

Общая физиология нервной системы и возбудимых тканей

Кафедра специальной психологии КГПУ
к.м.н., доц. Бардецкая Я.В.

Общее строение нервной системы человека

Нервную систему человека можно разделить на отделы исходя из особенностей их устройства, расположения или функциональных свойств.

Первая классификация – по морфологическому признаку (строению):

Общее строение нервной системы человека



Функционально (исходя из выполняемых задач), нервную систему человека можно разделить на ряд отделов:

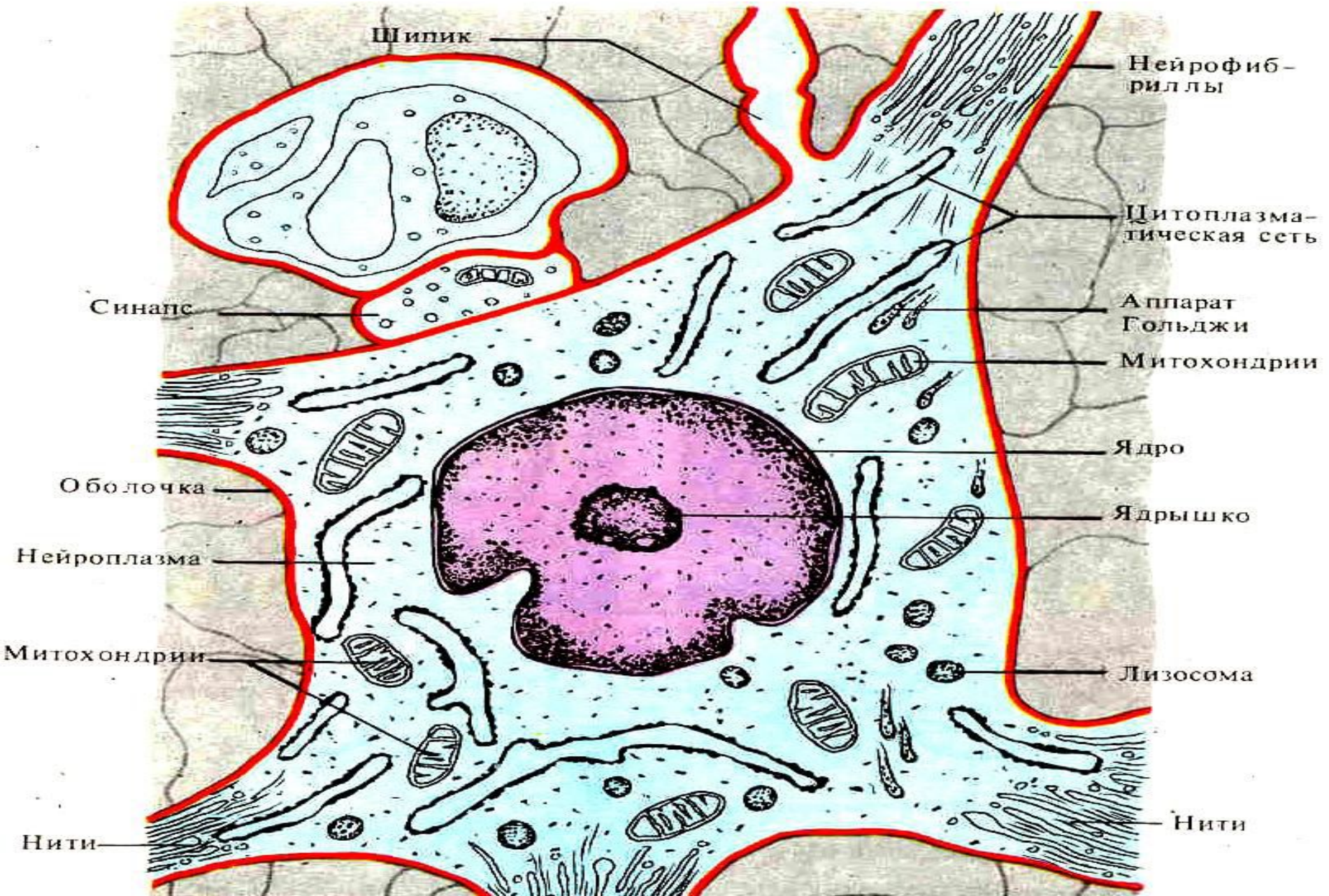


Соматическая нервная система регулирует работу скелетных мышц и органов чувств. Она обеспечивает связь организма с внешней средой и адекватное реагирование на ее изменение.

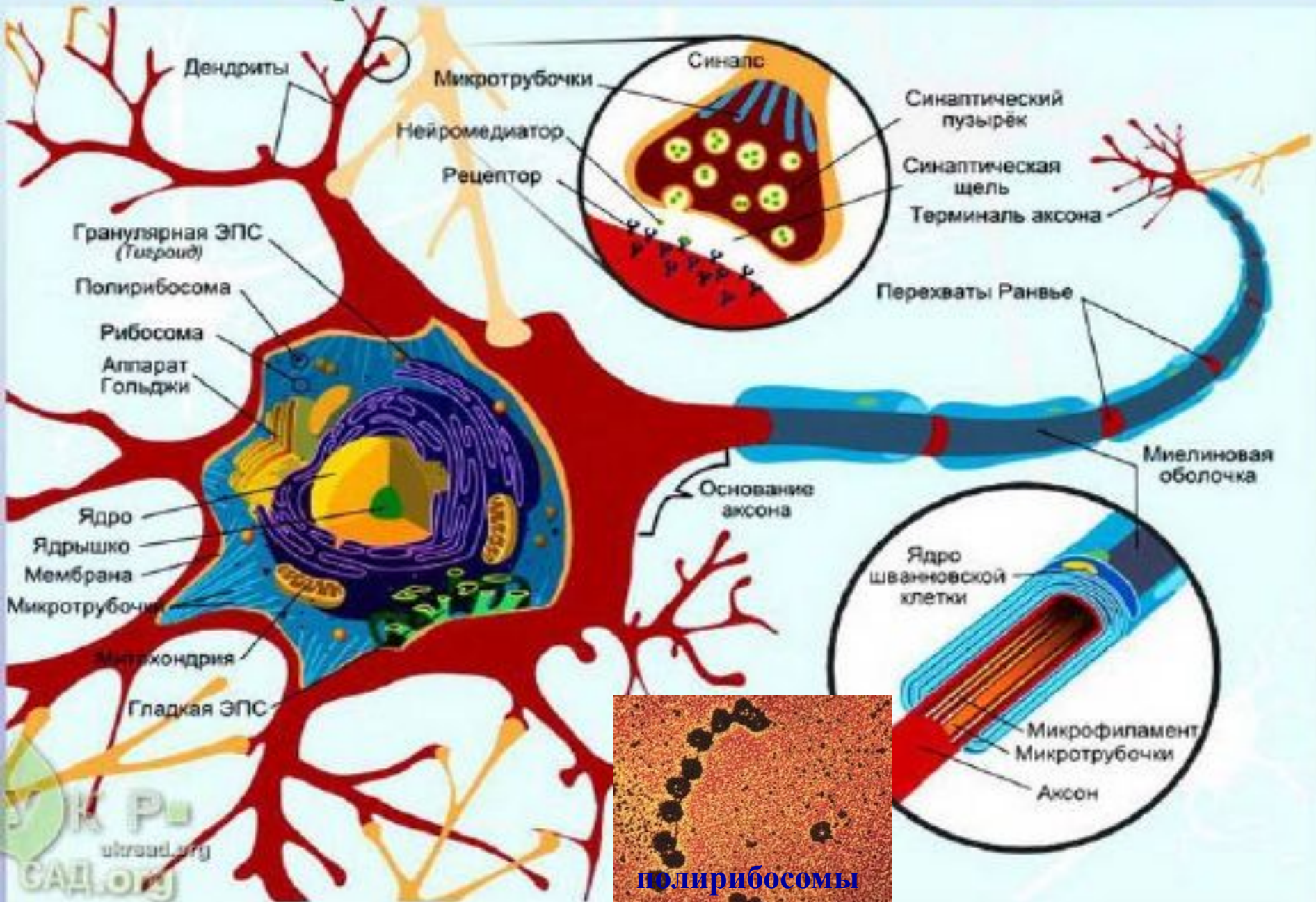
Вегетативная (автономная) нервная система регулирует деятельность внутренних органов и обеспечивает поддержание гомеостаза. Как правило, деятельность автономной НС не подчиняется сознанию человека (исключение – феномены йоги, гипноза)

