

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

# **Общая физиология ЦНС и возбудимых тканей**

# ***Основные проявления жизнедеятельности***

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



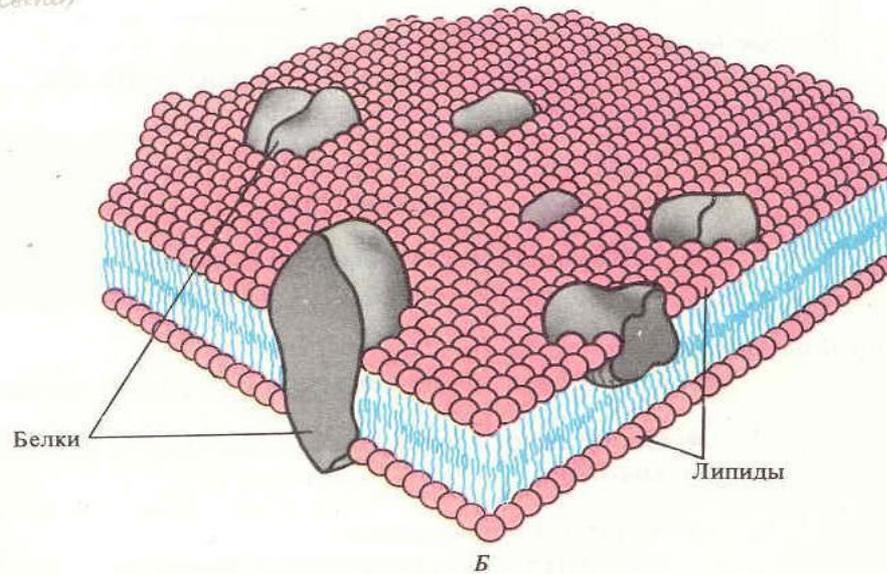
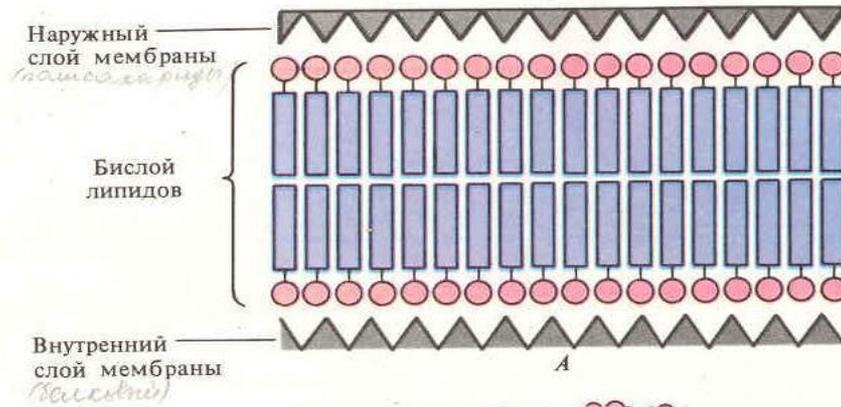
# Разновидности биологических реакций

- **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



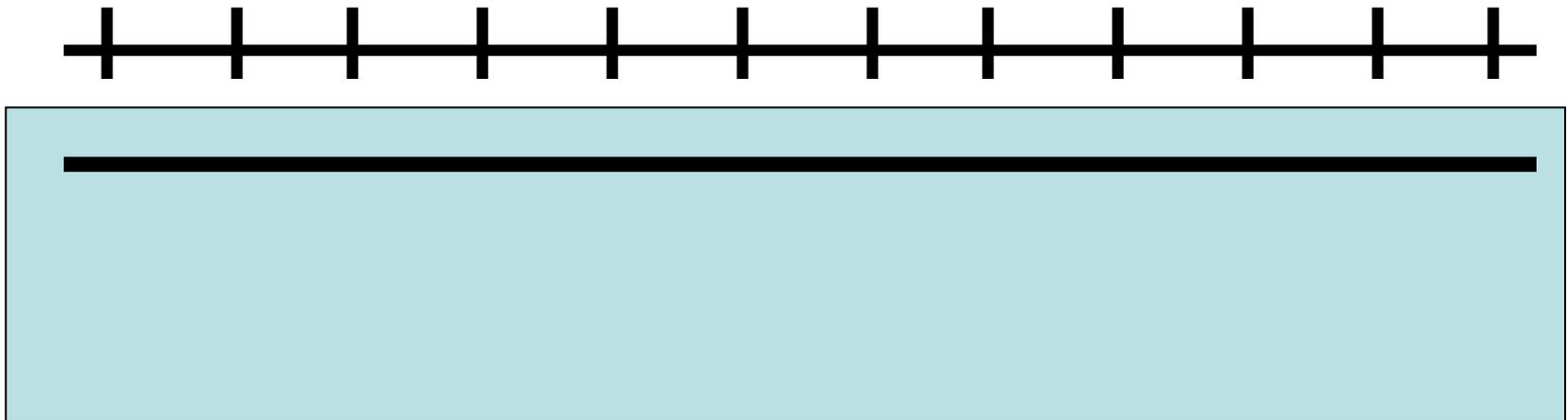
# Потенциал покоя

- 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.

