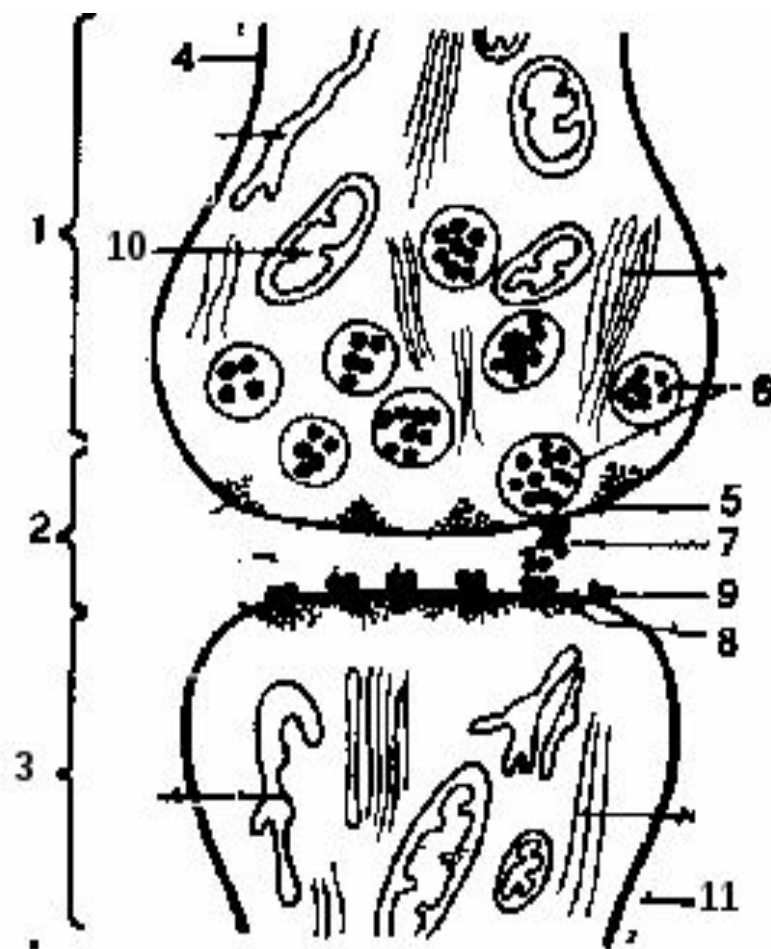
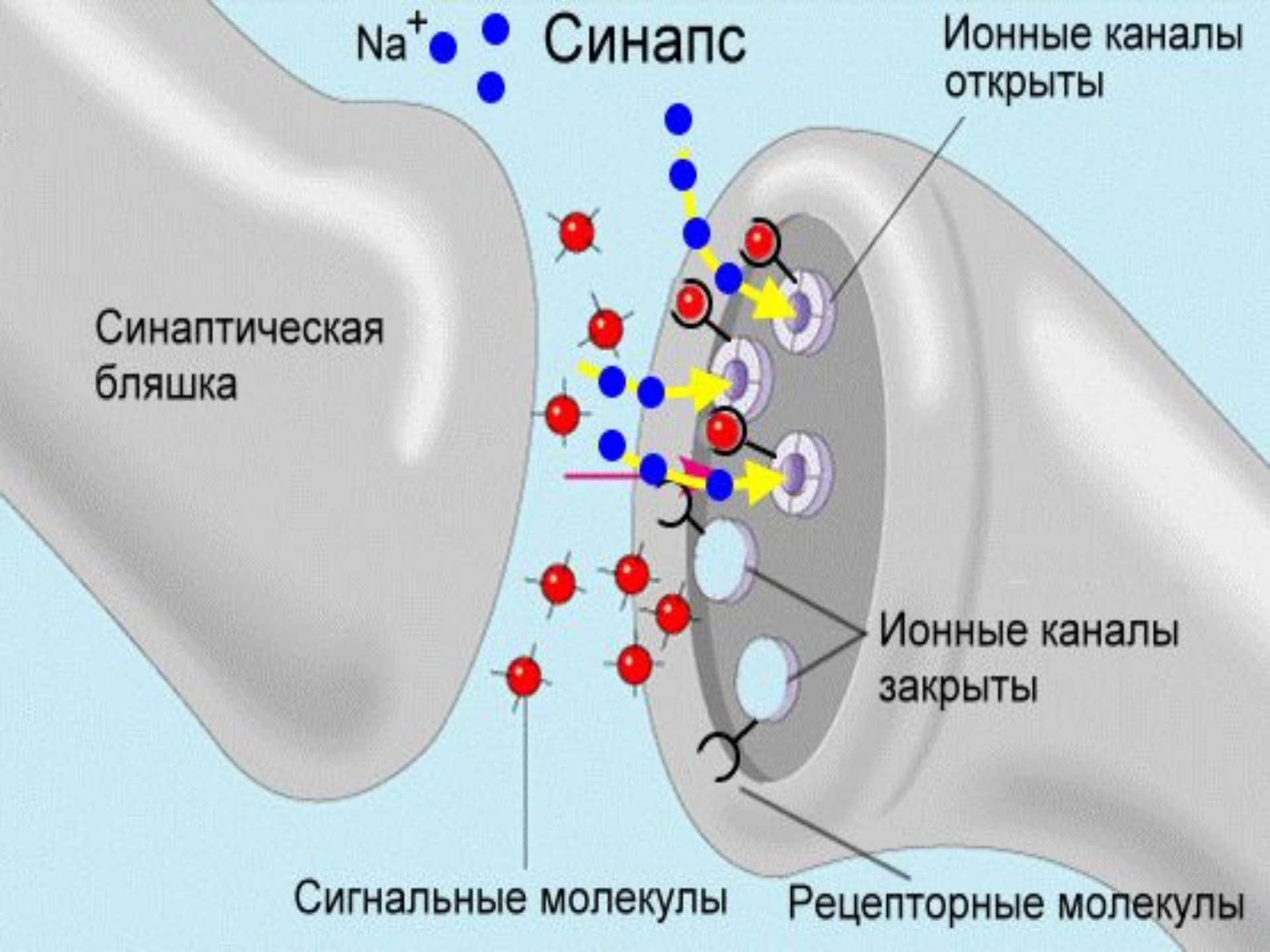


Рис.4. Межнейрональный химический синапс.

1 - пресинаптический полюс; 2 - синаптическая щель; 3 - постсинаптический полюс;
 4 - аксон; 5 - пресинаптическая мембрана; 6 - синаптические пузырьки; 7 -
 синаптическая щель; 8 - постсинаптическая мембрана; 9 - рецептор для медиатора;
 10 - митохондрии; 11 - дендрит.