Нейрон и его КОМПОНЕНТЫ

Нейрон в электронном микроскопе



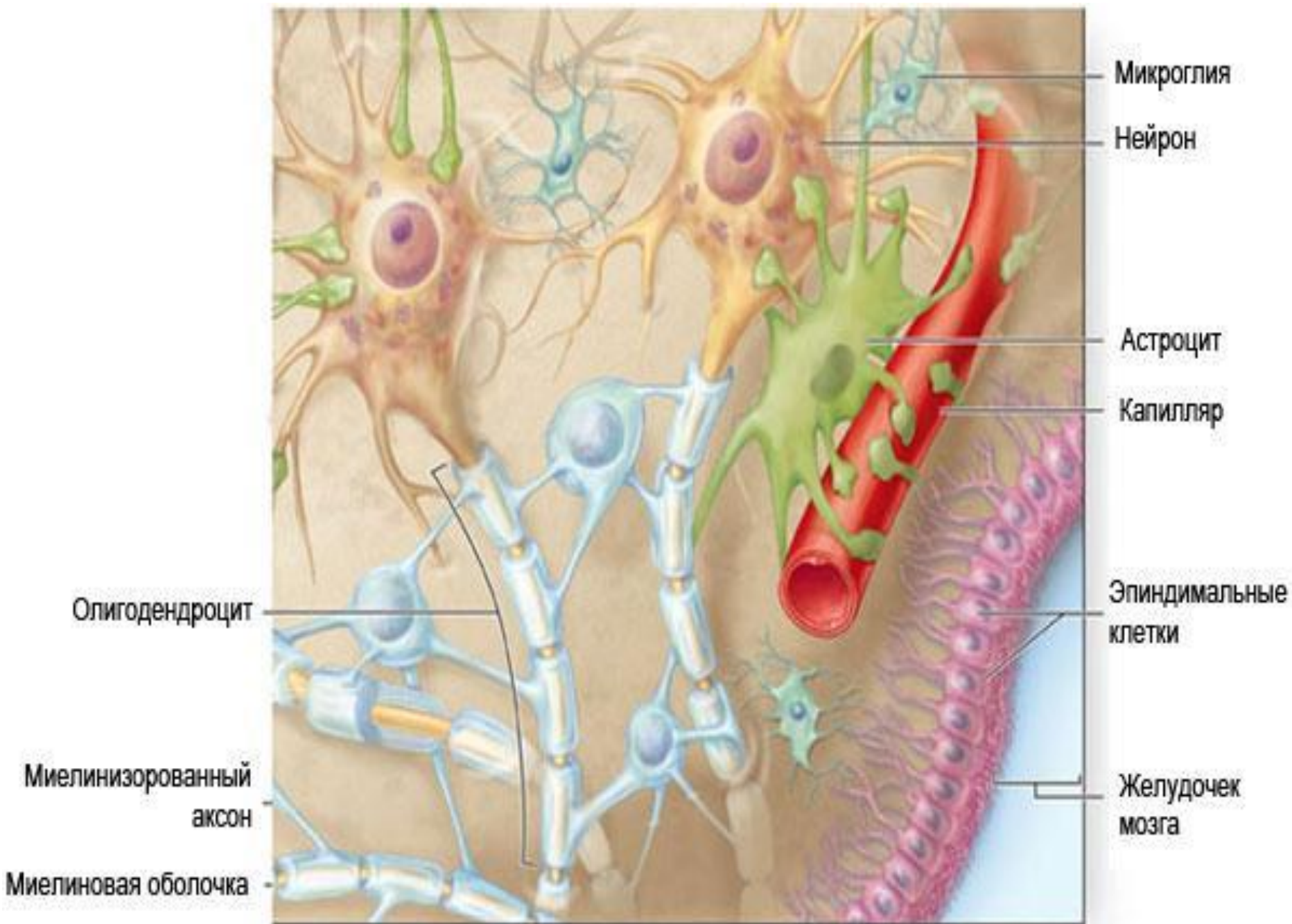
ФУНКЦИОНАЛЬЯ СХЕМА НЕЙРОНА



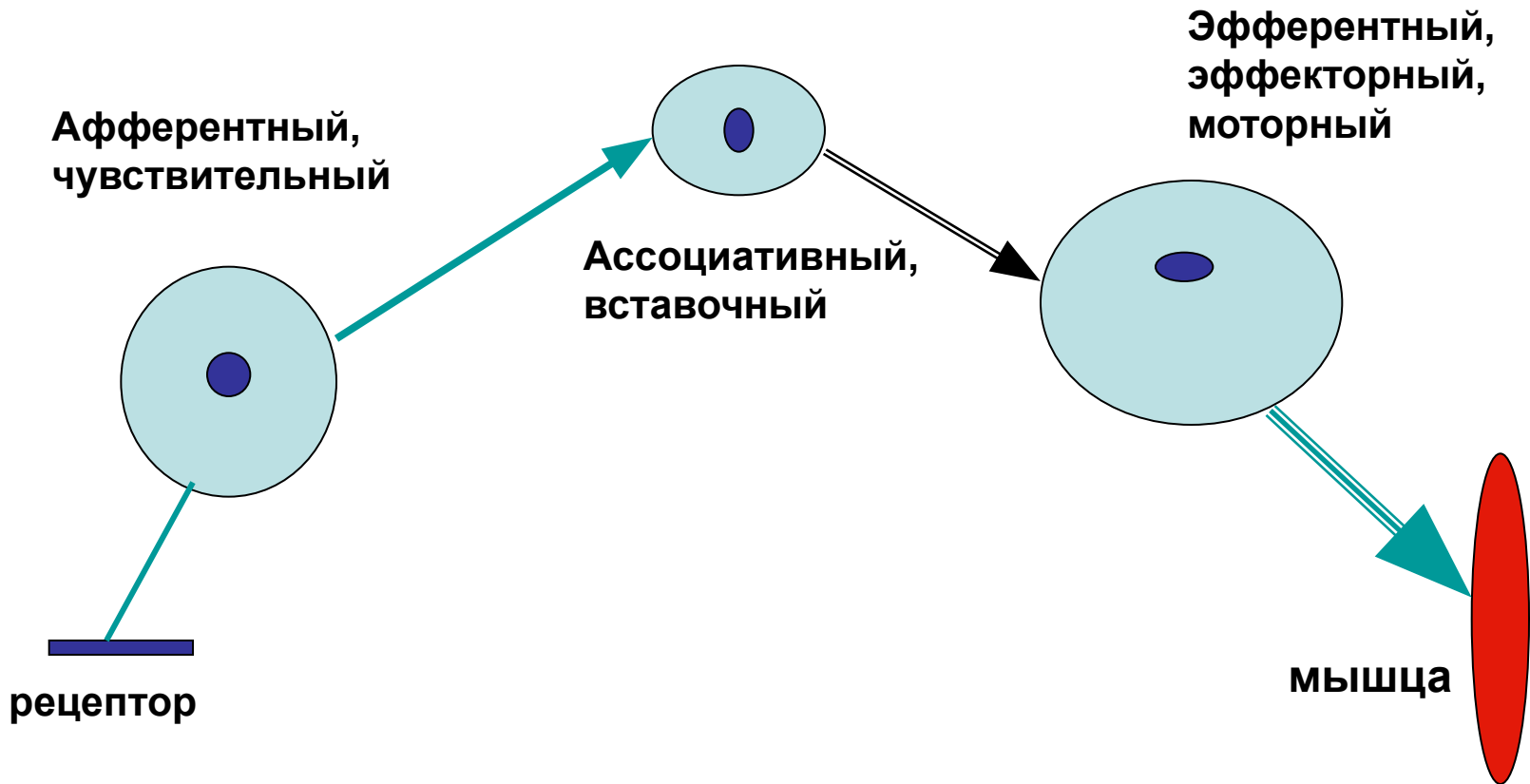
- Место отхождения аксона от тела нервной клетки (аксонный холмик) имеет наибольшее значение в возбуждении нейрона.
- Это - триггерная зона нейрона, именно здесь легче всего возникает возбуждение. В этой области на протяжении 50-100 мкм аксон не имеет миелиновой оболочки, поэтому аксонный холмик и начальный 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 ведет к гибели клеток коры.**
- **Способность к альтернативным путям обмена.**
- **Способность к созданию крупных запасов веществ.**
- **Нервная клетка живет только вместе с глией.**
- **Способность к регенерации отростков (0,5 - 4 мк/сут).**



Классификация нейронов



Основные проявления жизнедеятельности

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



Основные понятия общей физиологии возбудимых тканей

- Живые организмы и все их клетки обладают **раздражимостью**, т.е. способностью отвечать **на воздействия** внешней среды или **нарушения их состояния** изменением своей структуры или функции, что неразрывно связано с количественными и качественными изменениями обмена веществ и энергии.
- *Изменения структуры и функций организма и его клеток в ответ на различные воздействия называют **биологическими реакциями**, а сами воздействия, их вызывающие - раздражителями, или стимулами.*

**Все бесконечное многообразие возможных раздражителей можно разделить на 3 группы
(по природе раздражителя):**

- **физические**
- **физико-химические**
- **химические**
- **К числу физических раздражителей относятся температурные, механические (удар, укол, давление, перемещение, ускорение и т.п.), электрические, световые, звуковые.**
- **Физико-химические раздражители представлены изменениями осмотического давления, активной реакции среды (рН), электролитного состава, коллоидного состояния.**
- **К числу химических раздражителей относятся множество веществ, имеющих различный состав и свойства, и способных изменить обмен веществ клеток (вещества пищи, лекарства, яды, гормоны, ферменты, метаболиты и т.п.).**

• *Все раздражители по месту возникновения* делят на:

• **внешние (экстеро-) и внутренние (интеро-) раздражители.**

• *физиологическому значению* –

• **на адекватные и неадекватные.**

- **Адекватными** называют те раздражители, которые действуют на данную биологическую структуру в естественных условиях, к восприятию которых она специально приспособлена эволюцией и чувствительность к которым у нее обычно чрезвычайно велика (*глаз - свет, ухо - звук и т.д.*).
- **Неадекватными** называются те раздражители, для восприятия которых данная клетка или орган специально не приспособлен, но которые в определенных условиях могут вызвать изменения структуры или функции (*мышца - может сократиться при ударе, быстром согревании, воздействии электрического тока, внезапном растяжении, действии кислоты и т.п.*).

- **Раздражителями клеток, вызывающими их деятельность, имеющими особо важное значение в жизненных процессах, являются нервные импульсы.**
- Будучи естественными (возникающими в самом организме) электрохимическими раздражителями клеток, **нервные импульсы**, поступаая по нервным волокнам от нервных окончаний в ЦНС или приходя от нее к периферическим органам, **вызывают направленные изменения их состояния и деятельности.**

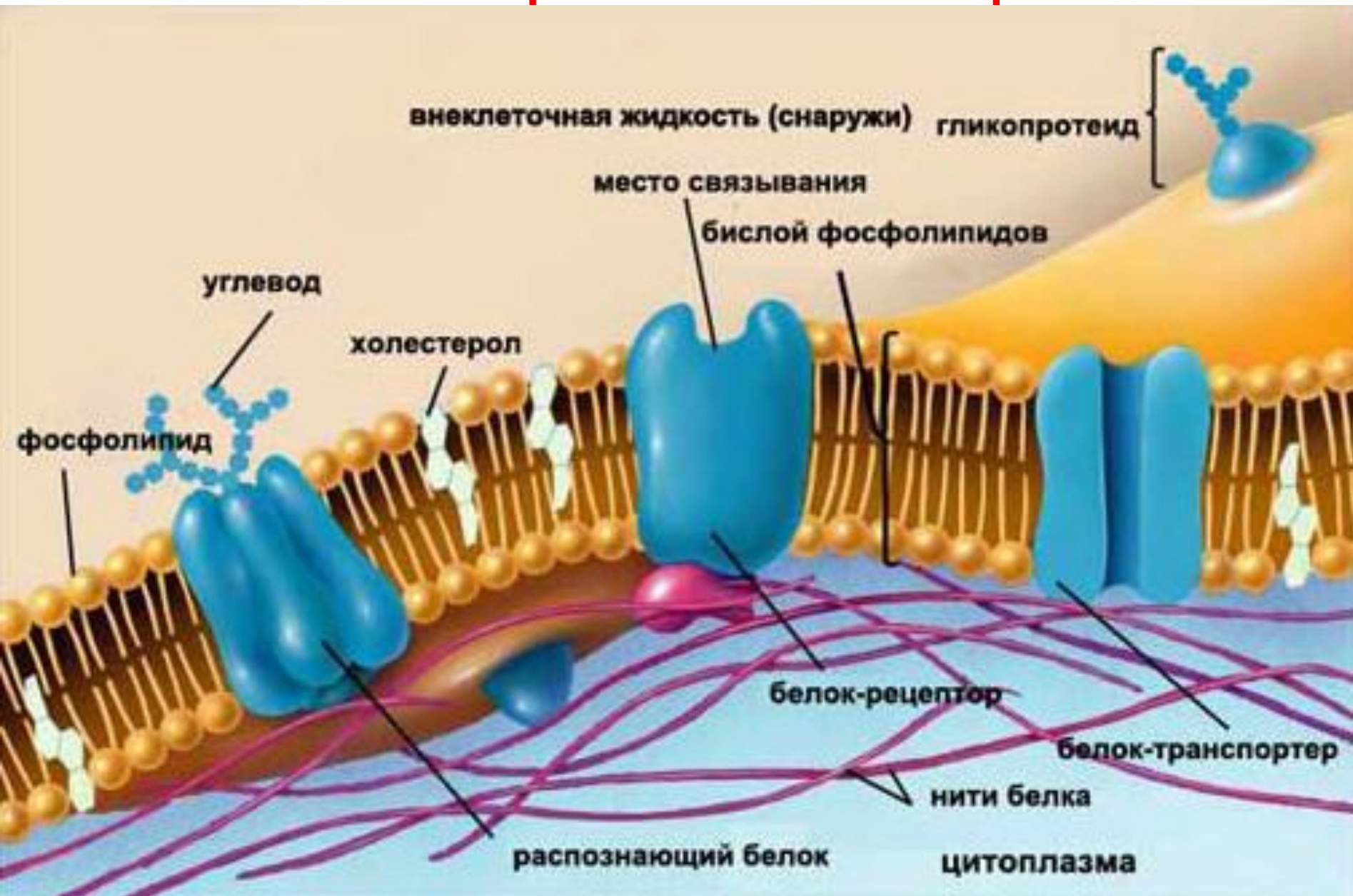
Возбудимость

- Клетки нервной, мышечной и железистой тканей специально приспособлены к осуществлению быстрых реакций на раздражение.
- Клетки этих тканей называют **возбудимыми**, а их способность отвечать на различные раздражения **возбуждением - возбудимостью**.
- **Возбудимость** - это свойство клеточной мембраны отвечать на действие раздражающего (**возбуждающего**) фактора изменением проницаемости и своего электрического состояния.
- Обязательным признаком возбуждения является изменение электрического состояния поверхностной клеточной мембраны, (**изменение ее мембранного потенциала, МП, и генерация распространяющегося потенциала действия, ПД**).
- Возникнув в одной клетке или в одном ее участке, возбуждение распространяется на другие участки той же клетки или на другие клетки.

Структура биомембран

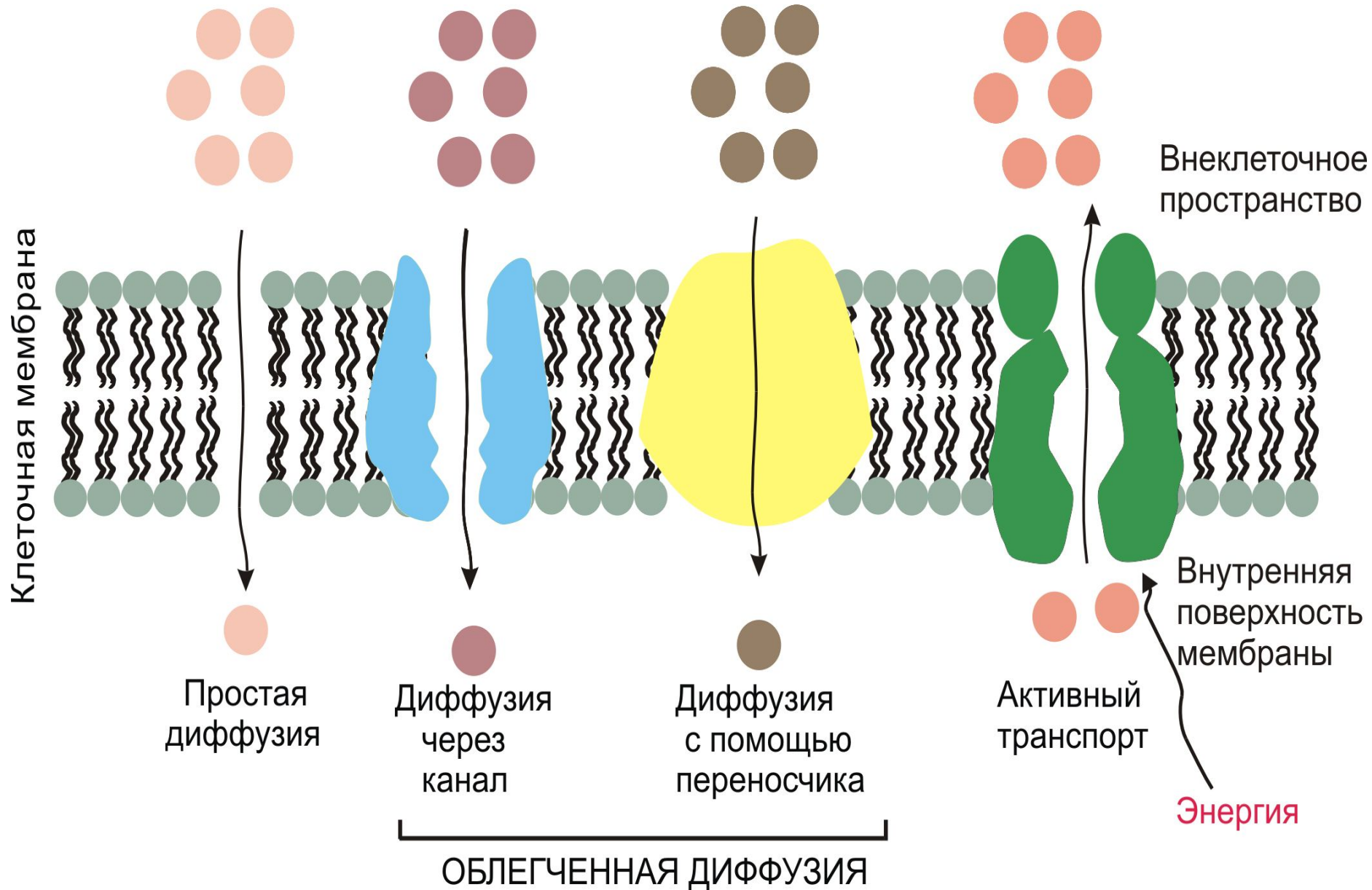
- Мембрана состоит из двойного слоя молекул **фосфолипидов**, покрытого изнутри слоем **белковых молекул**, а снаружи - слоем молекул **белка и мукополисахаридов**.
- В клеточной мембране имеются тончайшие каналы (**поры**) диаметром в несколько ангстрем. Через эти каналы молекулы воды и других веществ, 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