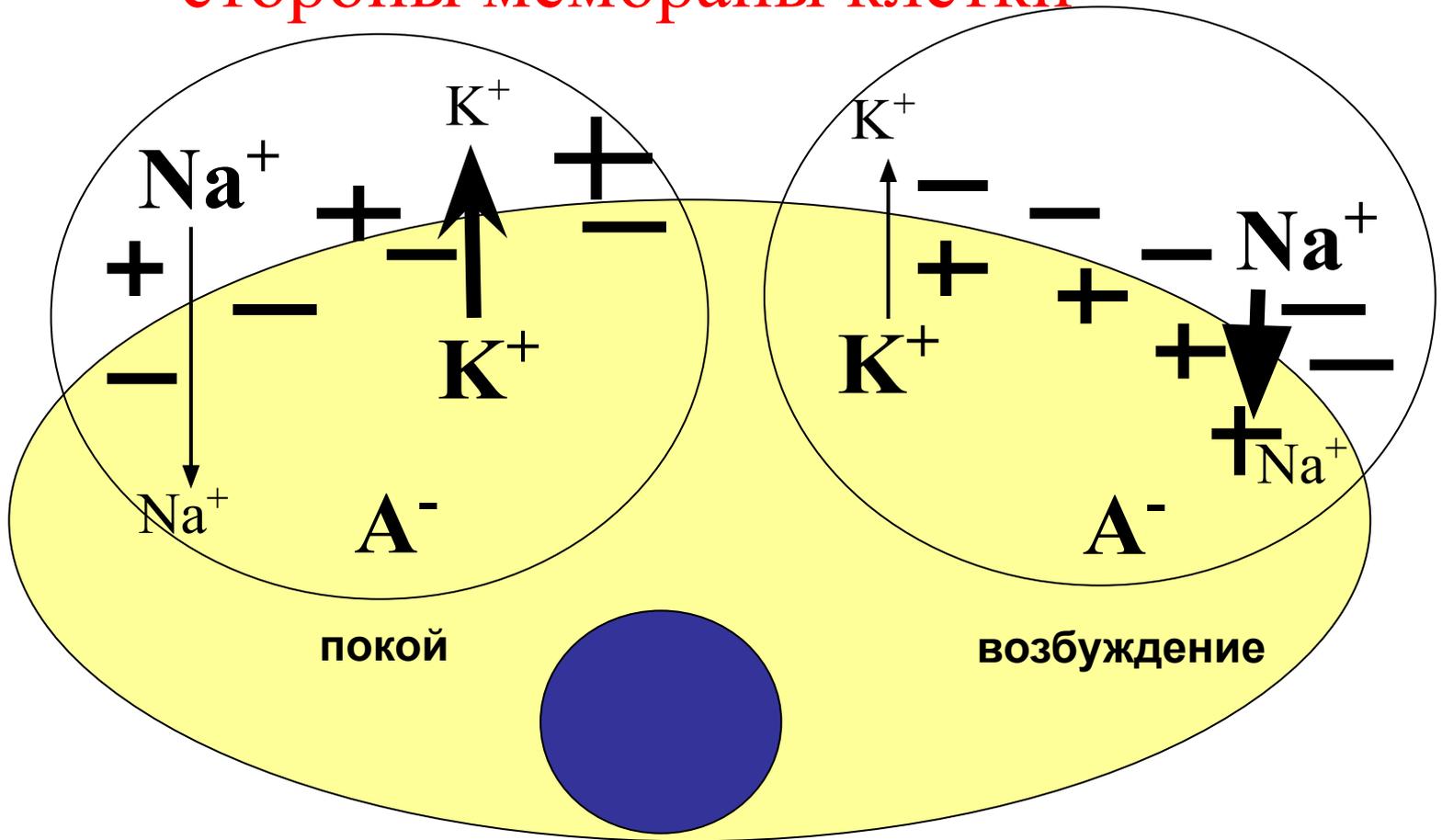
# Механизм формирования МП

- 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.*

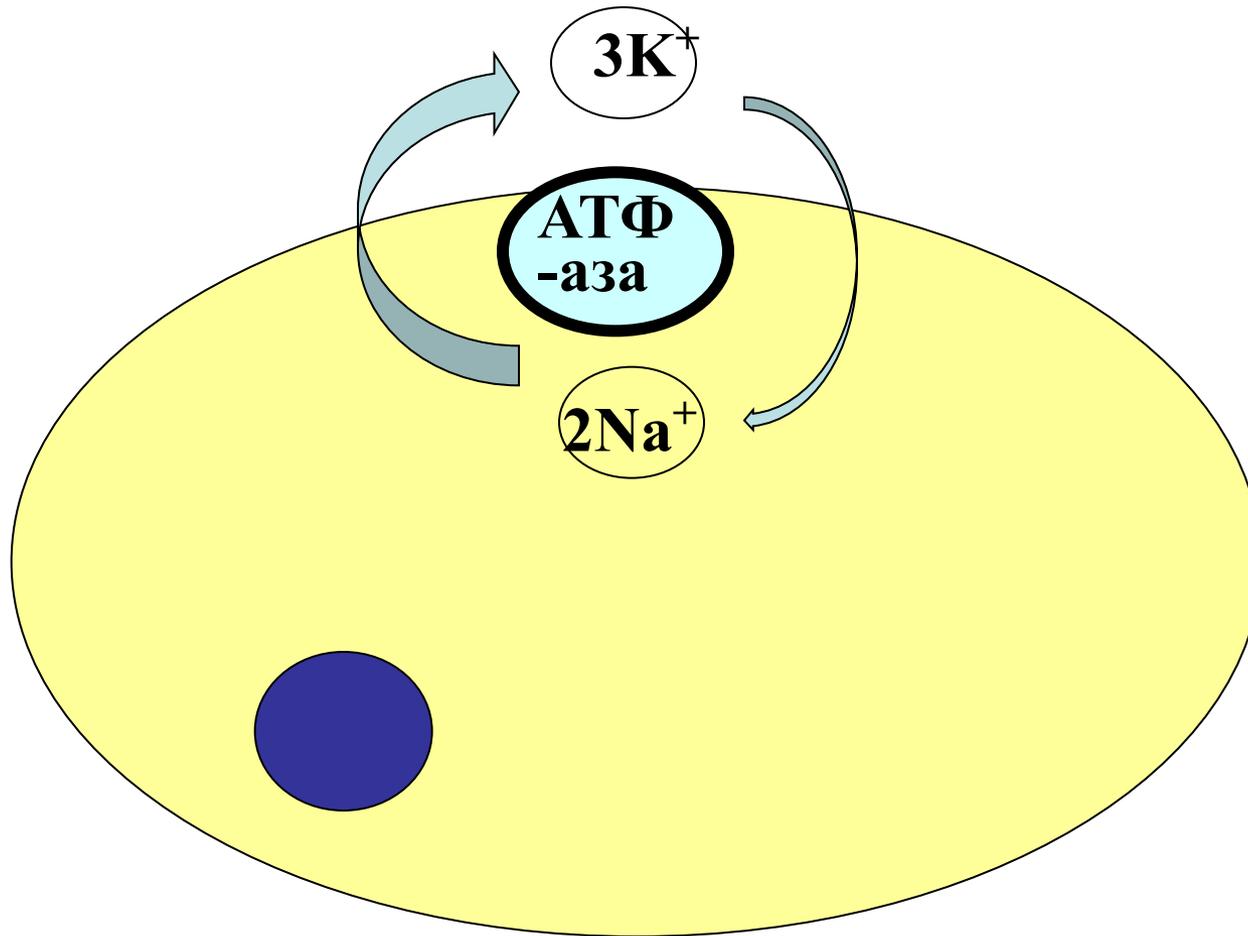
# Поляризация мембраны в покое



# Распределение ионов по обе стороны мембраны клетки



# $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -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)

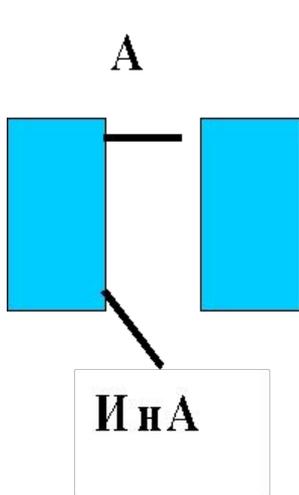


- Главным условием для возникновения ПД и распространяющегося возбуждения

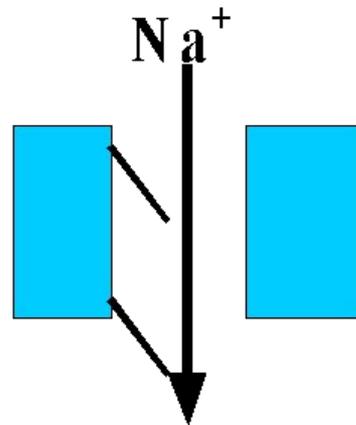


мембранный потенциал должен стать равным или меньше критического уровня деполяризации  
(  $E_0 \leq E_k$  )