Na^+

Синапс

Ионные каналы открыты

Синаптическая бляшка

Ионные каналы закрыты

Сигнальные молекулы

Рецепторные молекулы

Разнообразиие синапсов в ЦНС

По расположению:

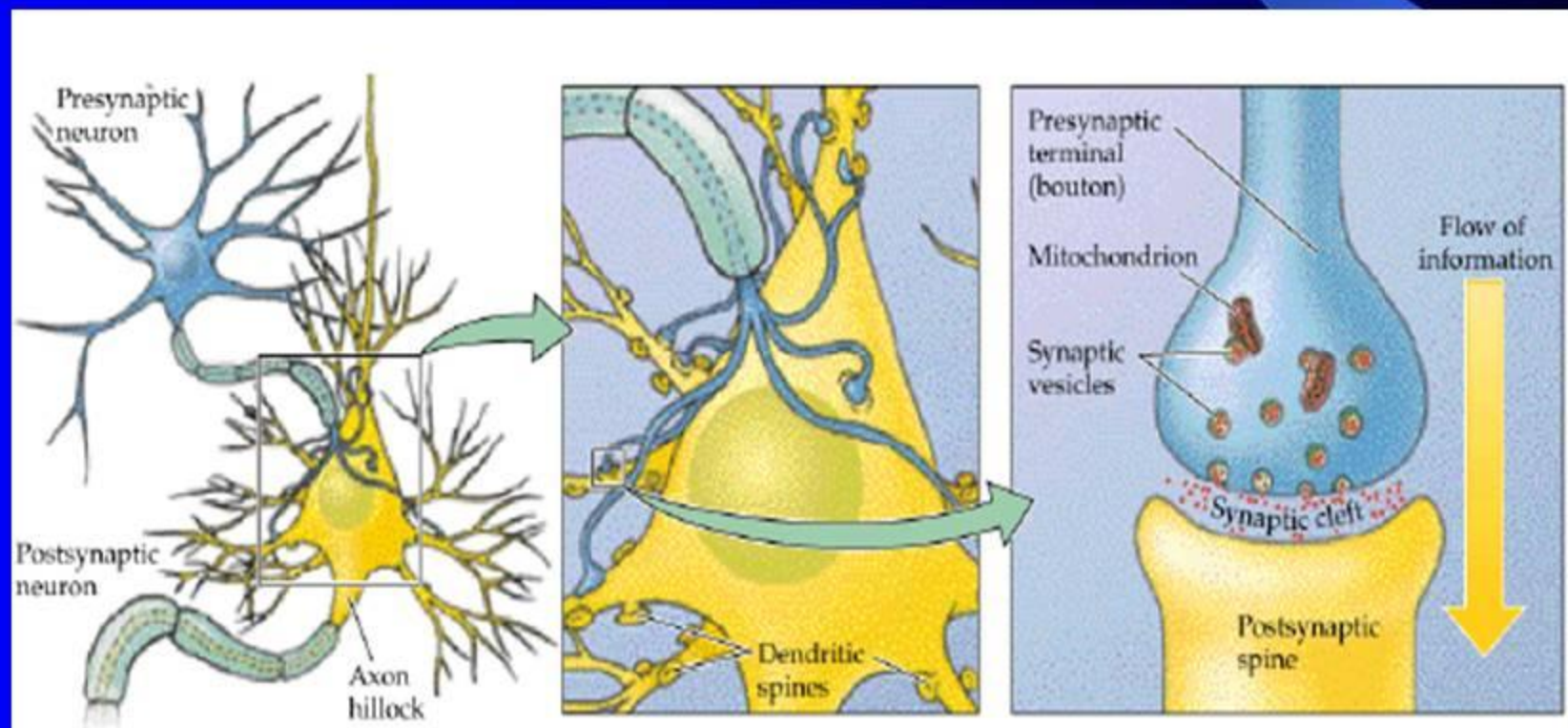
- аксо-соматические
- аксо-дендритные
- аксо-аксональные

По знаку:

- возбуждающие
- тормозные

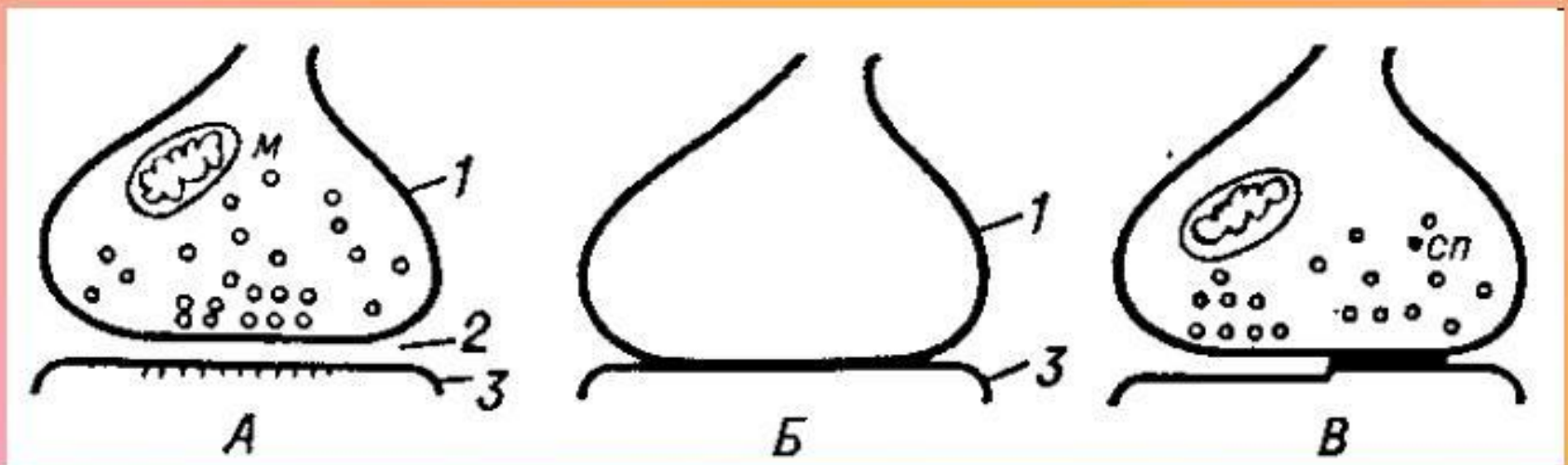
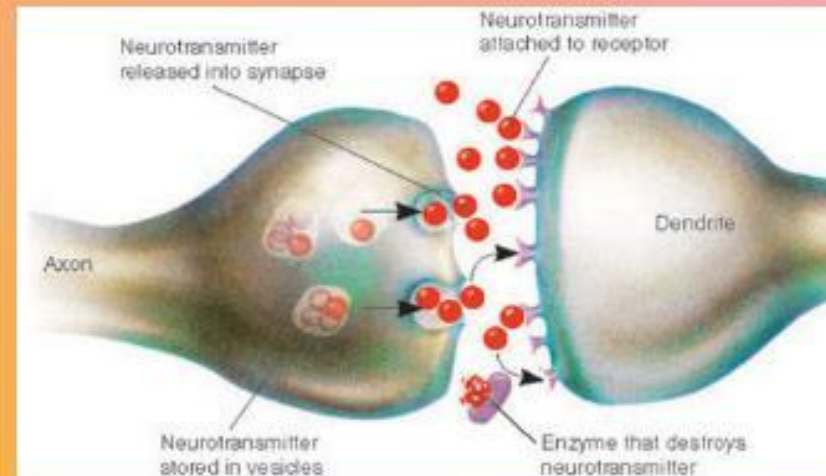
По механизму передачи:

- канальный (прямой)
- метаботропный (непрямой)

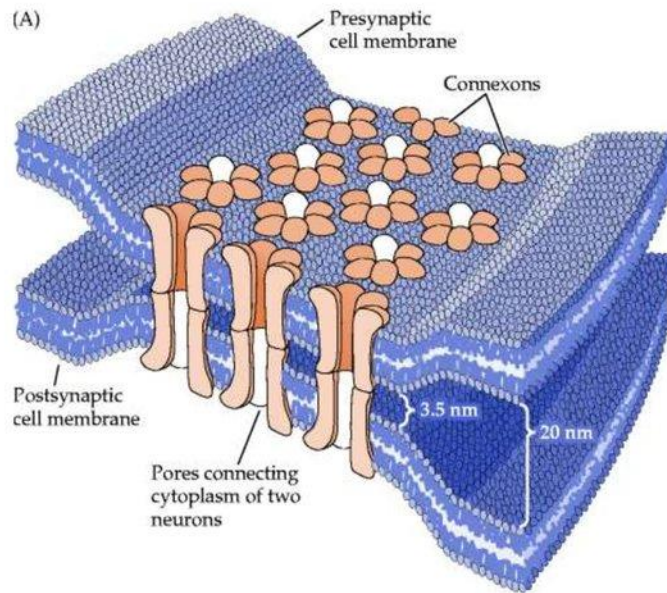


Классификация синапсов в зависимости от механизма передачи нервного импульса:

- химические;
- электрические;
- смешанные синапсы;

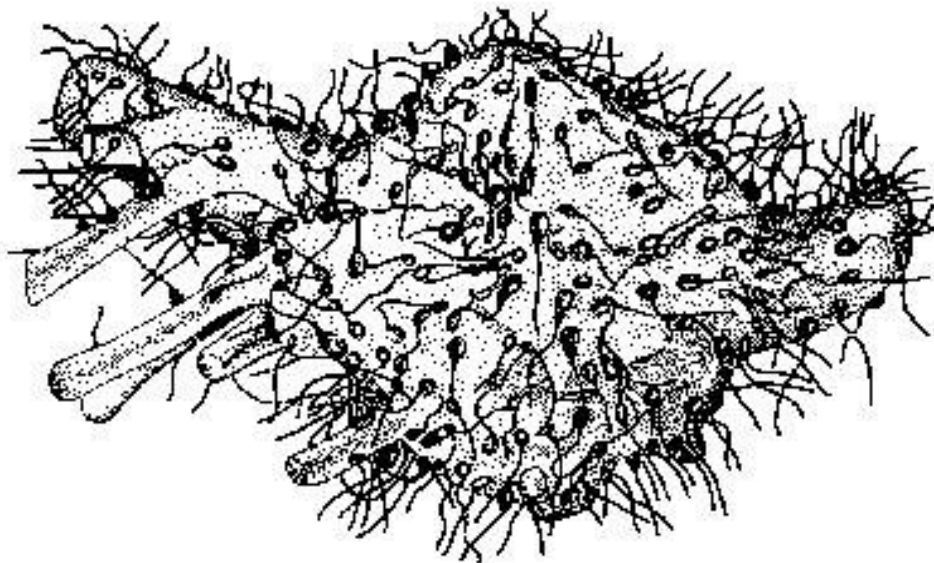


37 Строение и работа электрического синапса

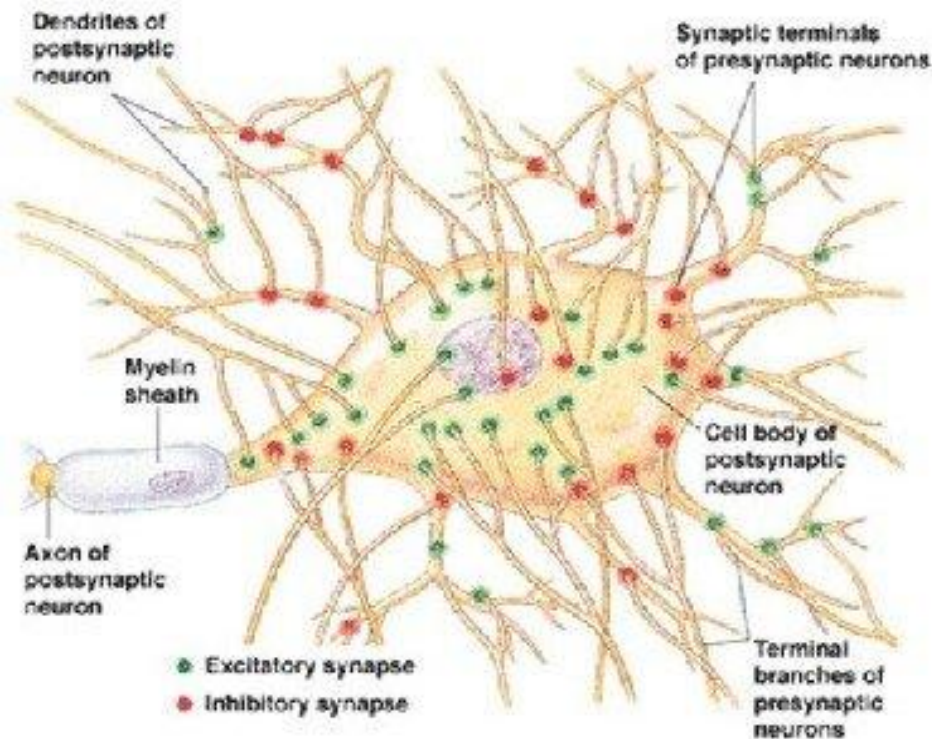


- Ширина синаптической щели 5 нм
- диаметр поры 1 нм
- падение токов в 2-4 раза
- задержка проведения 0,1 мс