- Поскольку каркасом мембраны служит **фосфолипидный бислой**, то мембрана легко проницаема для незаряженных молекул **жирорастворимых веществ**. К числу жизненно важных молекул относятся газы – кислород и углекислый газ, легко преодолевающие все клеточные мембраны.
- Некоторые мелкие полярные молекулы, включая воду, способны легко преодолевать липидный бислой через **межмолекулярные поры**.
- Для других же веществ мембрана непроницаема или малопроницаема. К таковым относятся гидрофильные вещества и крупные полярные молекулы, которые не растворяются в липидах и поэтому отталкиваются липидным остовом.
- Они проходят сквозь клеточную мембрану с помощью взаимодействия **со специальным белком-переносчиком или белком трансмембранного канала**.
- К нерастворимым в жирах веществам, для прохождения которых через клеточную мембрану требуются специальные транспортные белки, **относятся анионы органических кислот и белков, глюкоза и аминокислоты (крупные полярные молекулы) и все виды неорганических ионов – Na^+ , K^+ , Cl^-**

Механизмы прохождения веществ через клеточную мембрану

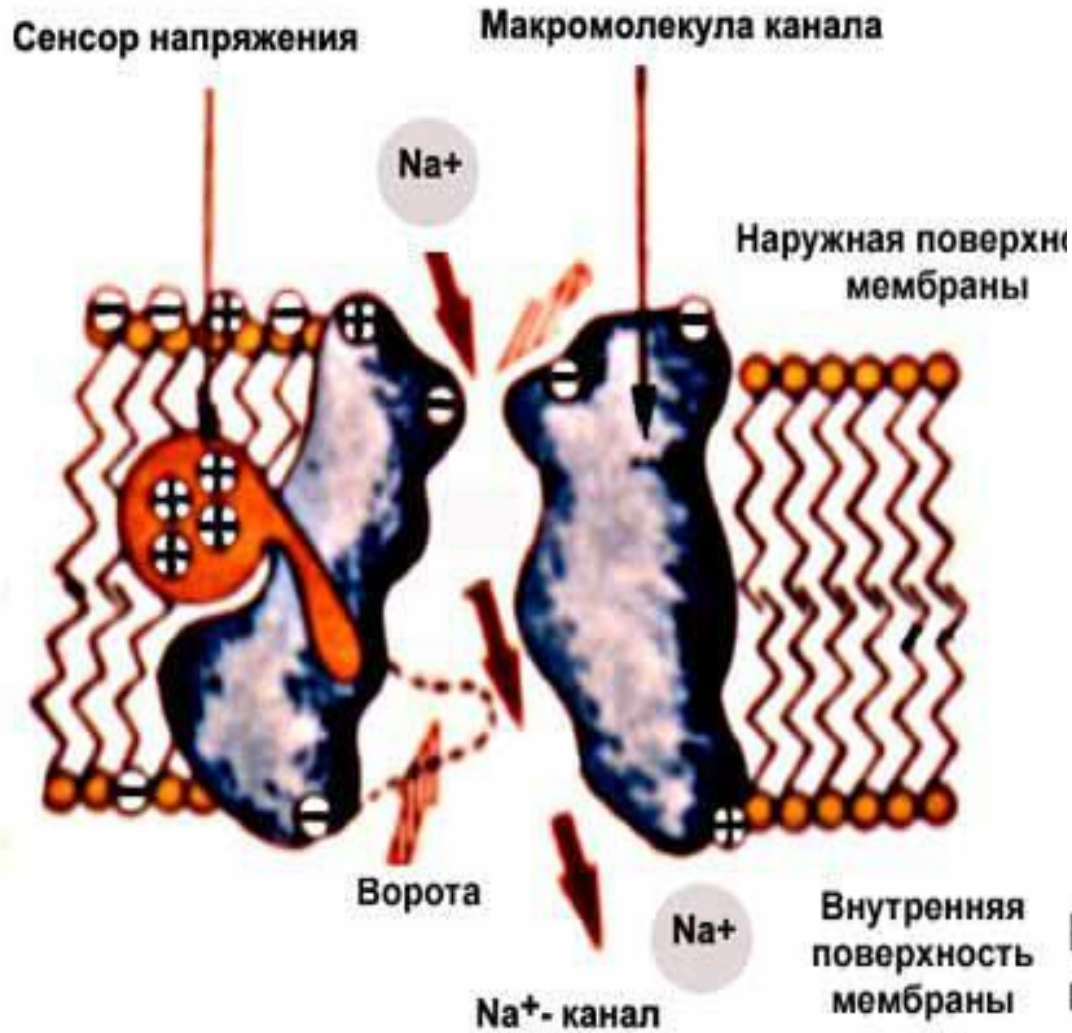


Ионные каналы

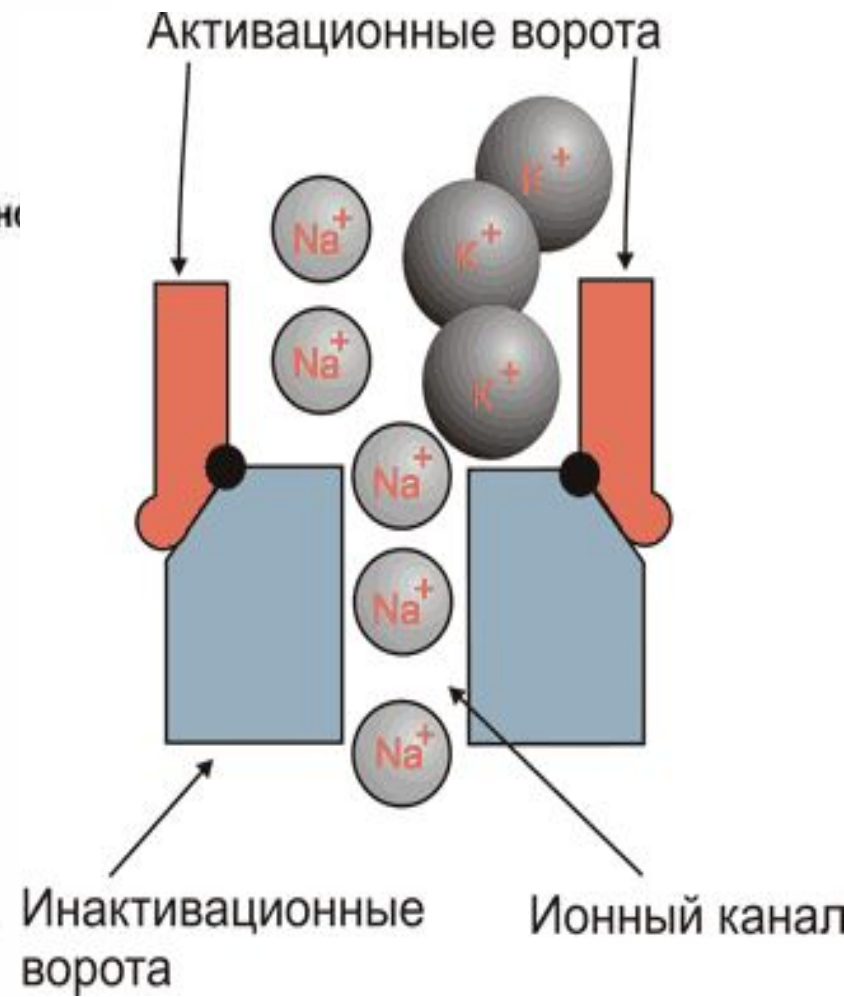
- **Под термином «ионные каналы» понимают специализированные мембранные белки (или гликопротеиды), пронизывающие липидный бислой мембраны.**
- **Именно через ионные каналы совершается проход ионов через мембрану по электрохимическому градиенту.**
- **В настоящее время установлена первичная структура нескольких ионных каналов: нескольких типов рецепторов ацетилхолина – АХ (хемовозбудимый канал) и электровозбудимого Na^+ -канала**

Схема:

А - электровозбудимого (потенциал-зависимого) и В - хемовозбудимого Na^+ - канала.



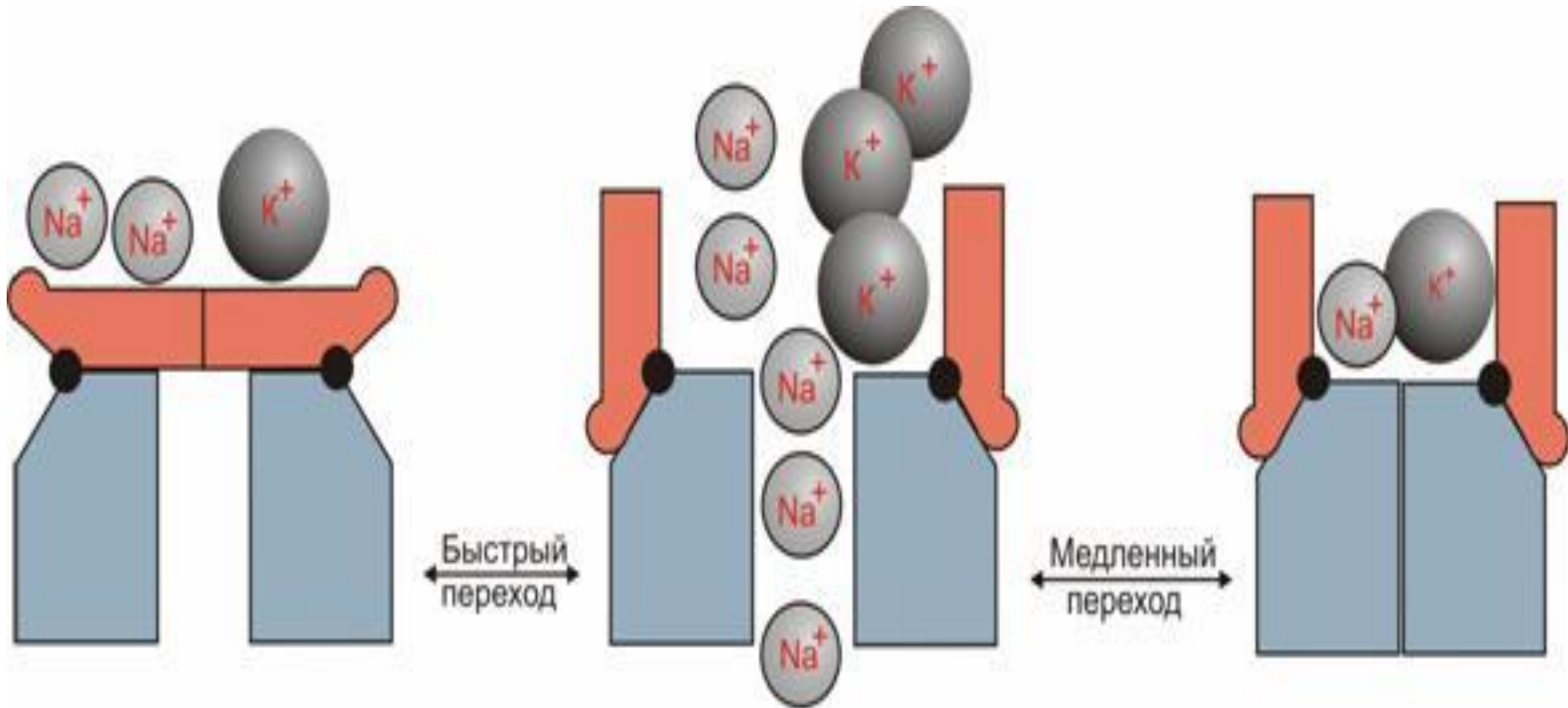
А



В

- Канальный белок (**гликопротеид**) имеет внутренний просвет, который открывается или закрывается с помощью **воротного механизма**.
- Воротный механизм устроен достаточно сложно, поскольку имеет **двое ворот-активационные и инактивационные**.
- Положение воротного механизма «**канал открыт – канал закрыт**» управляется с помощью **сенсора напряжения** в электровозбудимых мембранах или с помощью **рецептора сигнальных молекул** в хемовозбудимых мембранах.
 - *Во внутренней области канала расположен **селективный фильтр**, благодаря которому через пору могут проходить ионы только одного типа*

Потенциал-зависимый натриевый канал принимает три разных функциональных состояния.



СОСТОЯНИЕ ПОКОЯ -
канал закрыт,
но готов к открытию
в ответ на химический
или электрический стимул

СОСТОЯНИЕ АКТИВАЦИИ -
канал открыт
и обеспечивает
прохождение ионов

СОСТОЯНИЕ
ИНАКТИВАЦИИ -
канал закрыт и
не способен
к активации

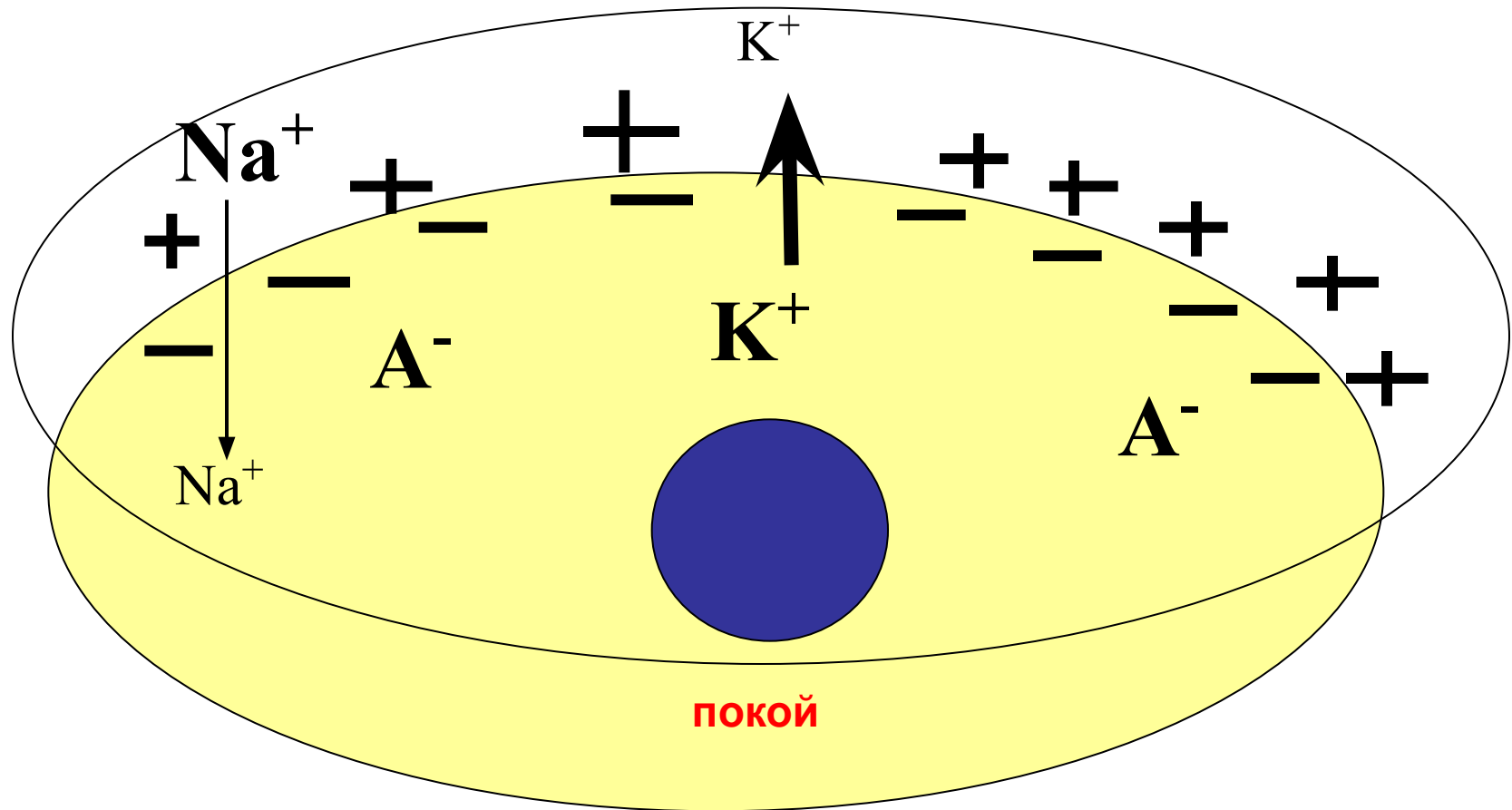
Мембранный потенциал (потенциал покоя)