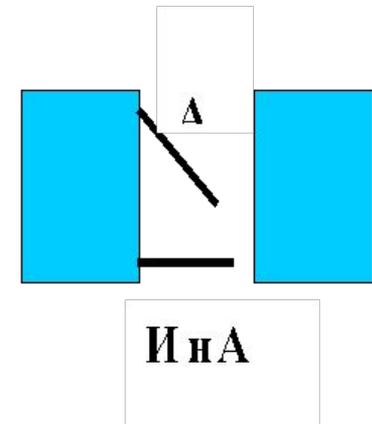
# СОСТОЯНИЕ НАТРИЕВЫХ КАНАЛОВ



**ПОСЛЕДНИЙ  
ПОКОЯ**

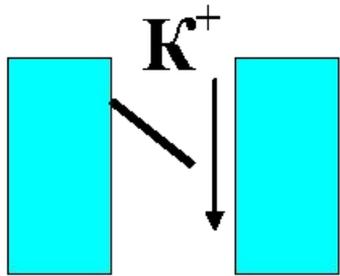


**СОСТОЯНИЕ  
ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ  
МЕМБРАНЫ**

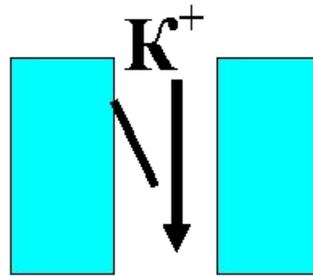


**СПАЙК И  
РЕПОЛЯРИЗАЦИЯ  
МЕМБРАНЫ**

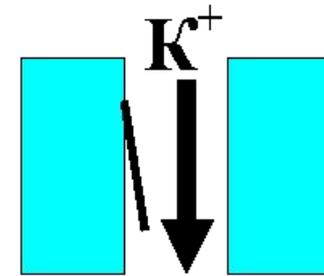
# СОСТОЯНИЕ КАЛИЕВЫХ КАНАЛОВ



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

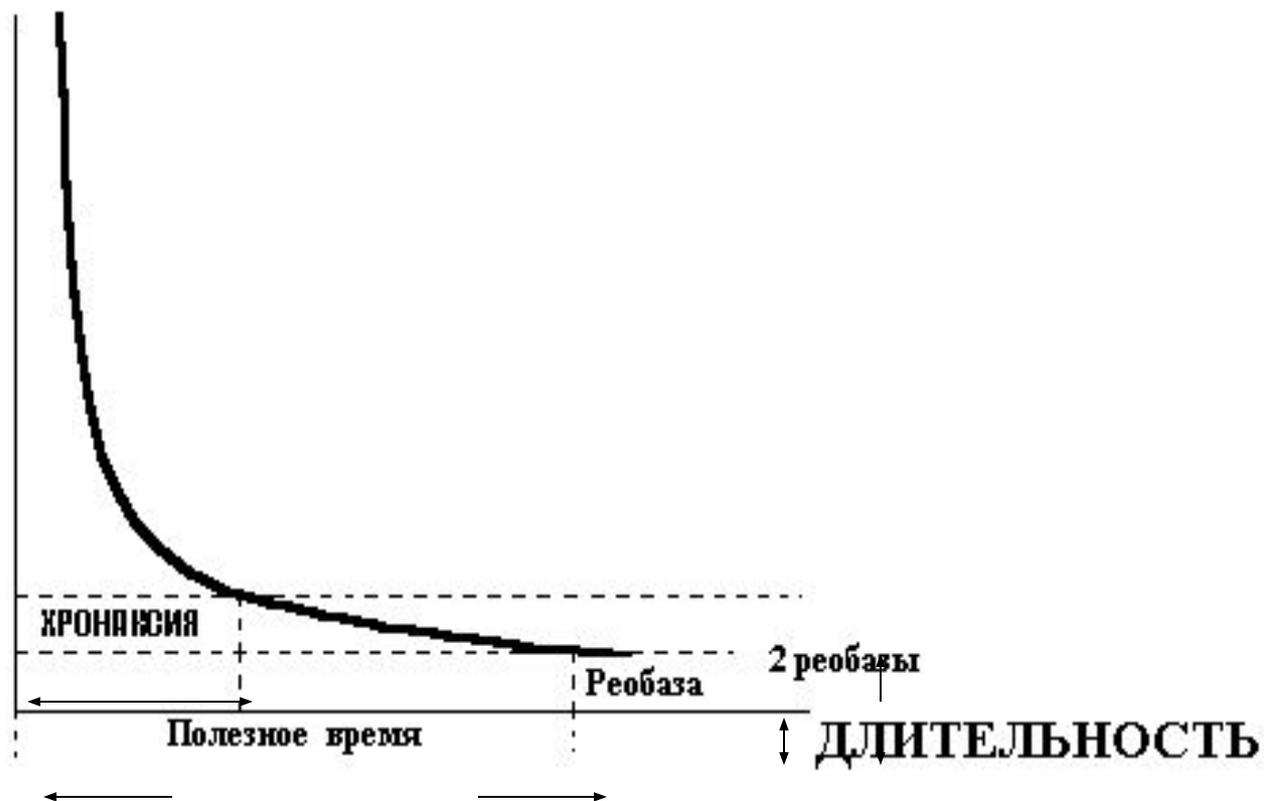
# Порог раздражения

- 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»