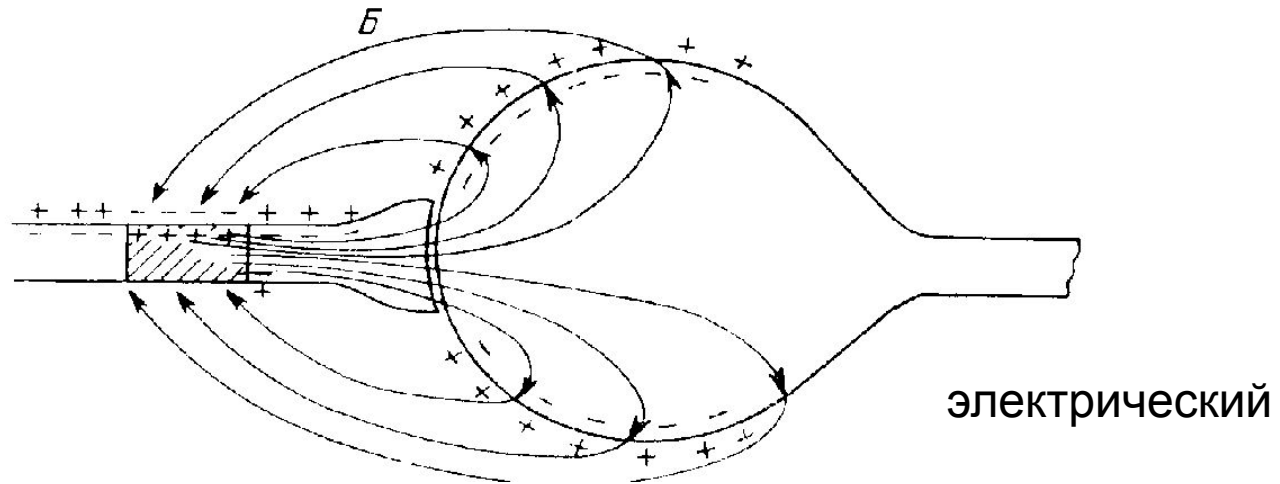
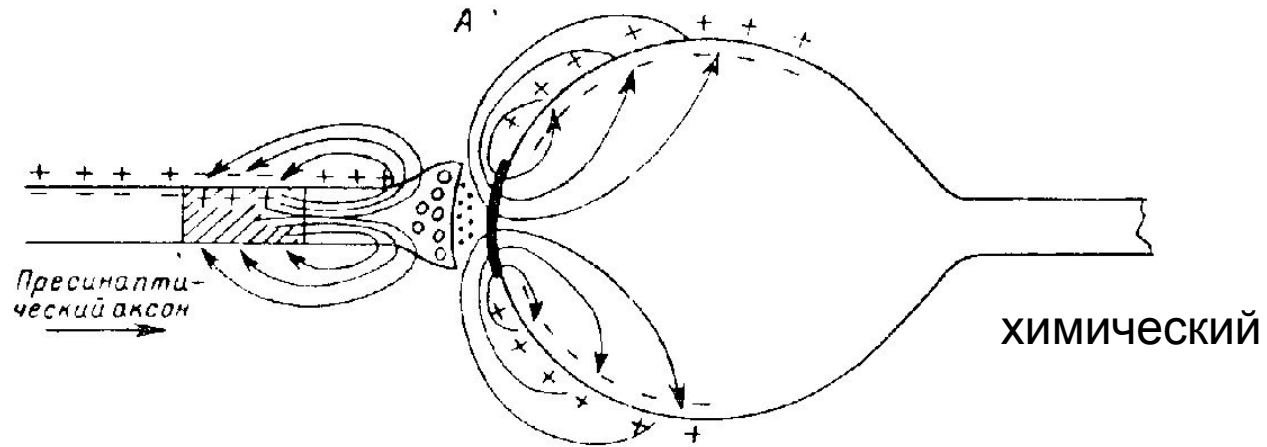
- **Синапс возбуждающий** – синапс, который возбуждает постсинаптическую мембрану; в ней возникает *возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП)* и возбуждение распространяется дальше.
- **Синапс тормозной** – синапс, на постсинаптической мембране которого возникает *тормозной постсинаптический потенциал (ТПСП)*, и пришедшее к синапсу возбуждение не распространяется дальше.



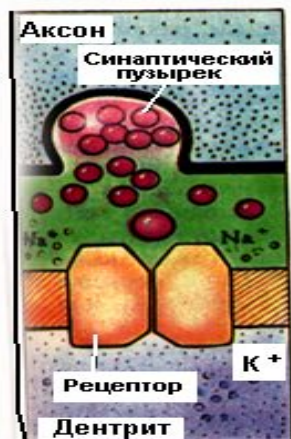
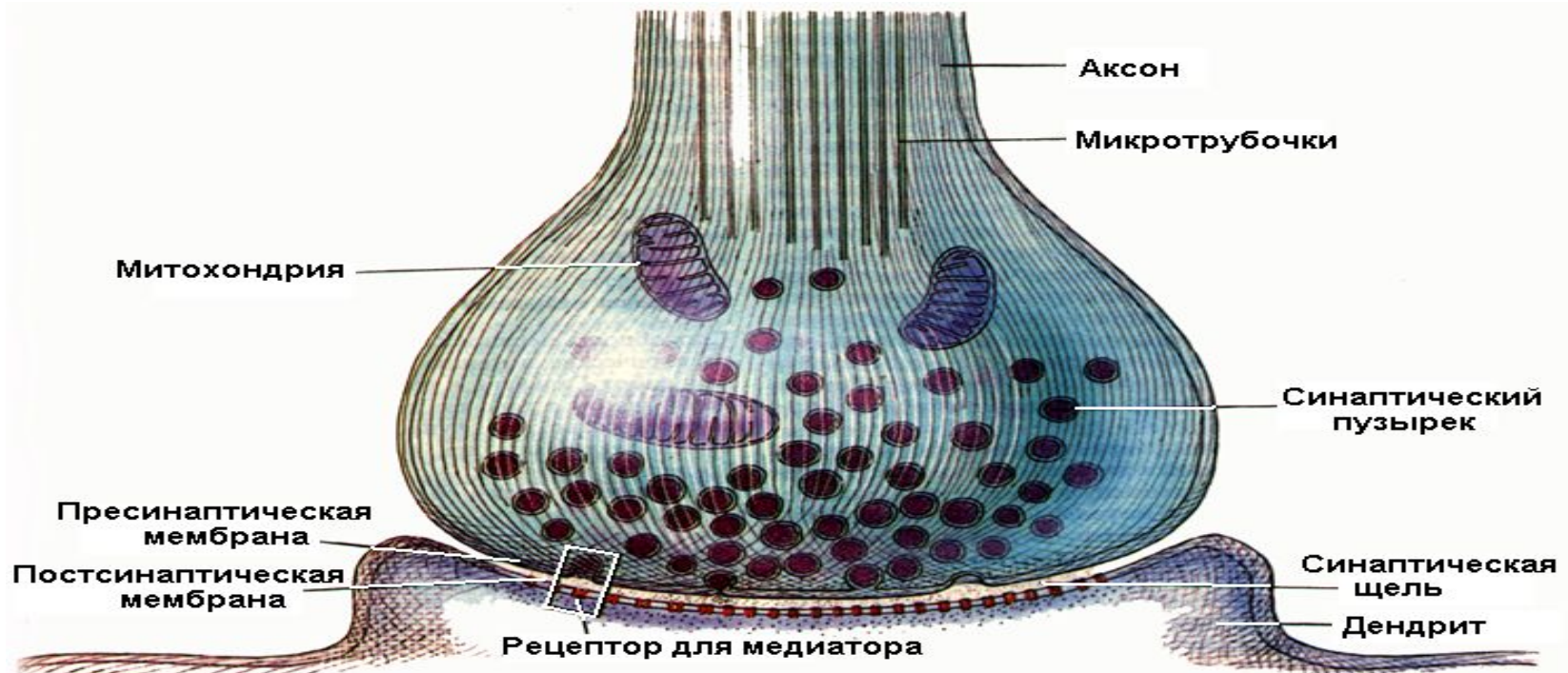
Нейроны, усеянные синапсами