- 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 (МП), 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 30-60 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.*

Распределение ионов по обе стороны мембраны клетки в покое



Потенциал действия

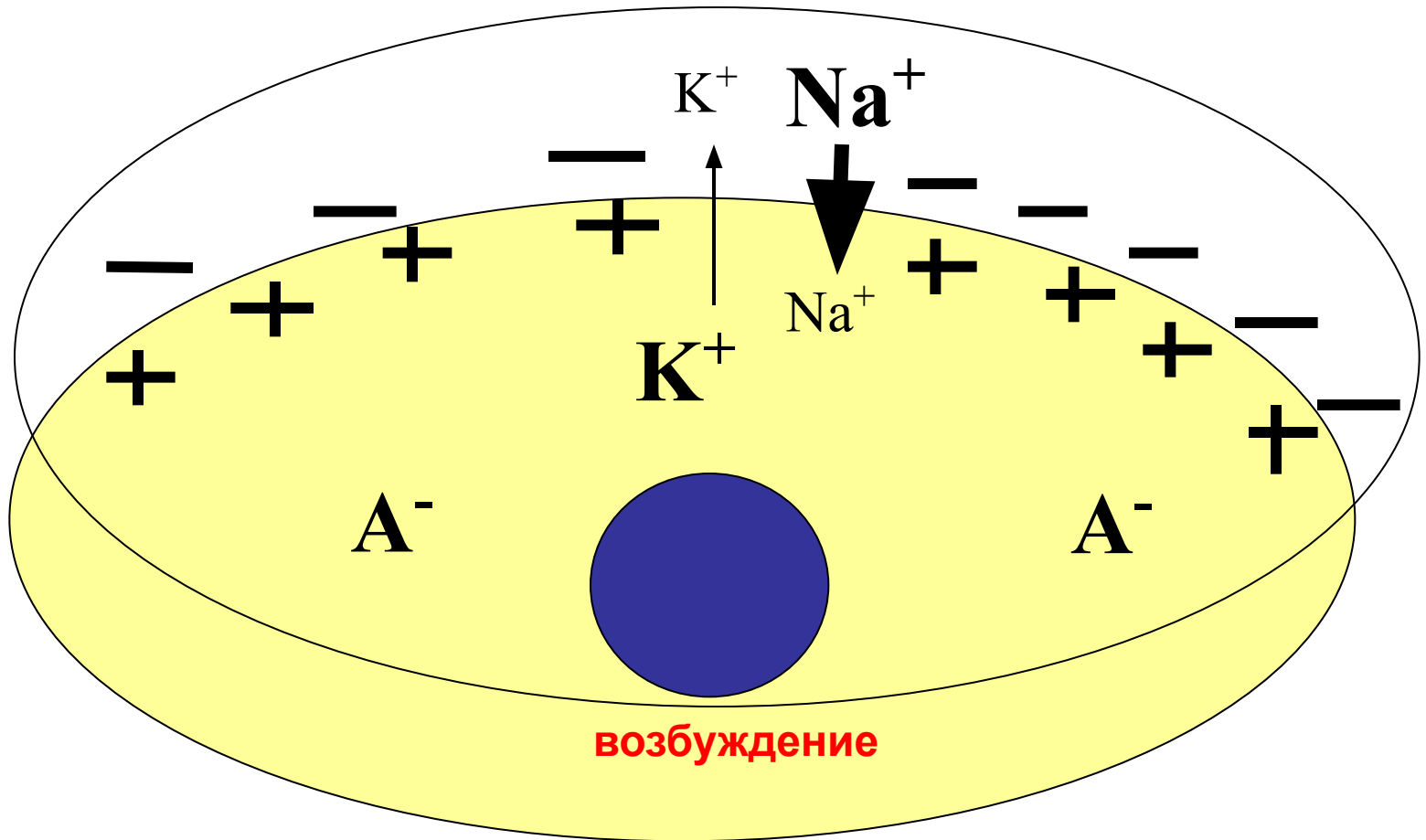
- Если участок нервного или мышечного волокна подвергнуть действию достаточно сильного раздражителя (**например, толчка электрического тока**), в этом участке возникает возбуждение, одним из наиболее важных проявлений которого служит быстрое колебание МП, называемое ***потенциалом действия*** (ПД).

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



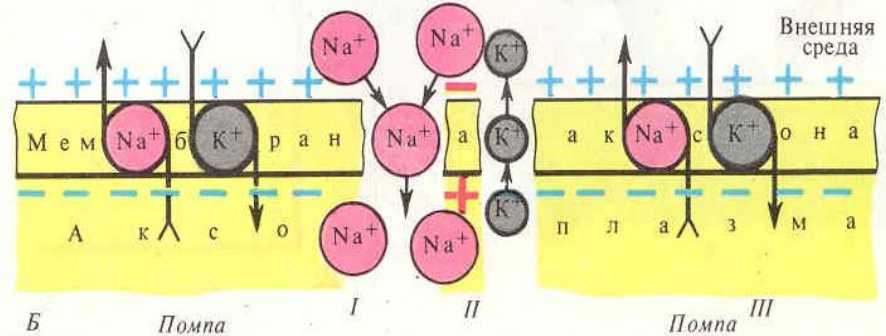
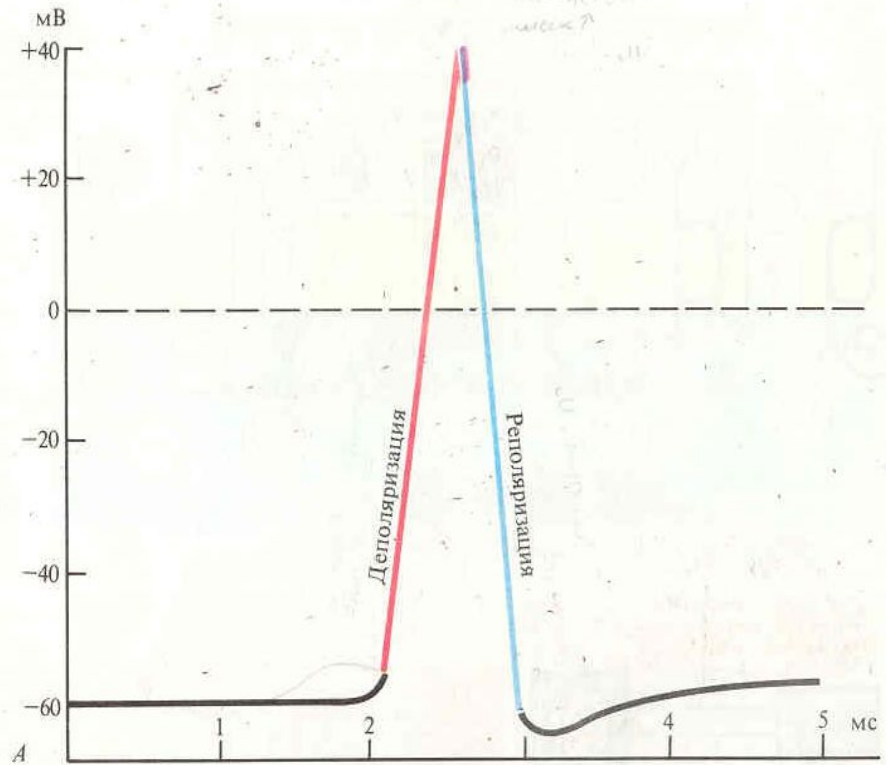
мембранный потенциал должен стать равным или меньше критического уровня деполяризации ($E_0 \leq E_k$)

Распределение ионов по обе стороны мембраны клетки при возбуждении



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, 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.



$\text{Na}^+ - \text{K}^+$ - насос мембраны

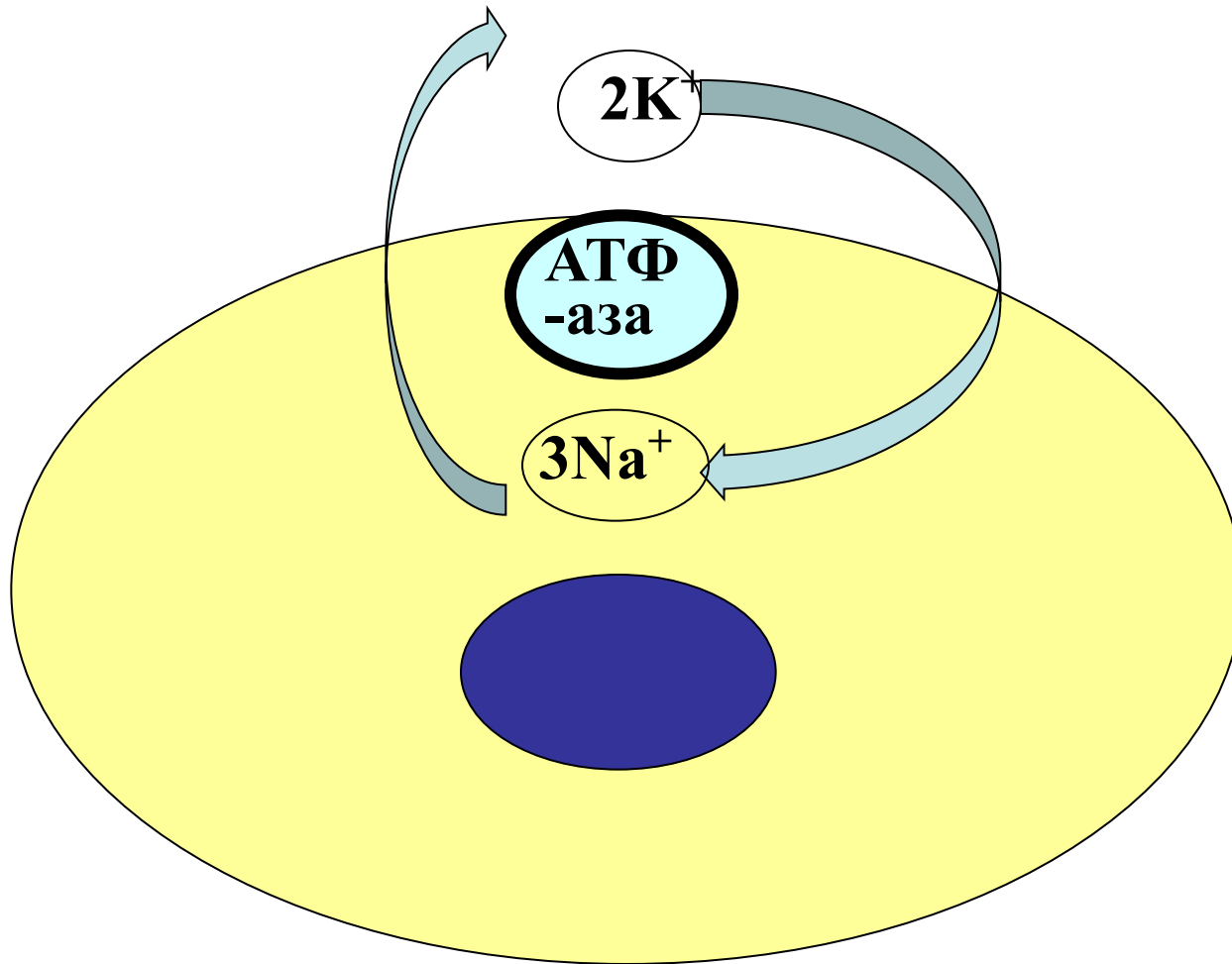
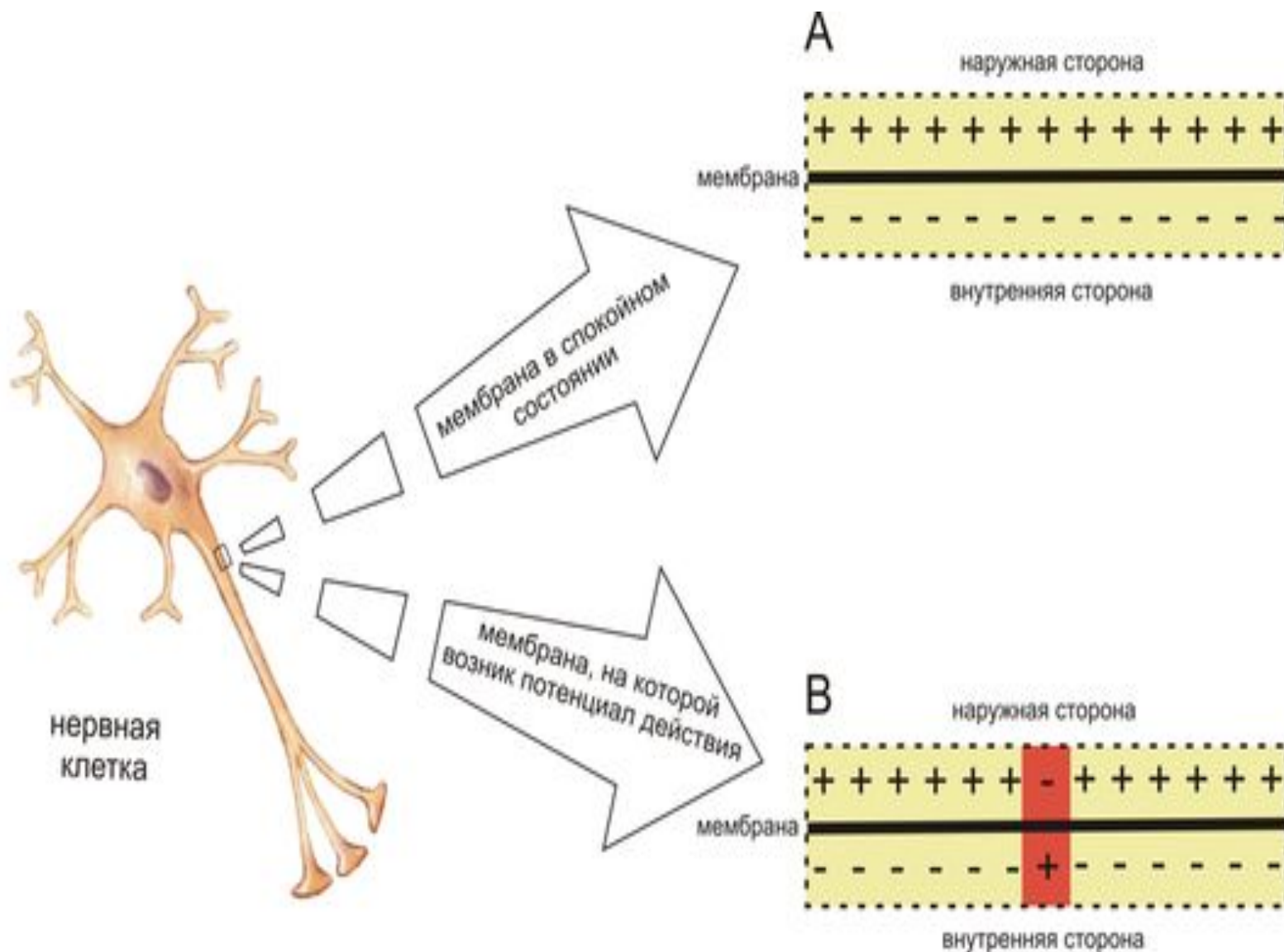