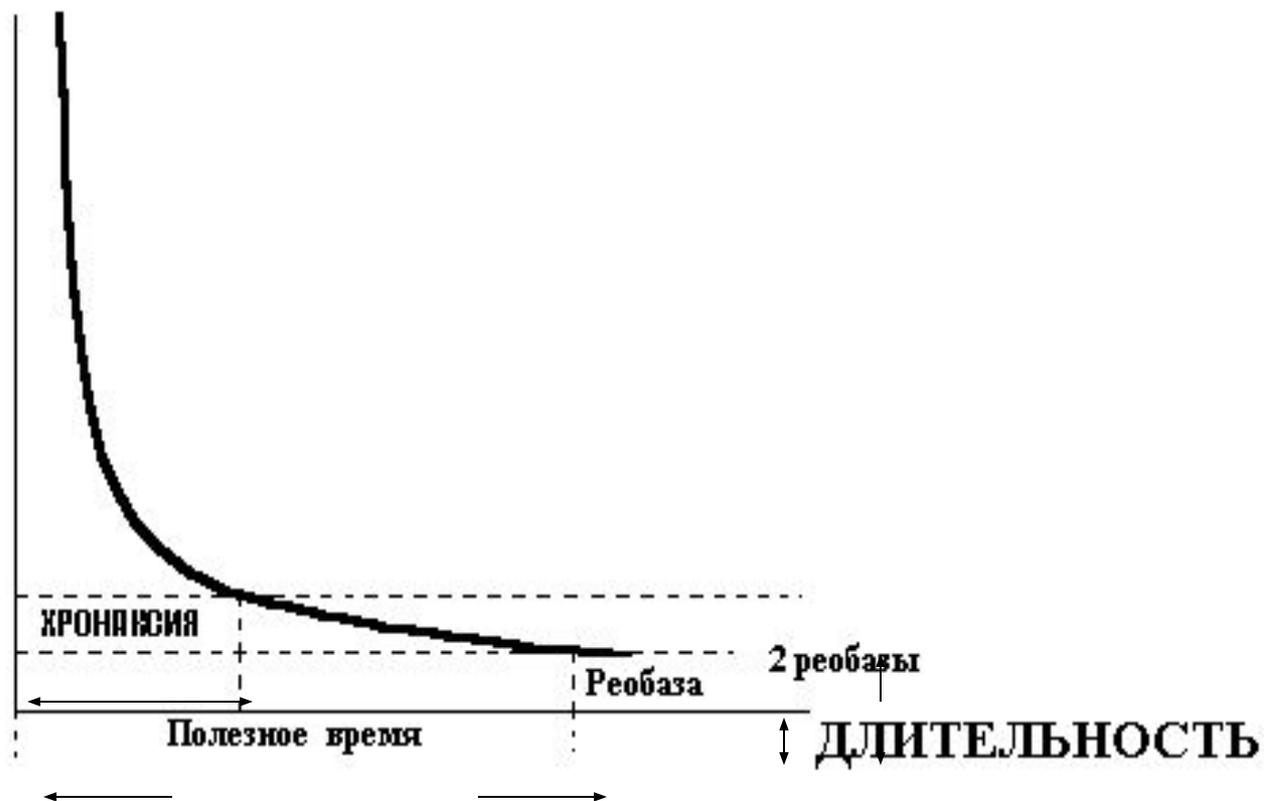
СИЛА



- 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.

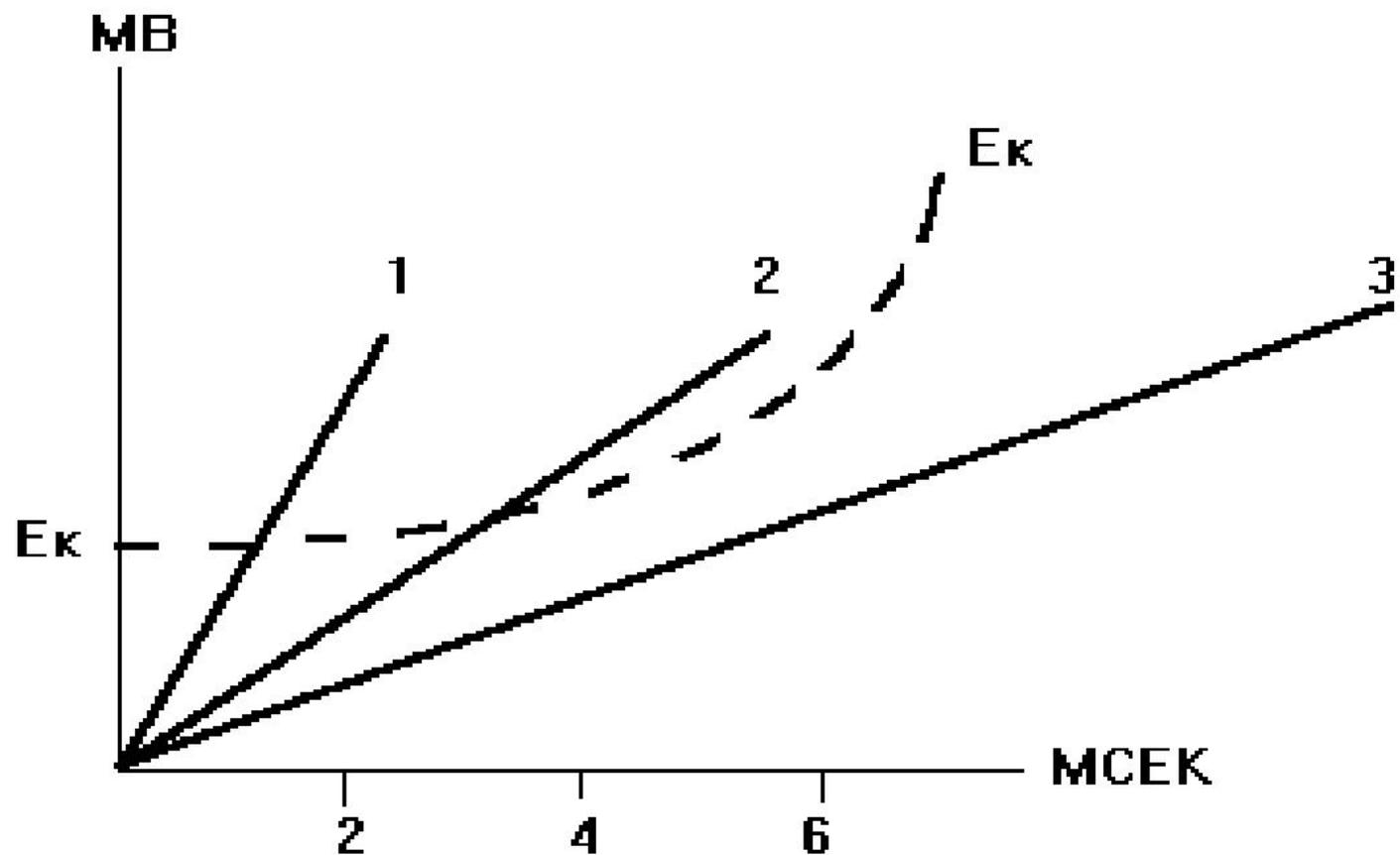
# ЗАКОН «СИЛА - ДЛИТЕЛЬНОСТЬ»