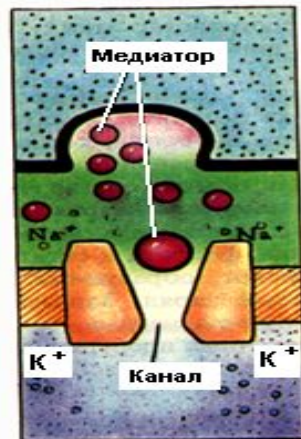
Синапсы в ЦНС



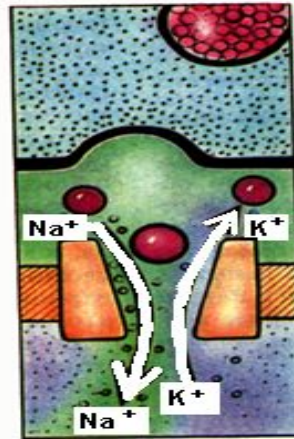
СТРУКТУРА И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ СИНАПСА



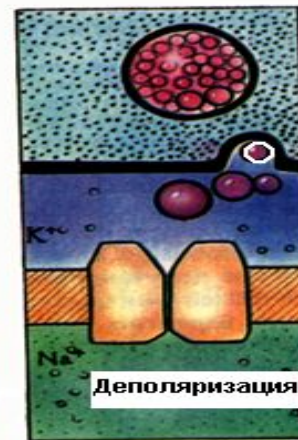
Синаптический пузырек освобождает медиатор



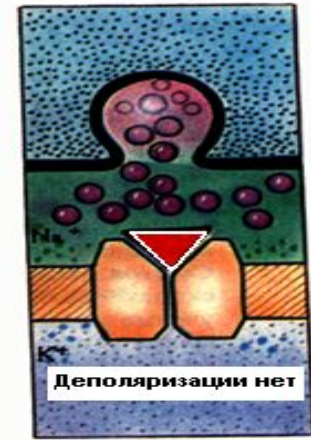
Медиатор взаимодействует с рецептором. Канал открывается