Схема распределения зарядов по разные стороны мембраны возбудимой клетки в **спокойном состоянии (А)** и при возникновении **потенциала действия (В)**



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_k), называется пороговым раздражителем. Порог раздражения $E_p = E_o - E_k$
- Подпороговый раздражитель меньше по силе, чем пороговый
- Надпороговый раздражитель - сильнее порогового

Полезное время

- Пороговая сила любого стимула в определенных пределах находится в обратной зависимости от его длительности.
- 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 кратковременных раздражениях возбуждения не возникает, как бы ни была велика сила раздражения (электрофорез, фонофорез, УВЧ-терапия).

- **Определение полезного времени практически затруднено.**
- ***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.**

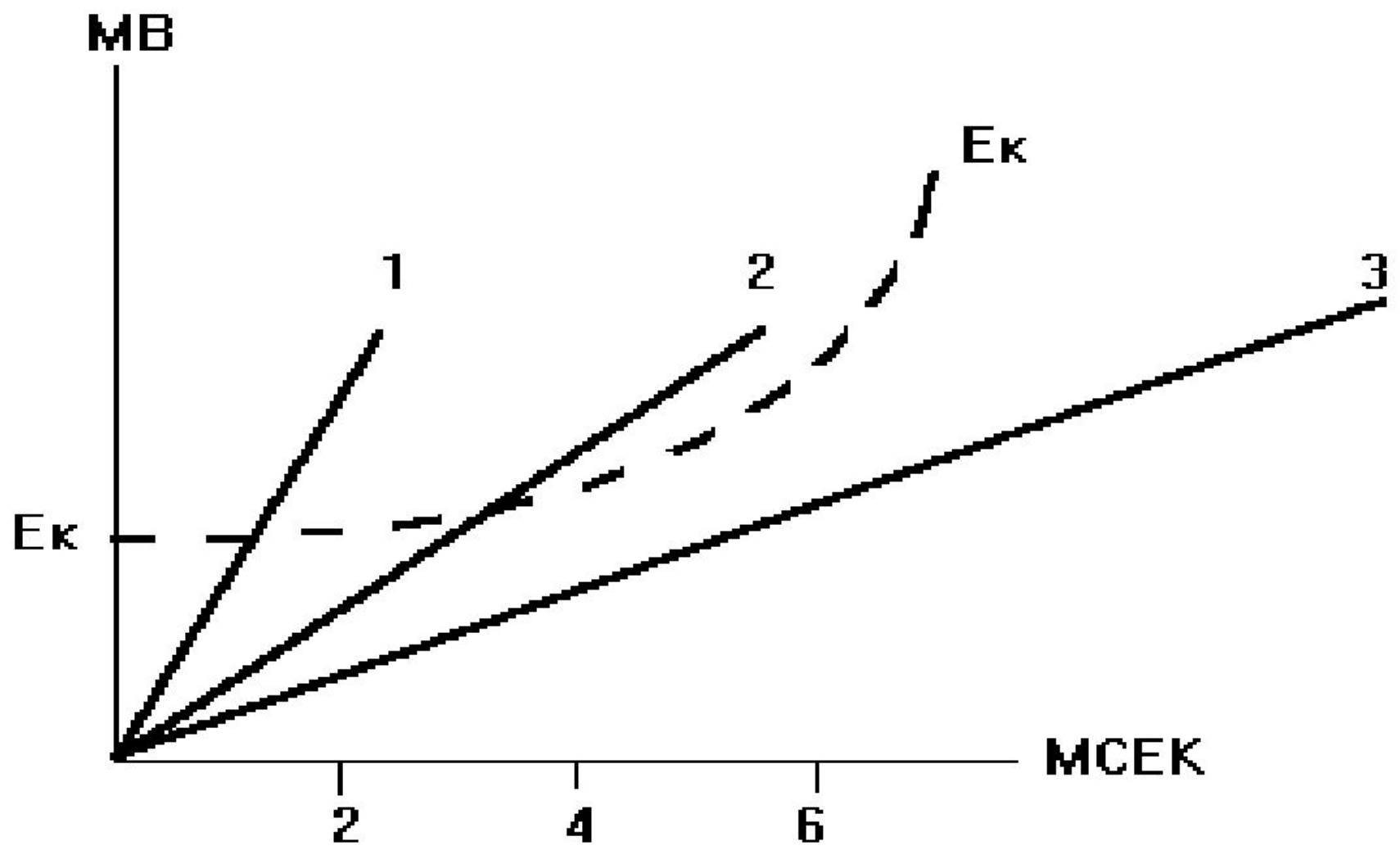
ЗАКОН «СИЛА - ДЛИТЕЛЬНОСТЬ»



Кривая «силы-времени» Гоорвега-Вейса-Лапика

- 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.
- Явление приспособления возбудимой ткани к медленно нарастающему раздражителю получило название аккомодация.

ЗАКОН ГРАДИЕНТА РАЗДРАЖЕНИЯ



Закон «все или ничего»

- Согласно этому закону, подпороговые 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



- **Скорость распространения волны возбуждения – нервного импульса – неодинакова у разных нейронов. Для нервных волокон она определяется главным образом диаметром волокна – **чем больше диаметр волокна, тем скорость проведения выше.****
- **Скорость проведения возбуждения зависит от того, принадлежит ли нервное волокно к **мякотным (миелинизированным)** или является **безмякотным (немиелинизированным)** волокном. **Оболочка жироподобного вещества миелина служит хорошим изолятором, поэтому распространение волны возбуждения имеет разную скорость в этих типах волокон.****
- **Оболочка миелина в продольном направлении примерно через 1 мм имеет разрывы, называемые **перехватами Ранвье**. Вследствие электроизолирующих свойств миелина, в тех участках волокна, где он имеется, катионы Na^+ в нервное волокно не поступают. Следовательно, возбуждение вдоль миелинизированного участка распространяется особым образом – **почти без задержки, скачком.****
- **Мембрана в области перехвата специализирована для генерации возбуждения: количество Na^+ -каналов на единицу площади здесь примерно в 100 раз выше, чем в безмякотном волокне.**
- **Обычно все волокна со скоростью проведения больше 3 м/с являются миелинизированными, скорость распространения нервного импульса в таких волокнах позвоночных достигает **100 м/с и больше**, тогда как в немиелинизированных она не превышает 3 м/с.**

Перехват Ранье действует подобно повторителю сигнала: импульс в нем усиливается и передается дальше. Скачок потенциала инициируется, когда в перехвате открываются каналы, через которые внутрь устремляются ионы натрия. Затем поблизости открываются калиевые каналы, и импульс несется по аксону к следующему перехвату подобно камню, выпущенному из рогатки