СИЛА



- **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

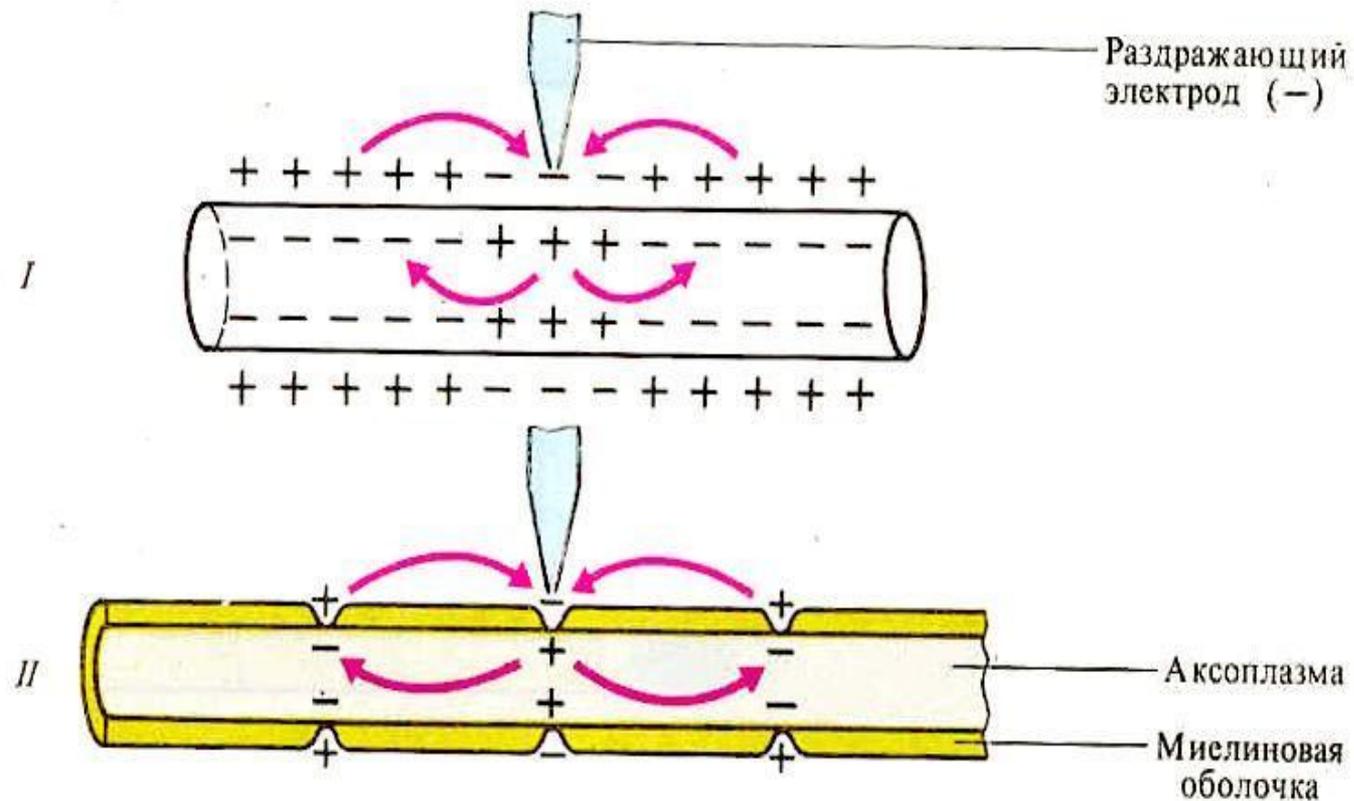
нерв – **свыше 100 гц**

мышца – **около 50 гц**

# СООТНОШЕНИЕ ФАЗ ВОЗБУДИМОСТИ С ФАЗАМИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ



# Проведение возбуждения в нервных волокнах



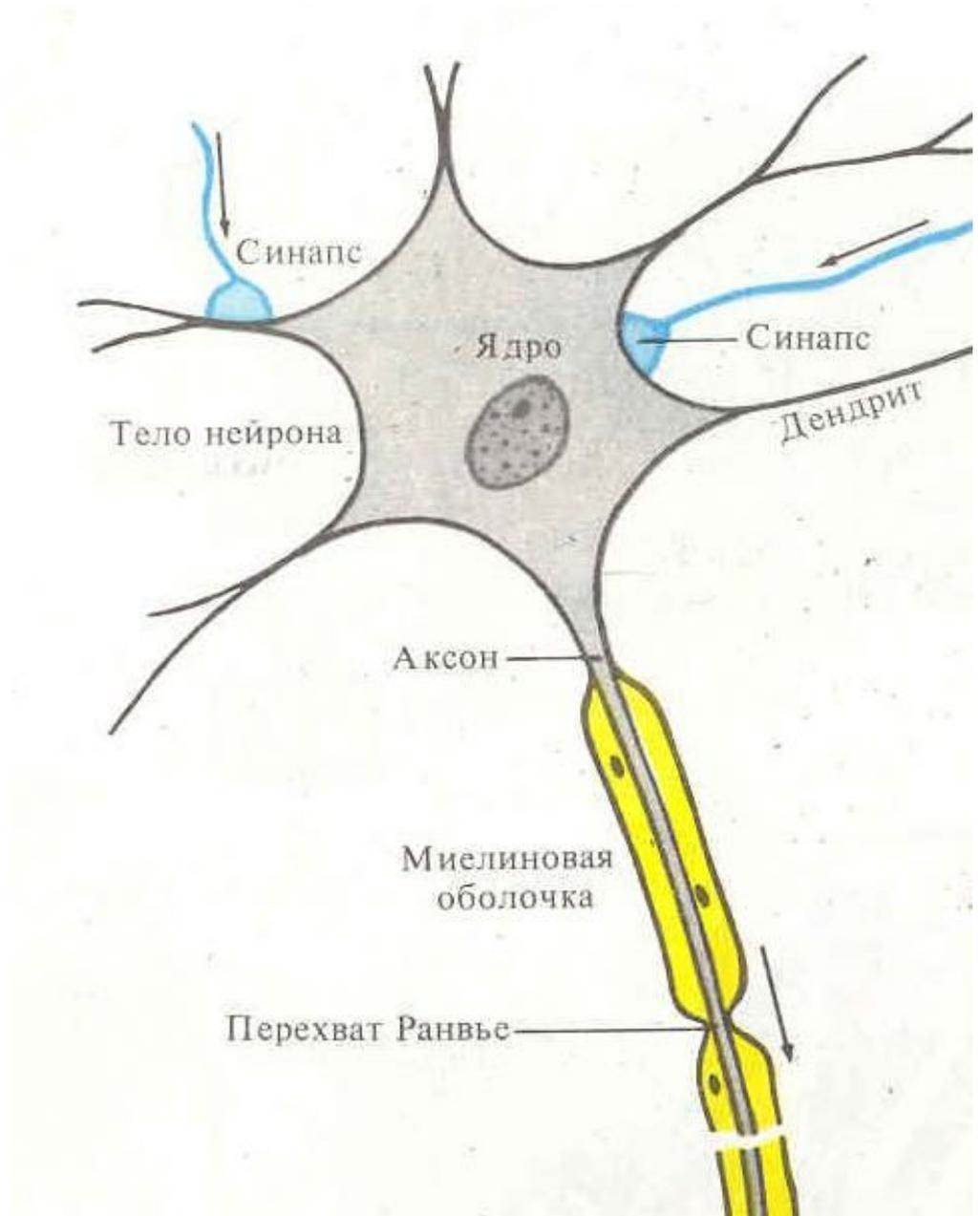
Проведение возбуждения в нервных волокнах (по Дж. Бендоллу, 1970):