Перемещение ионов Na^+ и K^+

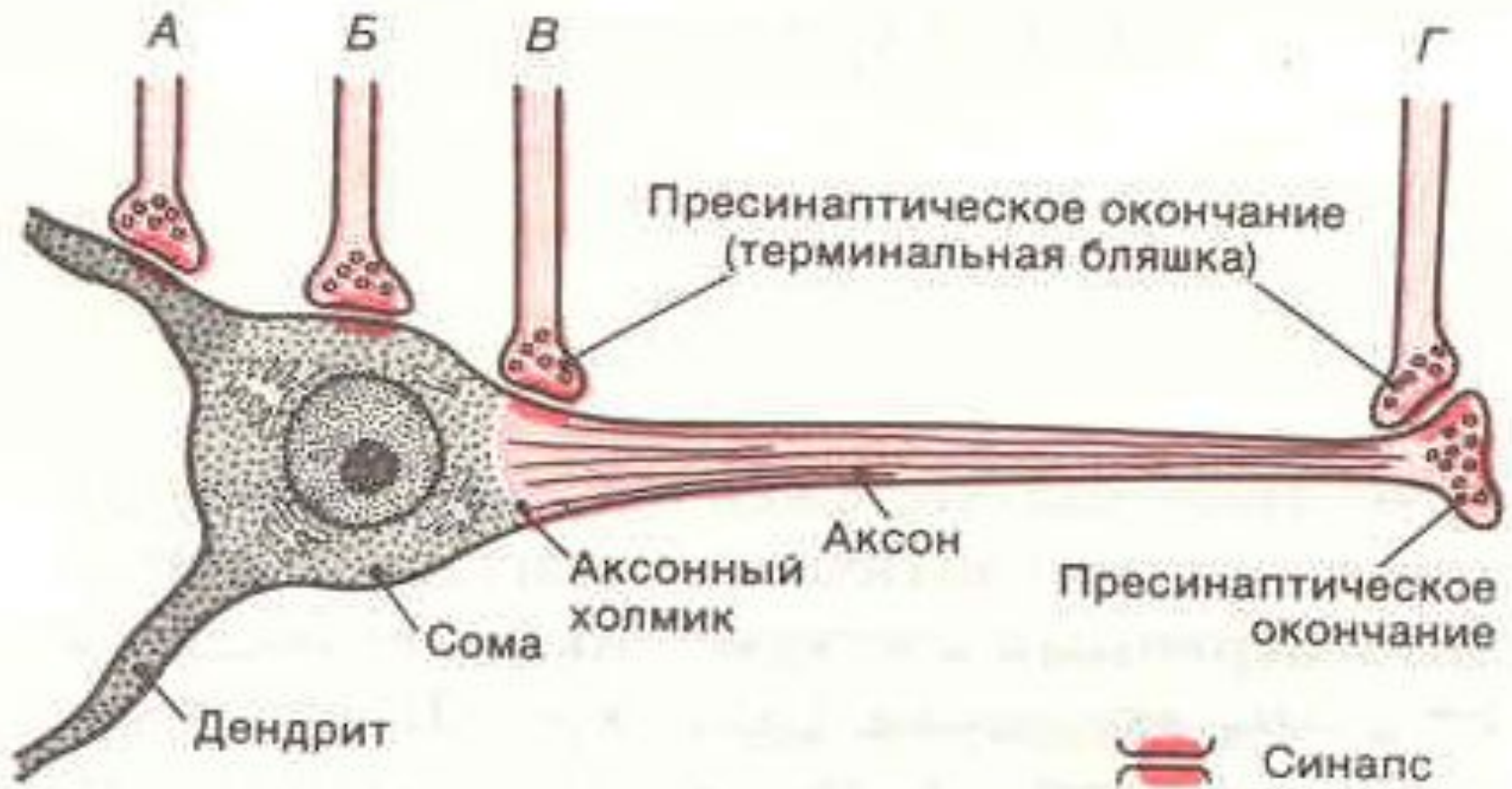


Обратное поглощение медиатора пресинаптическим окончанием



Блокада рецептора антагонистом

Синапсы на нейроне



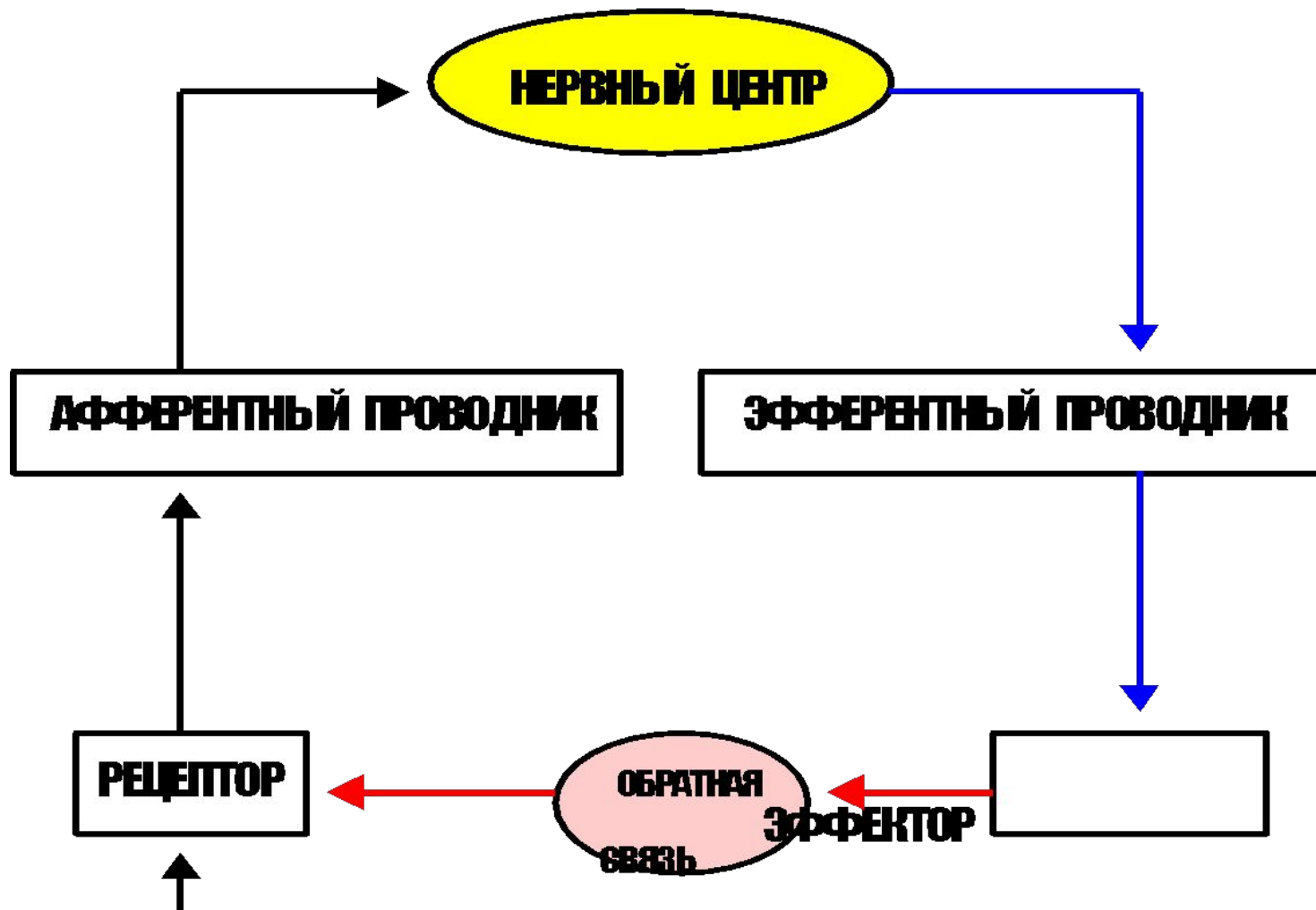
Классификация синапсов

- По местоположению выделяют **нервно-мышечные и нейро-нейрональные синапсы**, последние в свою очередь делятся на **аксо-соматические, аксо-аксональные, аксо-дендритические, дендро-соматические.**
- По характеру действия на воспринимающую структуру синапсы могут быть **возбуждающими и тормозящими.**
- По способу передачи сигнала синапсы делятся на **электрические, химические, смешанные.**