Сигнальный импульс

Аксон

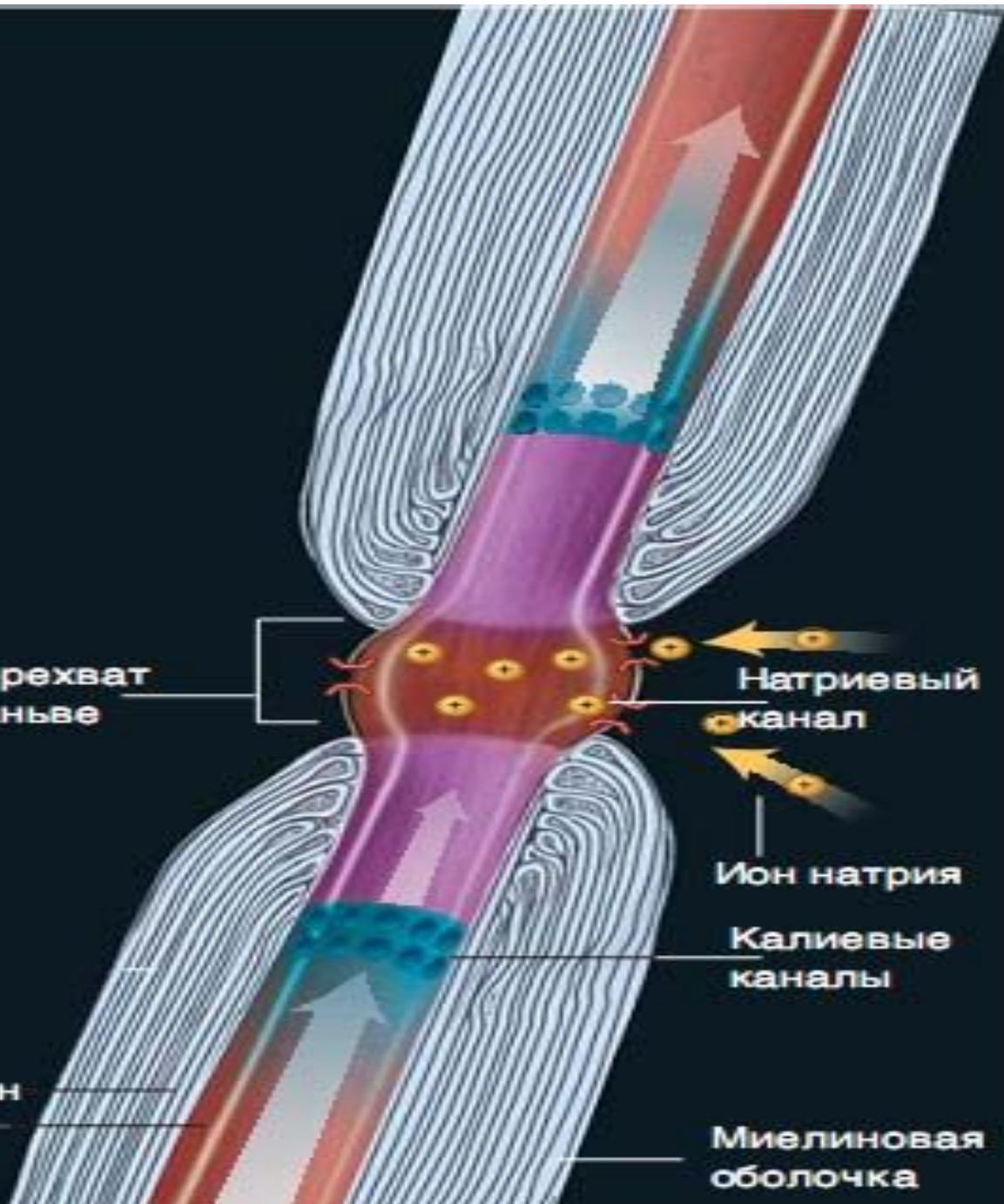
Перехват Ранье

Натриевый канал

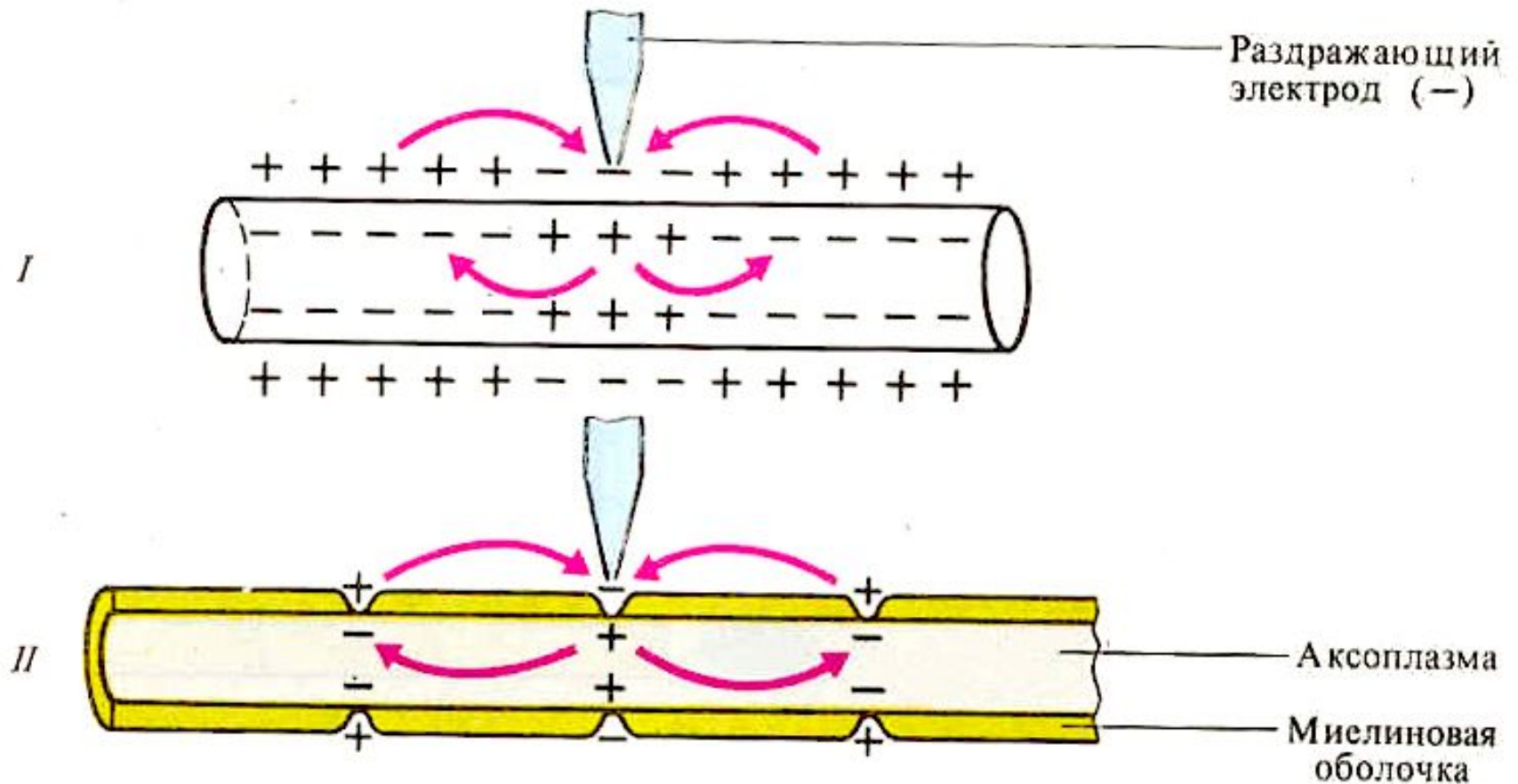
Ион натрия

Калиевые каналы

Миелиновая оболочка



Проведение возбуждения в нервных волокнах



Проведение возбуждения в нервных волокнах

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

- **Афферентные 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.

Законы проведения возбуждения

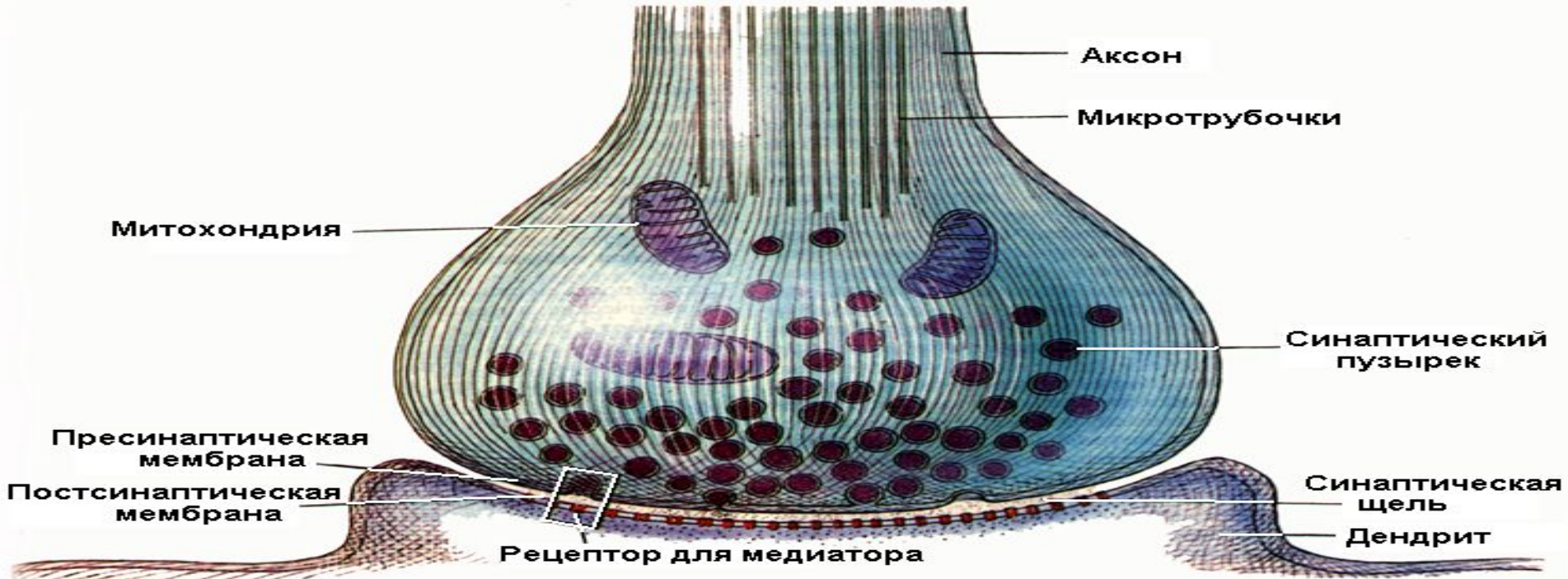
- **1. Закон физиологической непрерывности.** Перерезка, перевязка, а также любое другое воздействие, нарушающее целостность мембраны (физиологическую, а не только анатомическую), создают непроводимость.
- **2. Закон двустороннего проведения.** При нанесении раздражения на нервное волокно возбуждение распространяется по нему в обоих направлениях (по поверхности мембраны - во все стороны) с одинаковой скоростью.
- **3. Закон изолированного проведения.** В нерве импульсы распространяются по каждому волокну изолированно, т.е. не переходят с одного волокна на другое. **Это очень важно, так как обеспечивает точную адресовку импульса.**
- Связано это с тем, что электрическое сопротивление миелиновых и швановской оболочек, а также межклеточной жидкости значительно больше, чем сопротивление мембраны нервных волокон.

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

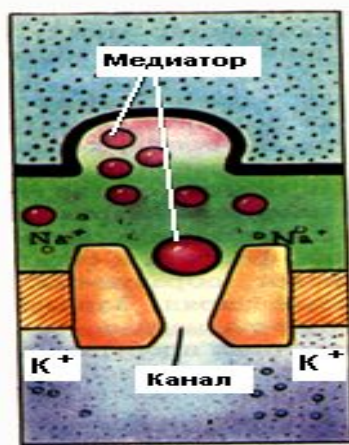


- **Синапс возбуждающий** – синапс, который возбуждает постсинаптическую мембрану; в ней возникает *возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП)* и возбуждение распространяется дальше.
- **Синапс тормозной** – синапс, на постсинаптической мембране которого возникает *тормозной постсинаптический потенциал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

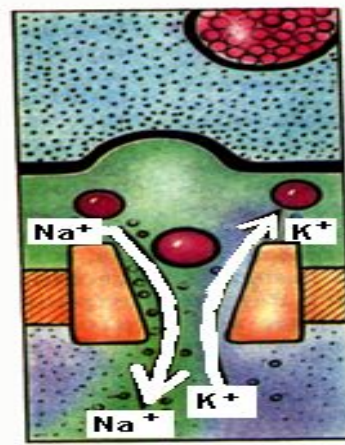
СТРУКТУРА И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ СИНАПСА