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

# **Законы проведения возбуждения**

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

# Нейрон и его компоненты

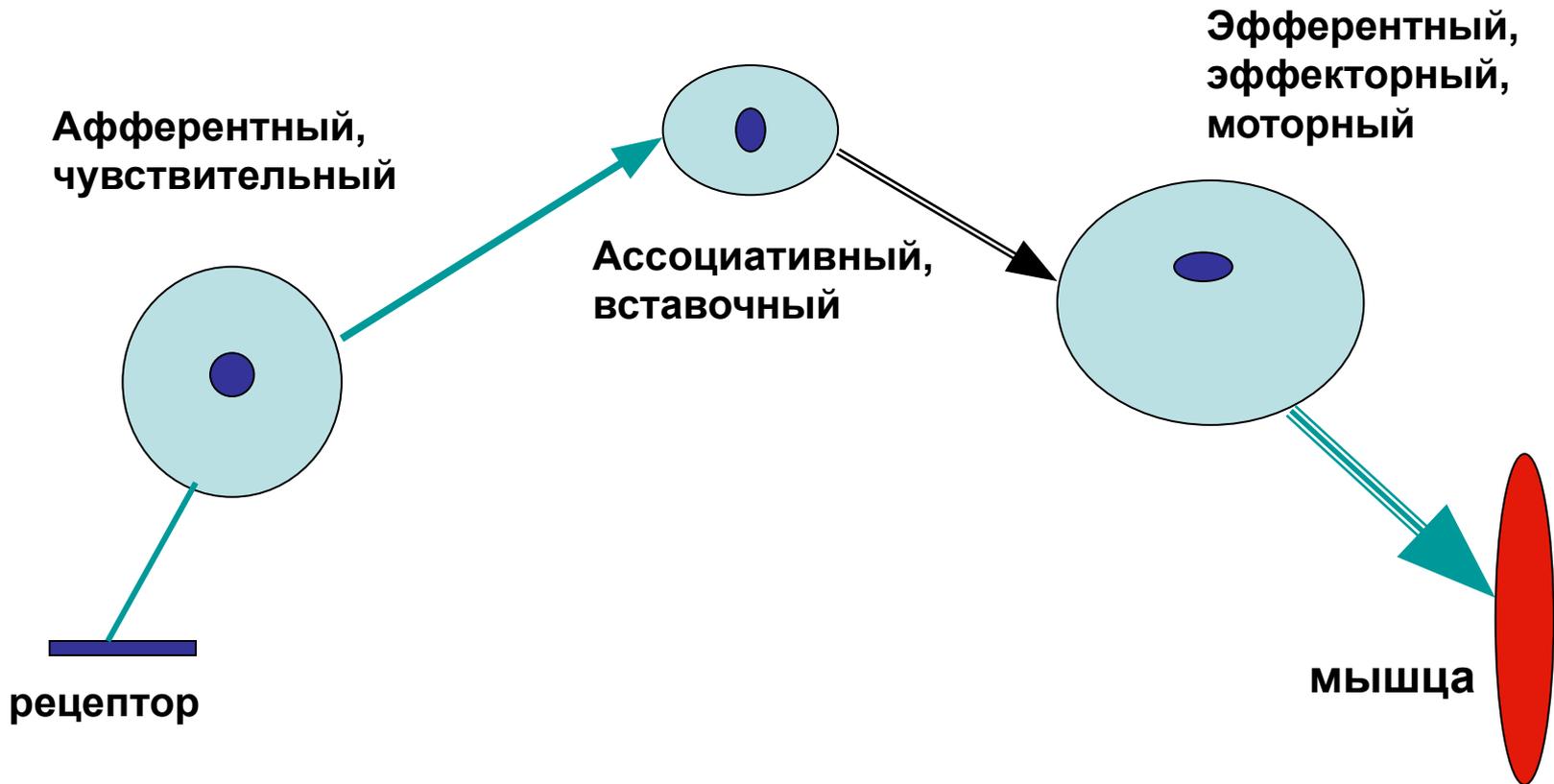


- Место отхождения аксона от тела нервной клетки (аксонный холмик) имеет наибольшее значение в возбуждении нейрона.
- **Это - триггерная зона нейрона, именно здесь легче всего возникает возбуждение. В этой области на протяжении 50-100 мк. аксон не имеет миелиновой оболочки, поэтому аксонный холмик и 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

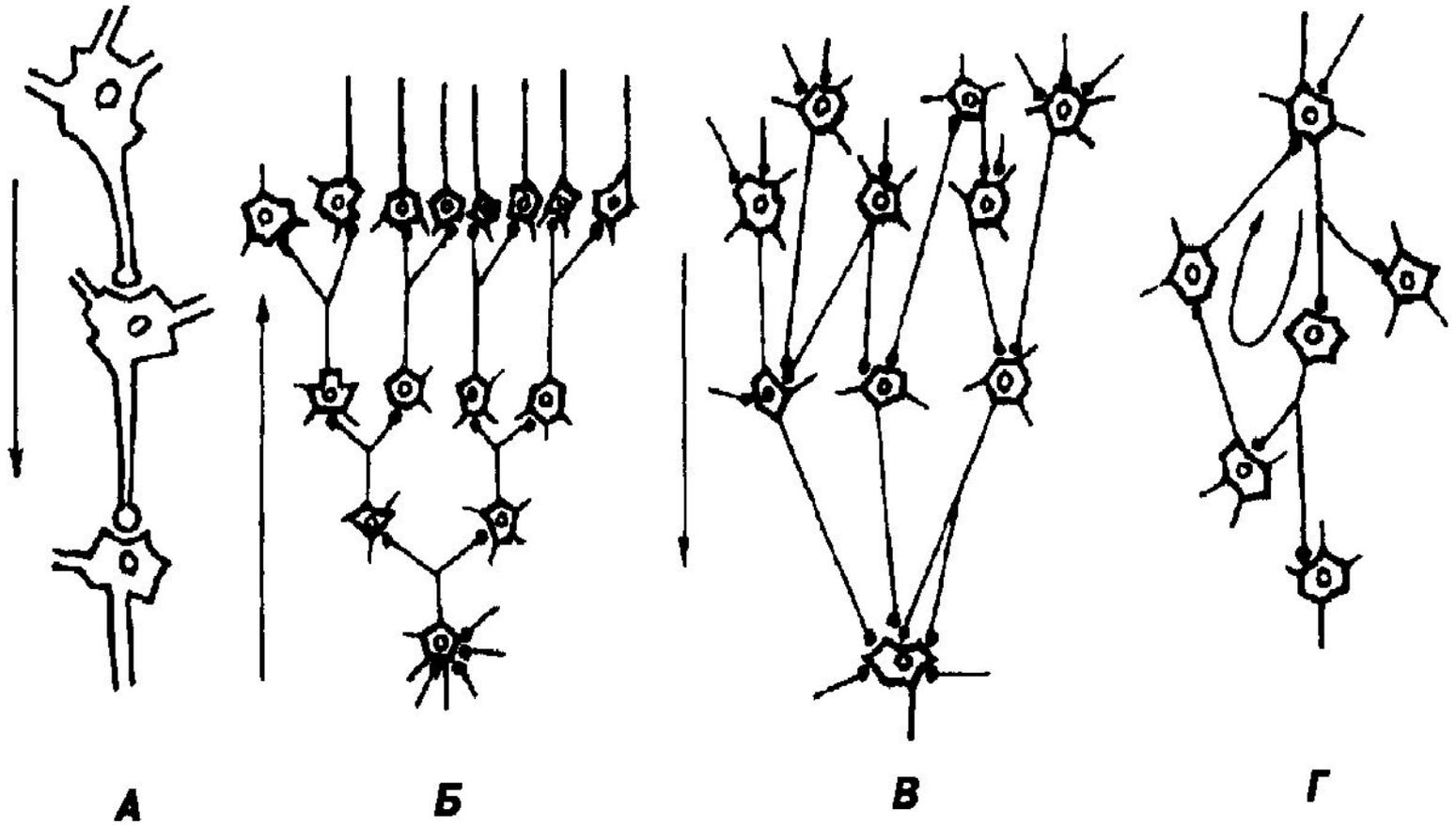
- **Высокое потребление  $O_2$ . Полная гипоксия в течение 5-6 минут ведёт к гибели клеток коры.**
- **Способность к альтернативным путям обмена.**
- **Способность к созданию крупный запасов веществ.**
- **Нервная клетка живет только вместе с глией.**
- **Способность к регенерации отростков (0,5-4 мк/сут).**