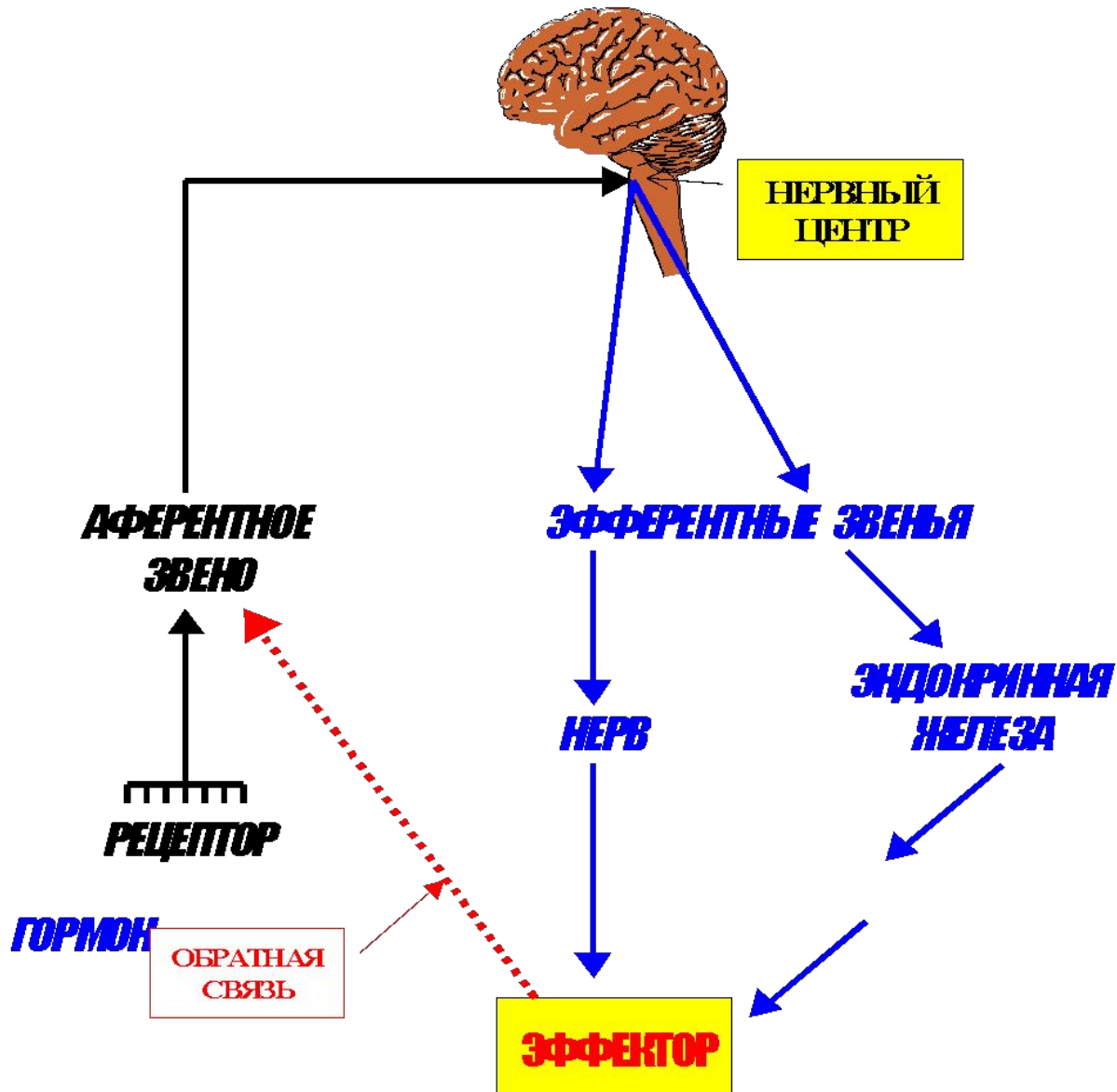
Рефлекторная дуга

- Любая реакция организма в ответ на раздражение рецепторов при изменении внешней или внутренней среды и осуществляемая при **посредстве ЦНС** называется **рефлексом**.
- Благодаря рефлекторной деятельности организм способен быстро реагировать на изменения среды и приспособляться к этим изменениям.
- Каждый рефлекс осуществляется благодаря деятельности определенных структурных образований НС.
- Совокупность образований, участвующих в осуществлении каждого рефлекса, носит название **рефлекторной дуги**.

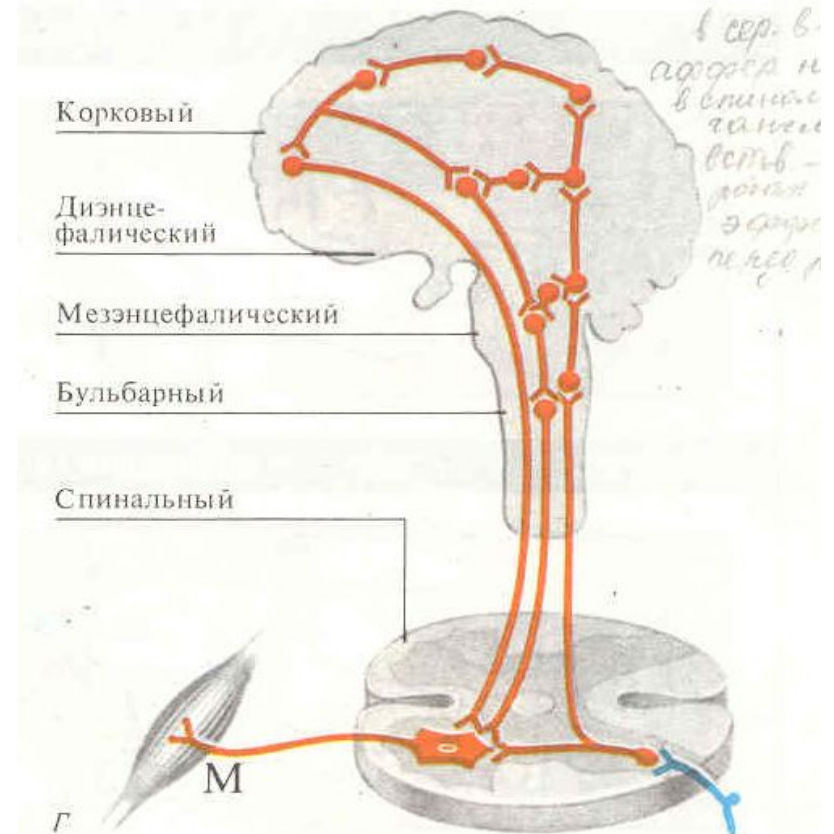
РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА И РЕФЛЕКТОРНОЕ КОЛЬЦО