Синаптический пузырек освобождает медиатор



Медиатор взаимодействует с рецептором. Канал открывается



Перемещение ионов Na^+ и K^+



Обратное поглощение медиатора пресинаптическим окончанием

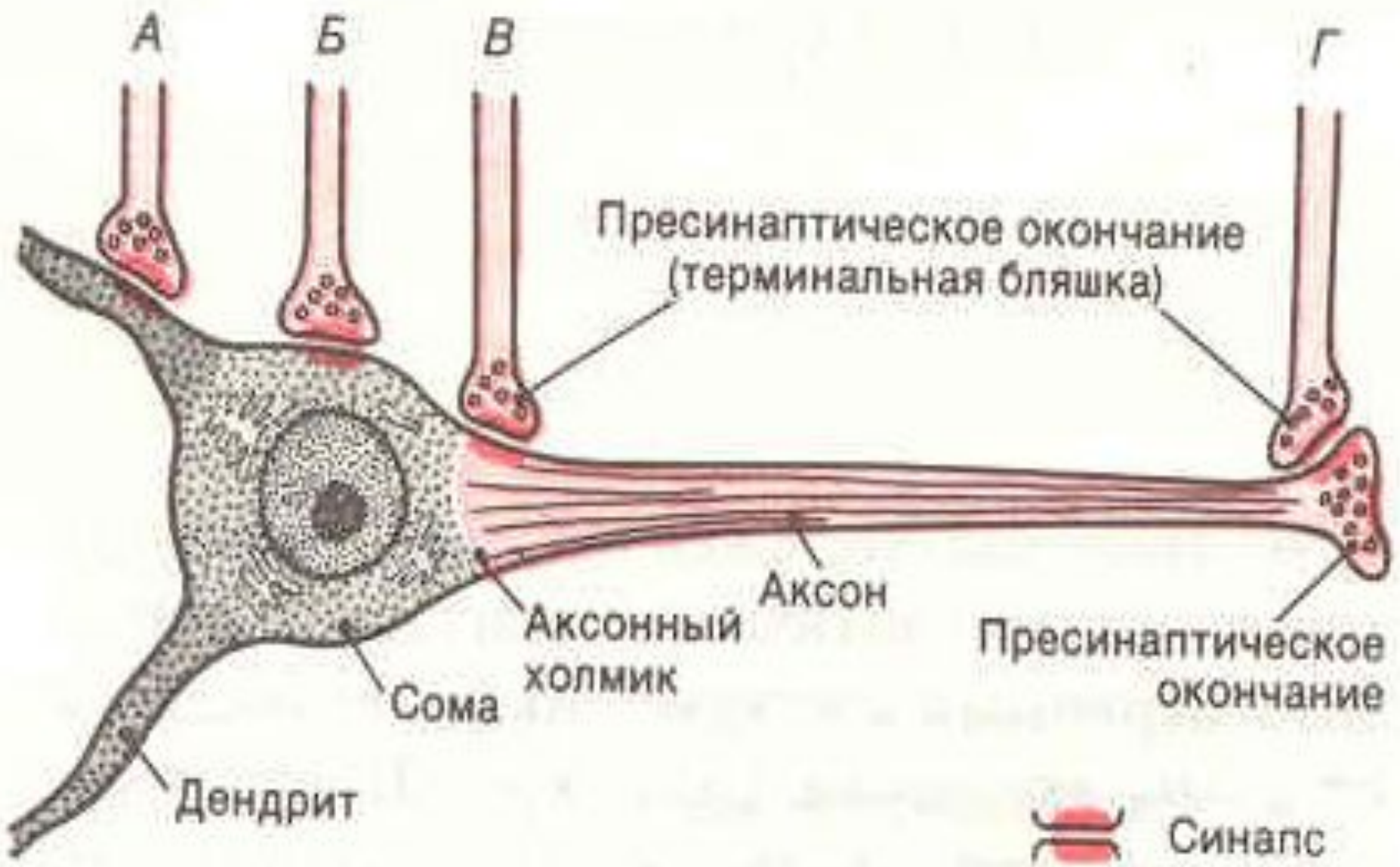


Блокада рецептора антагонистом

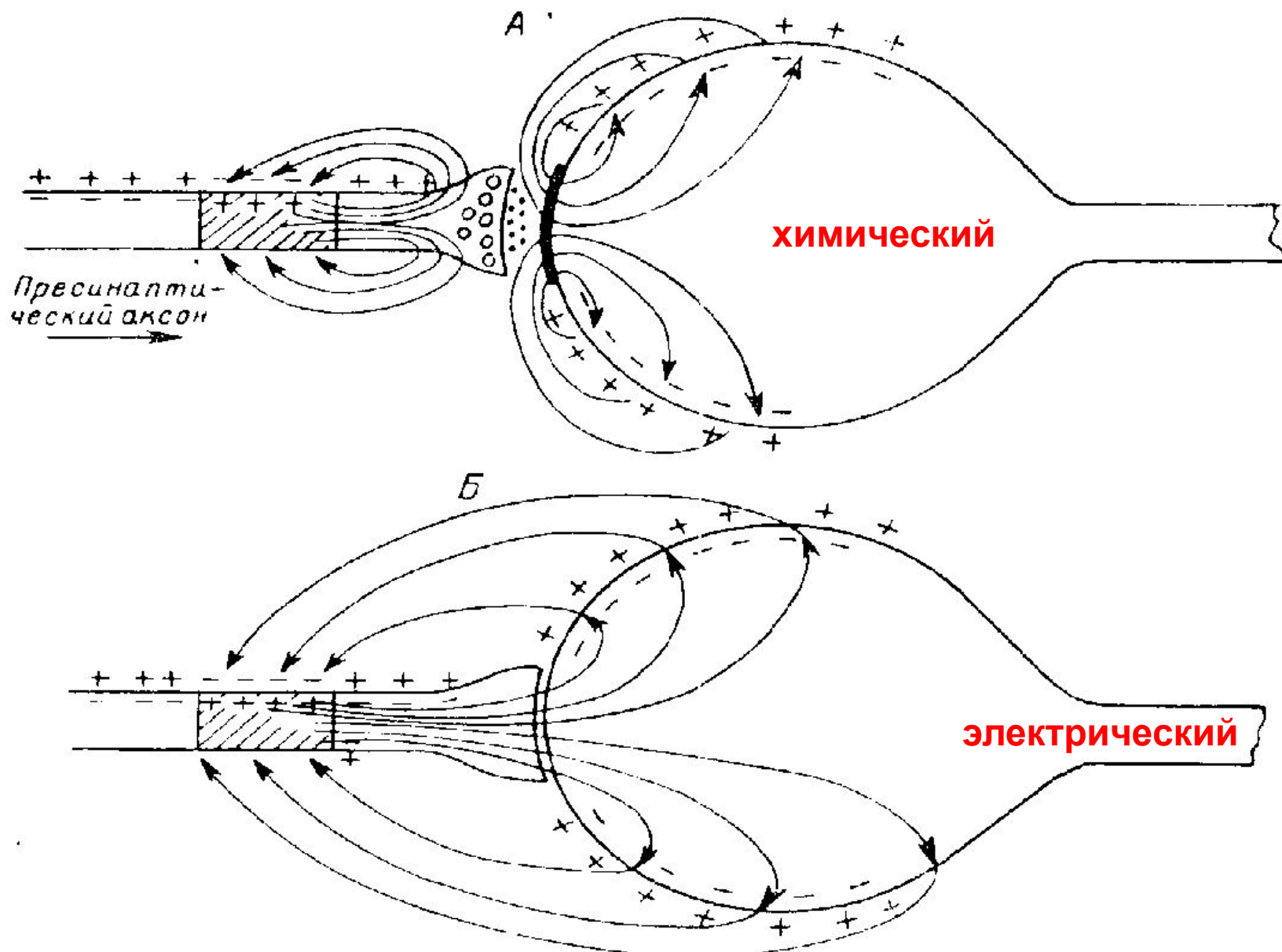
Классификация синапсов

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

Синапсы на нейроне

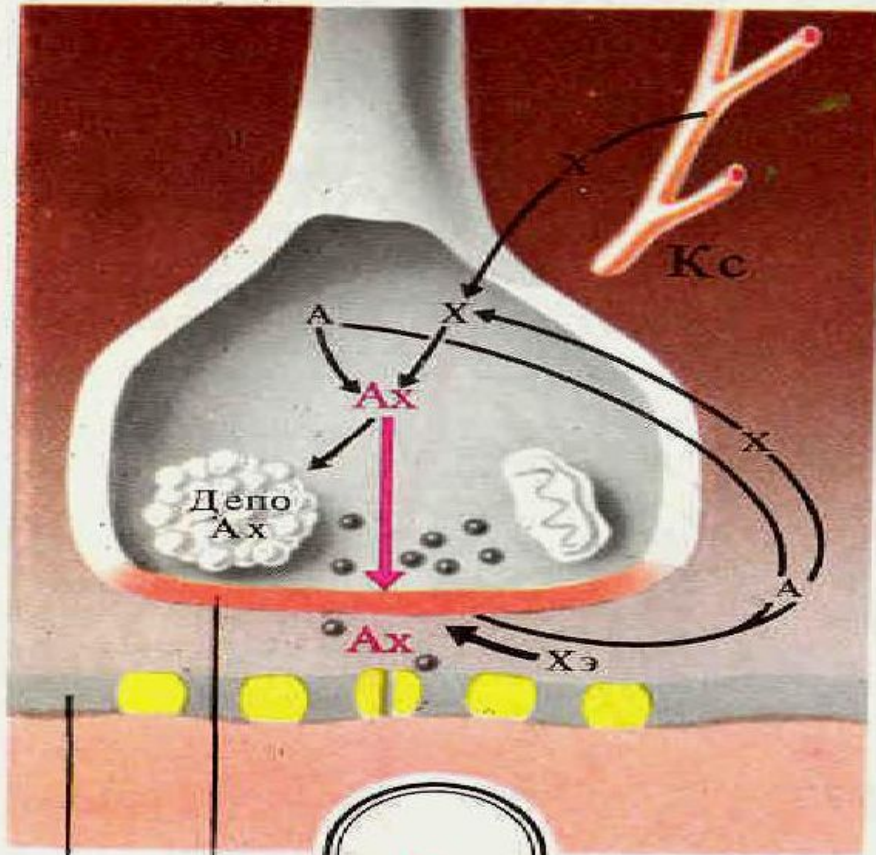


Синапсы в ЦНС

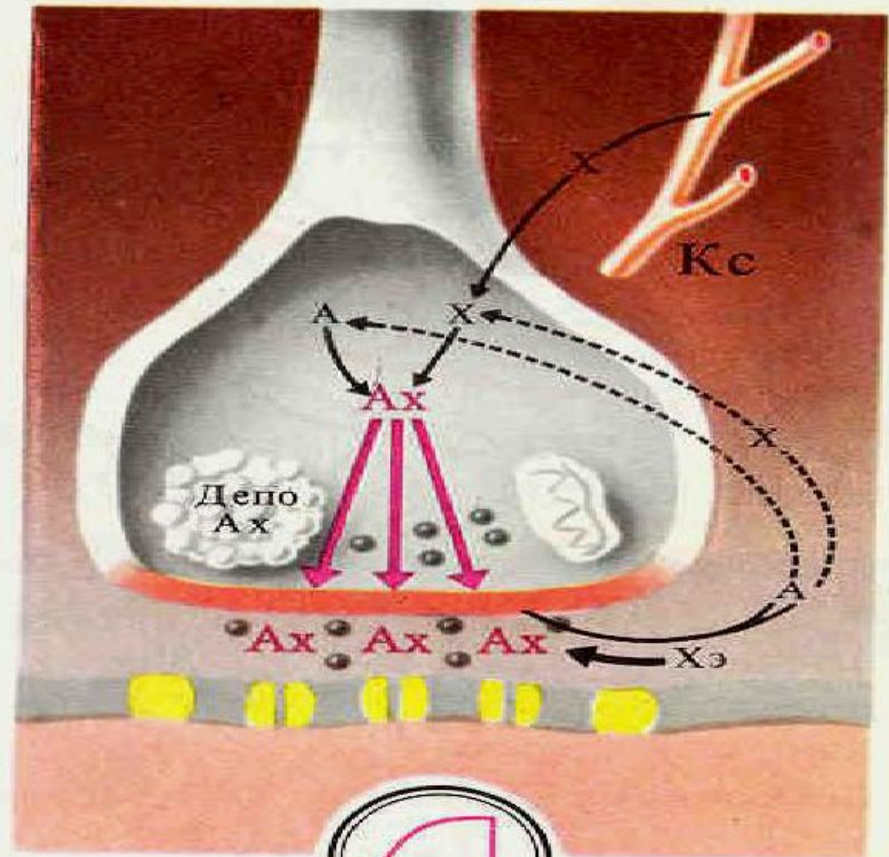


Синаптические процессы в возбужденном и невозбужденном синапсе

Покой



Возбуждение



Миниатюрный потенциал

Пресинаптическая мембрана

Постсинаптическая мембрана

ВПСП

Рефлекторный принцип нервной системы (Р. Декарт, Прохазка, И.М. Сеченов, И.П. Павлов, П.К. Анохин)

- Сейчас в естествознании нет более популярной идеи, чем идея рефлекса. Идея Р. Декарта об отраженном действии зародилась прежде всего как общефилософская идея без серьезного экспериментального обоснования. Как писал П.К. Анохин, «концепция рефлекса нужна была Декарту скорее как метод убеждения, чем как предмет научного исследования».
- Концепция отражения у Декарта носила **космогонический характер**, была законом мироздания, являясь плодом творческой интуиции.
- Идея отраженного действия привела Декарта к признанию **ведущей причины поведения – внешнего стимула**. Понятием «внешний стимул» Декарт четко утвердил материалистические основы поведения живых существ.
- Представления о природе отраженных действий у Декарта были примитивными. Они целиком базировались на галеновских постулатах о **«животных духах»**, хотя Декарт вкладывал в это понятие материалистические представления.
- Сейчас можно приравнять «духи» Декарта к нервной импульсации.

Существенный вклад в развитие рефлекторной теории сделан русскими учеными И.М. Сеченовым и И.П. Павловым.

- И.М. Сеченов первый распространил принцип рефлекса на функции высших отделов мозга, на ГМ и психические функции.
- И.М. Сеченову по условиям того времени не удалось экспериментальным путем найти закономерности деятельности ГМ, лежащие в основе целенаправленного поведенческого акта.
- **Это было сделано уже в XX веке И.П. Павловым.**
- Основой созданного И.П. Павловым учения о ВНД явилось традиционное для русской физиологии представление о неразрывности целостного организма с внешней средой.
- Взаимоотношения организма и среды складываются, по И.П. Павлову, из сложного сочетания врожденных реакций на внешние раздражители, сформировавшихся в процессе эволюционного развития данного вида и функциональных отношений, приобретенных организмом в процессе индивидуальной жизни, т.е., временных связей.
- В основу изучения приспособительных реакций организма И.П. Павловым были положены принципы рефлекторной теории, предложенные Р. Декартом и блестяще развитые И.М. Сеченовым.

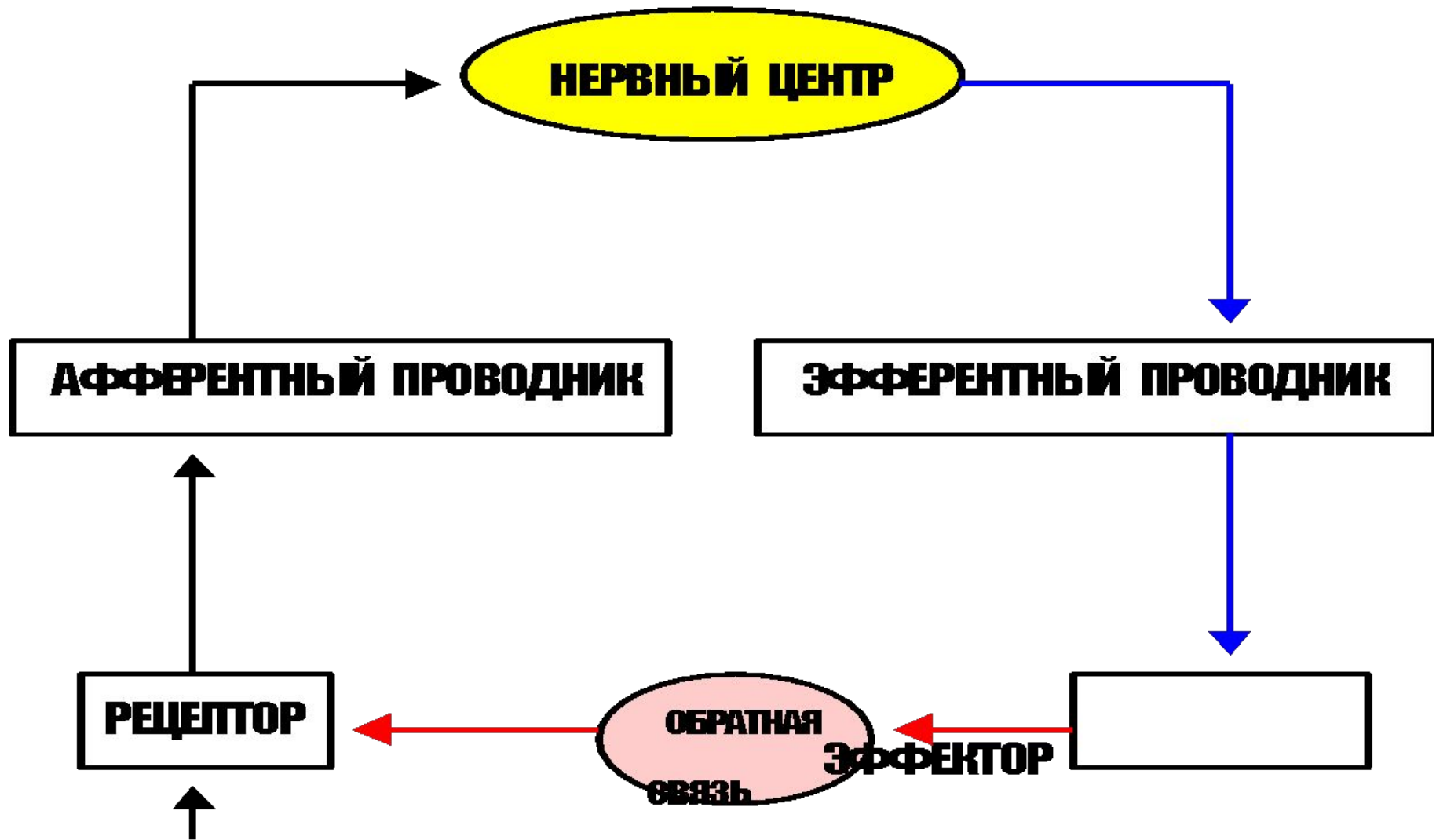
- Развитие идеи рефлекса завершилось классическими постулатами рефлекторной дуги
- 1. В формировании любой формы рефлекторной деятельности ведущая роль принадлежит внешним стимулам.
- 2. Возбуждение по рефлекторной дуге распространяется поступательно от пункта к пункту, от рецепторов к эффекторам.
- 3. Любой рефлекс заканчивается действием: мышечным сокращением, секреторным ответом, либо биоэлектрической реакцией.
- 4. Спинальные рефлексы характеризуются постоянством: они проявляются всегда при действии адекватного раздражителя на соответствующие рецепторы.