# 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.

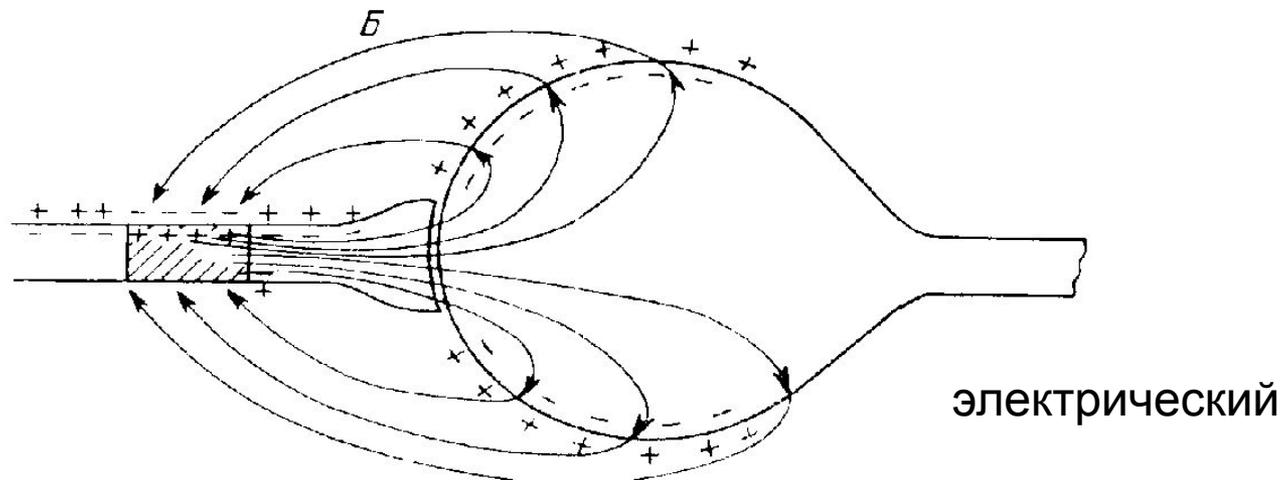
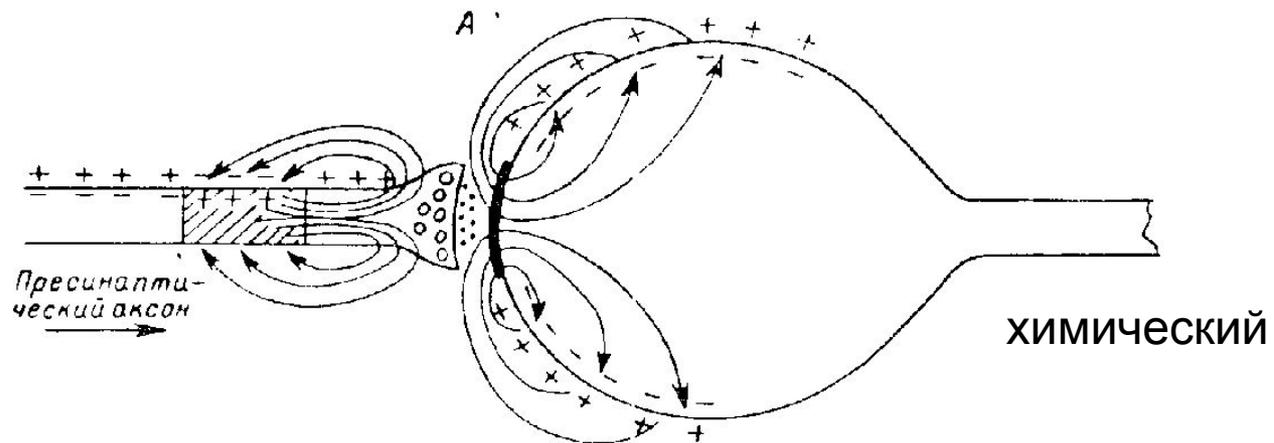
# Виды связей между нейронами



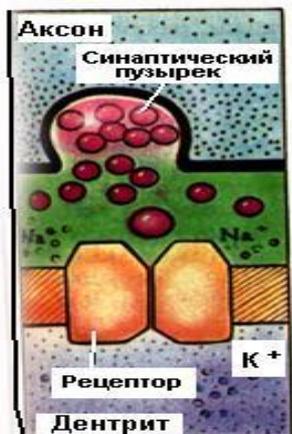
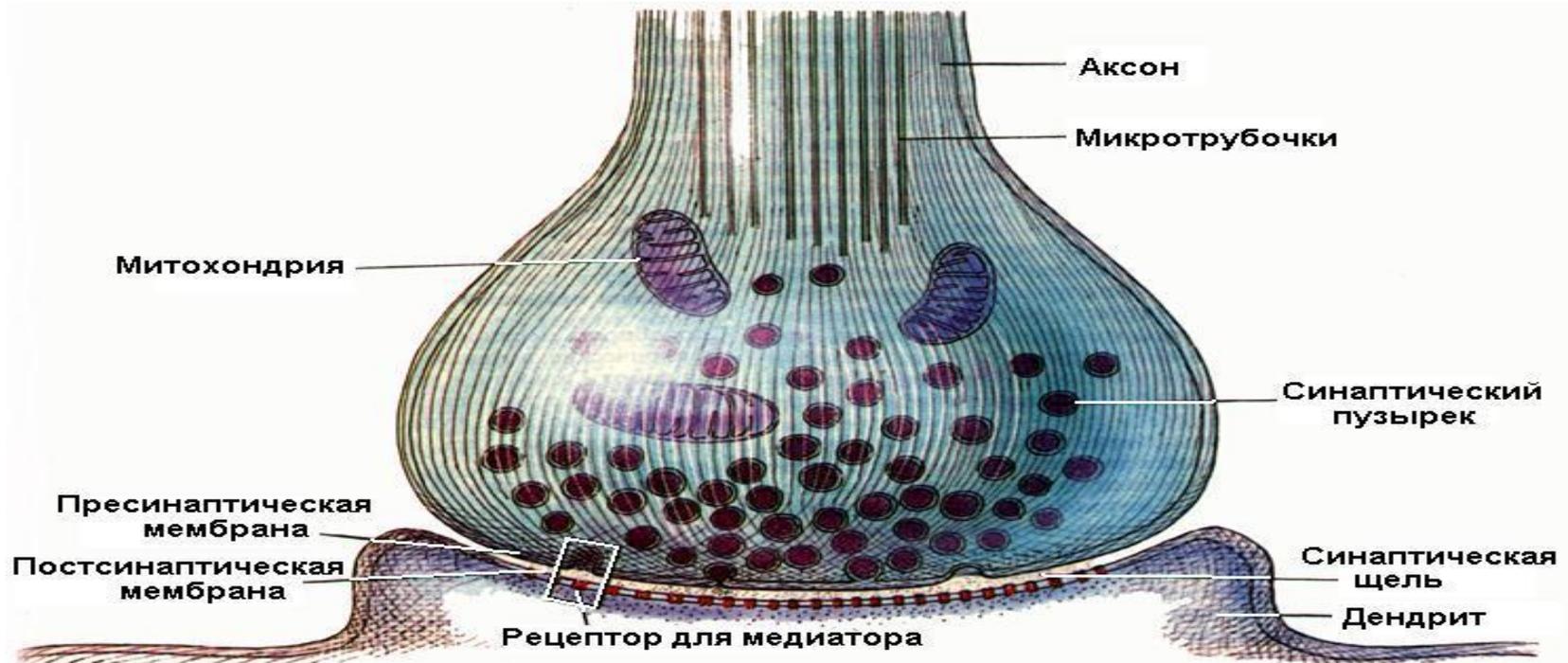
- **Синапс** (-ы) – специализированная зона контакта между нейронами или нейронами и другими возбудимыми клетками, обеспечивающая передачу возбуждения с сохранением, изменением или исчезновением ее информационного значения.