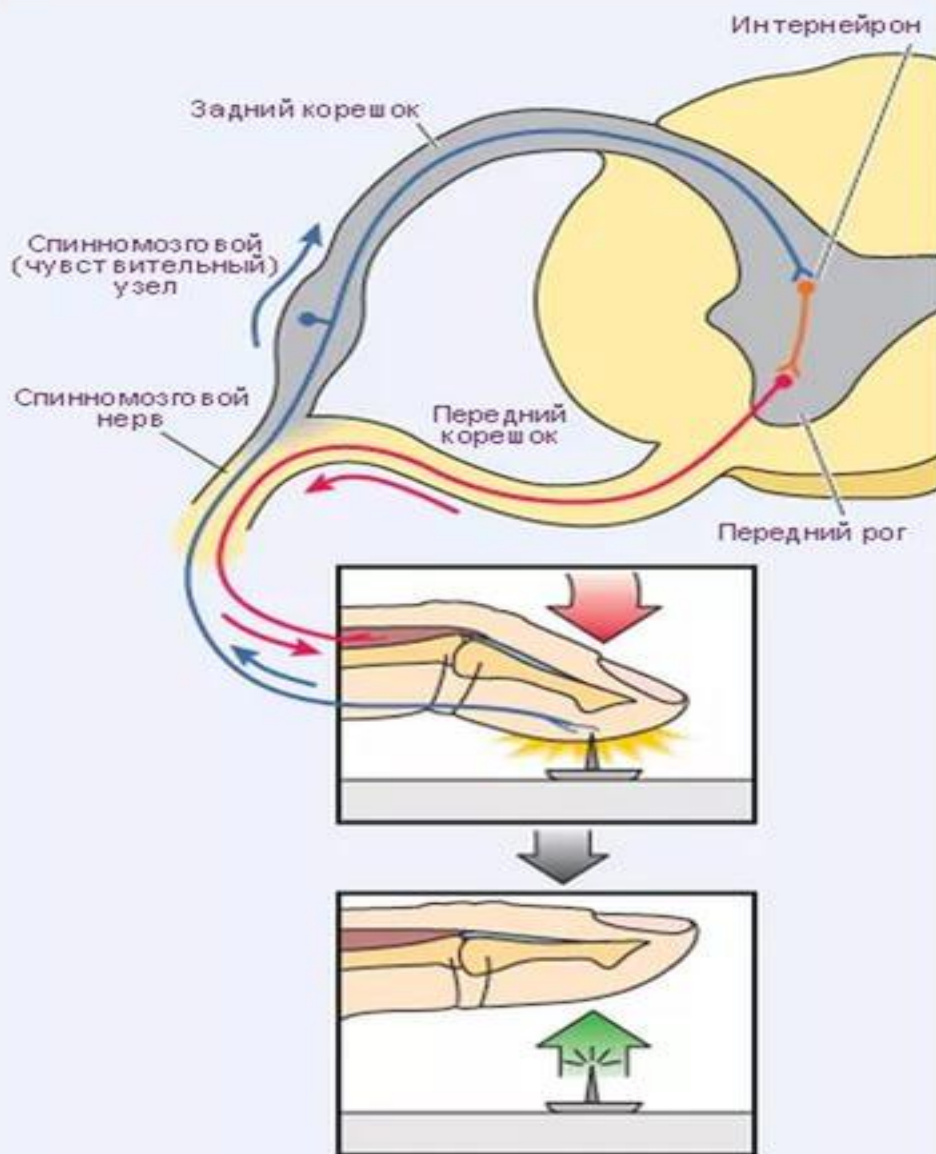
ЗВЕНЬЯ РЕФЛЕКТОРНОЙ РЕГУЛЯЦИИ



Простая и сложные рефлекторные дуги

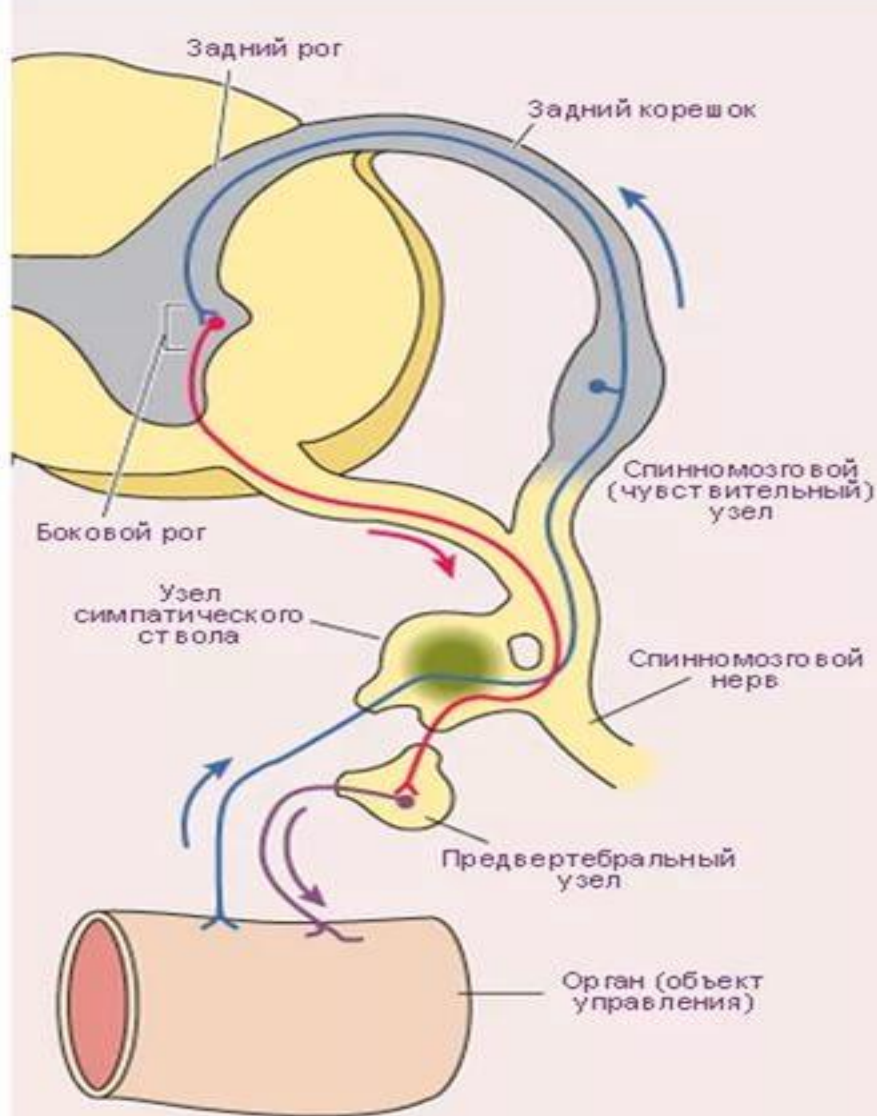


СОМАТИЧЕСКАЯ РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА



Соматические афферентные нервные волокна _____
 Соматические эфферентные нервные волокна _____

ВИСЦЕРАЛЬНАЯ РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА



Висцеральные афферентные нервные волокна _____
 Висцеральные предганглионарные эфферентные нервные волокна _____
 Висцеральные предганглионарные эфферентные нервные волокна _____

Принципы классификации рефлексов

1. **По происхождению** – безусловные и условные. Безусловные передаются по наследству, они закреплены в генетическом коде, а условные рефлексы создаются в процессе индивидуальной жизни на базе безусловных.
2. **По биологическому значению**→ пищевые, половые, оборонительные, ориентировочные, локомоторные и др..
3. **По расположению рецепторов**→ интероцептивные, экстероцептивные и проприоцептивные.
4. **По виду рецепторов**→ зрительные, слуховые, вкусовые, обонятельные, болевые, тактильные.
5. **По месту расположения центра**→ спинальные, бульбарные, мезенцефальные, диенцефальные, кортикальные.
6. **По длительности ответной реакции**→ фазические и тонические.
7. **По характеру ответной реакции**→ моторные, секреторные, сосудодвигательные.
8. **По принадлежности к системе органов**→ дыхательные, сердечные, пищеварительные и др.
9. **По характеру внешнего проявления реакции**→ сгибательный, мигательный, рвотный, сосательный и др.

•Спасибо за внимание!