Рефлекс и рефлекторная дуга

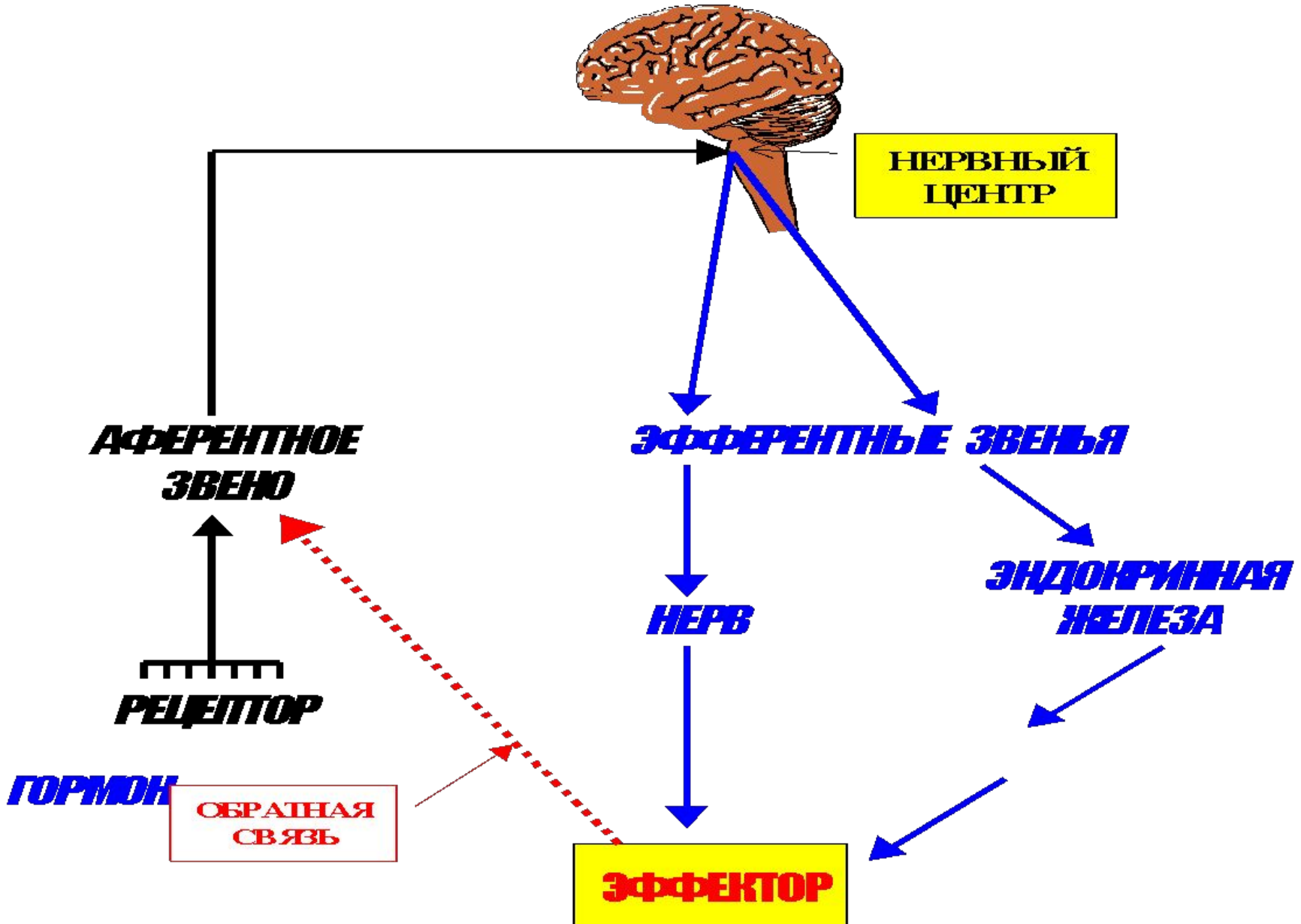
- Любая реакция организма в ответ на раздражение рецепторов при изменении внешней или внутренней среды и осуществляемая посредством ЦНС называется **рефлексом**.
- Благодаря рефлекторной деятельности организм способен быстро реагировать на изменения среды и приспособляться к этим изменениям.
- Каждый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

- **Представление о кольцевой организации рефлекса за счет сигнализации от мышц были завершены в трудах Н.А. Бернштейна (1966) и Ф.В. Бассина (1968), которые дополнили классическую рефлекторную дугу четвертым звеном – афферентацией от эффекторов, в частности, мышечного действия.**
- **Вследствие этого рефлекторная дуга трансформировалась в «рефлекторное кольцо».**

РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА И РЕФЛЕКТОРНОЕ КОЛЬЦО



ЗВЕНЬЯ РЕФЛЕКТОРНОЙ РЕГУЛЯЦИИ



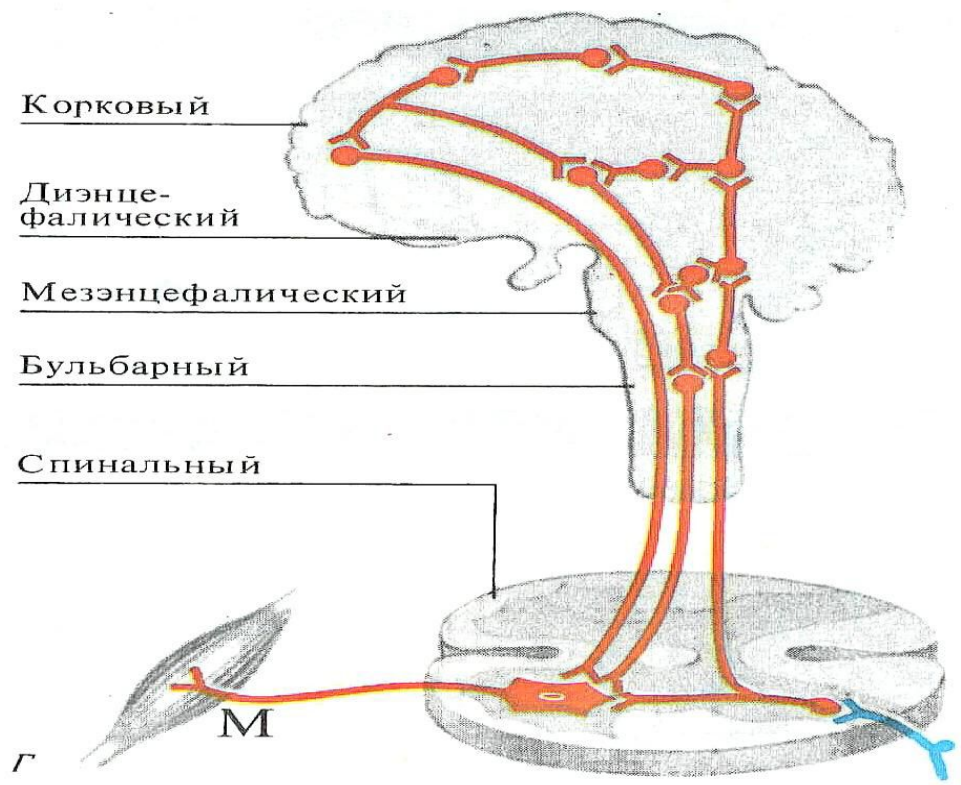
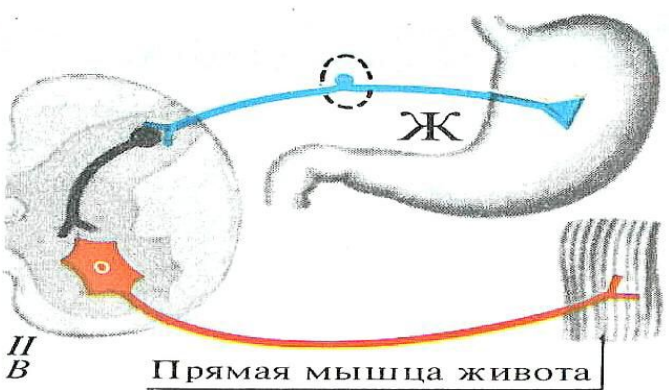
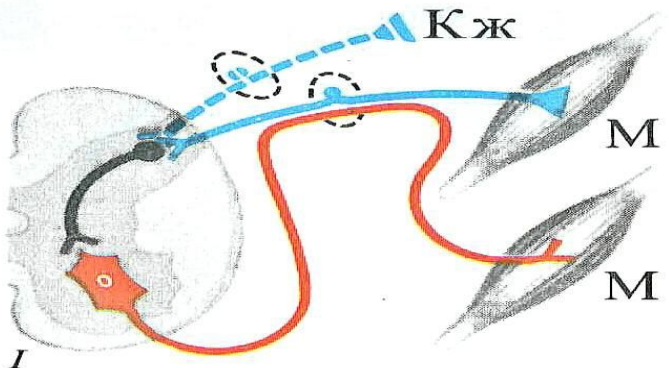
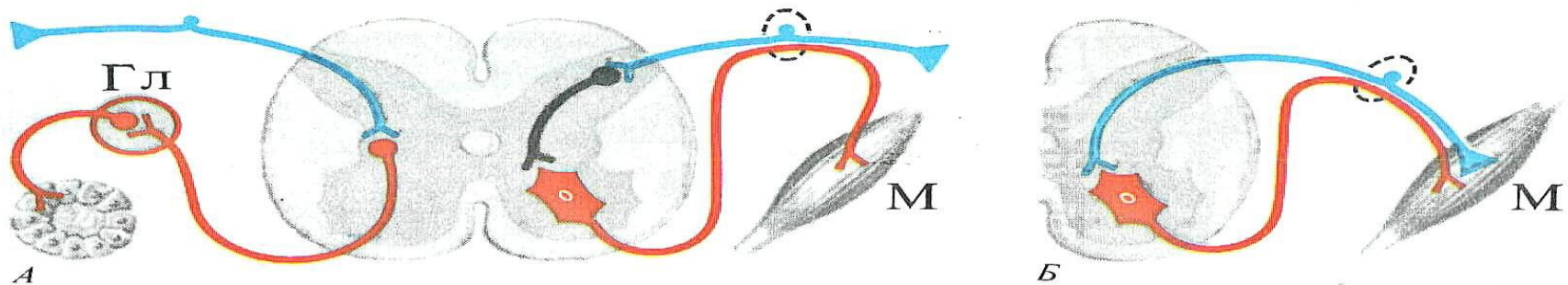
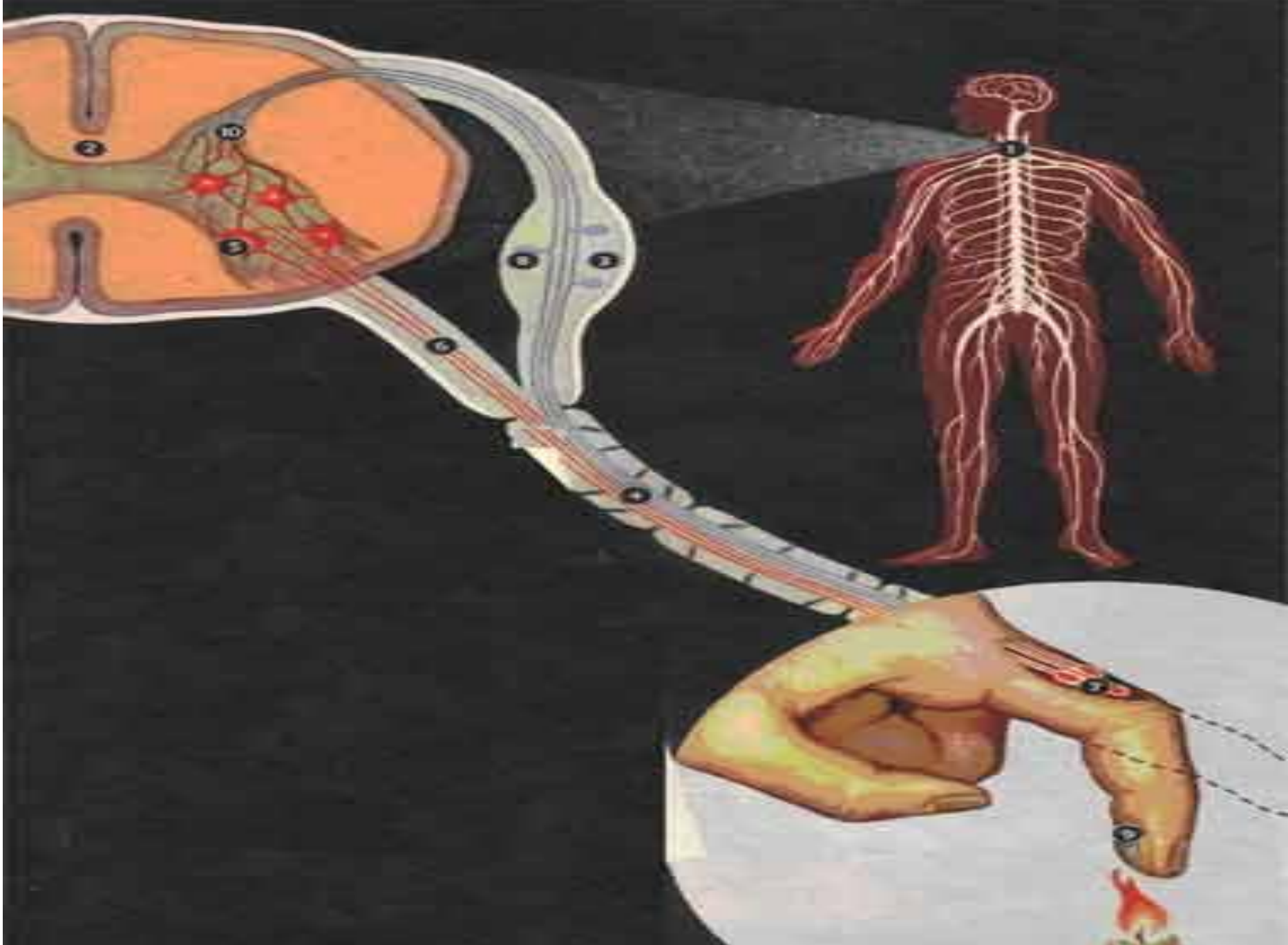


Рис. 274. Рефлекторная дуга. А — дуга вегетативного (слева) и соматического (справа) рефлексов; Б — гомонимная дуга; В — гетеронимная дуга с рецепторами, заложенными в коже и мышцах (I) и внутренних органах (II); Г — уровни «многоэтажной» рефлекторной дуги (по Э. Асратяну, 1956)



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, мезэнцефальные, диэнцефальные, 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!**