- **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.

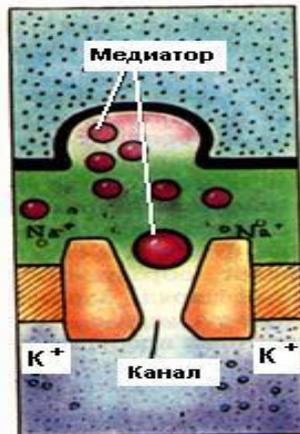
# Синапсы в ЦНС



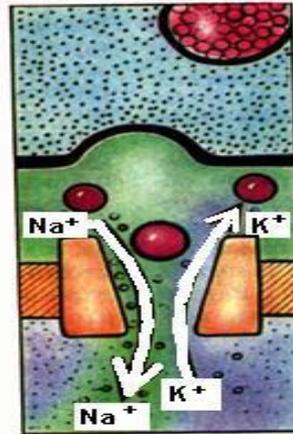
# СТРУКТУРА И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ СИНАПСА



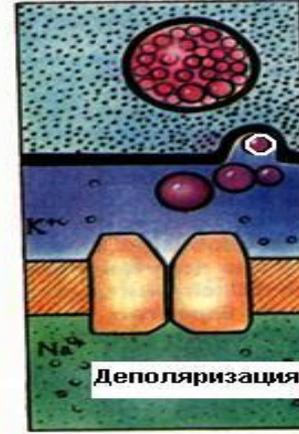
Синаптический пузырек освобождает медиатор



Медиатор взаимодействует с рецептором. Канал открывается



Перемещение ионов  $Na^+$  и  $K^+$

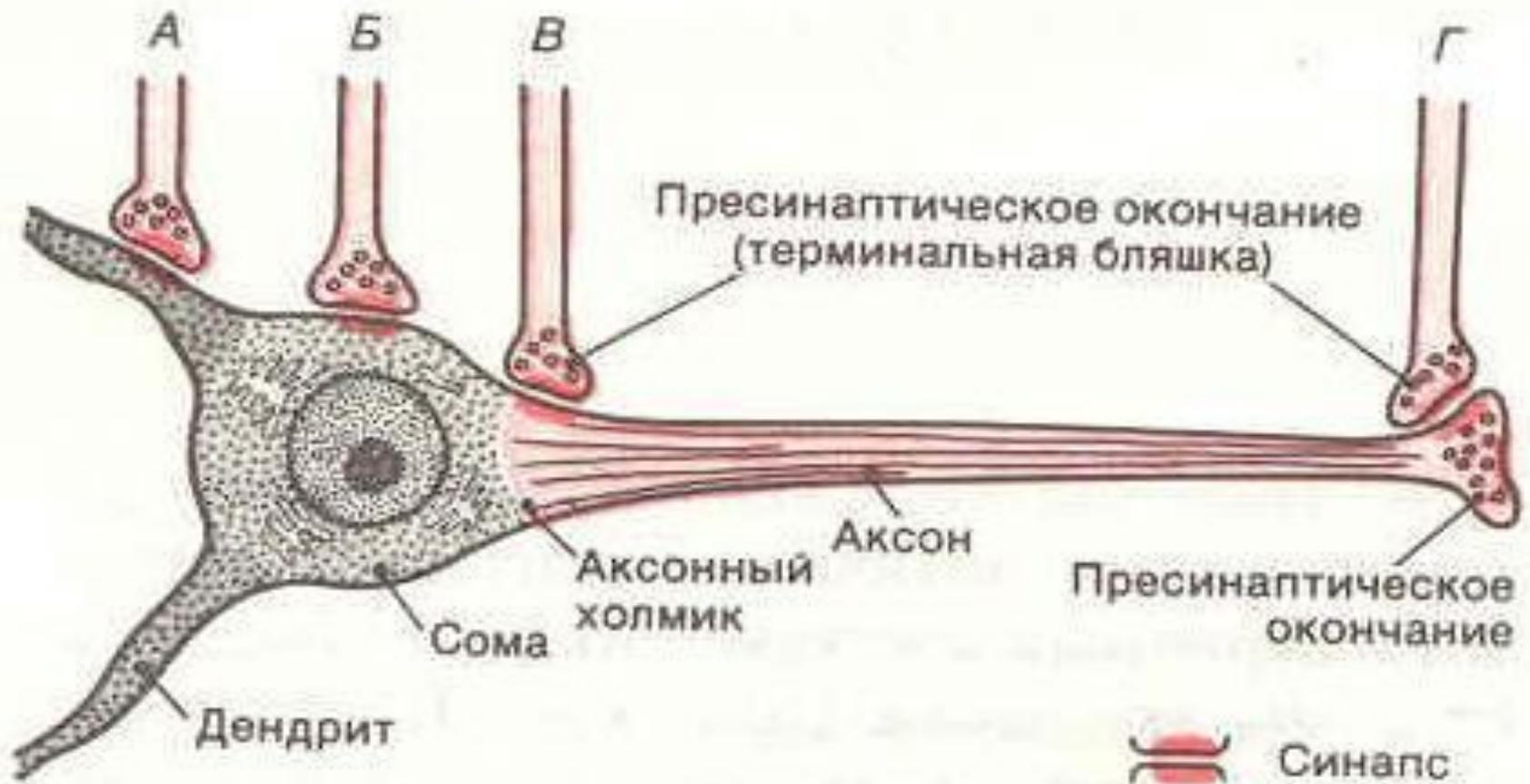


Обратное поглощение медиатора пресинаптическим окончанием



Блокада рецептора антагонистом

# Синапсы на нейроне



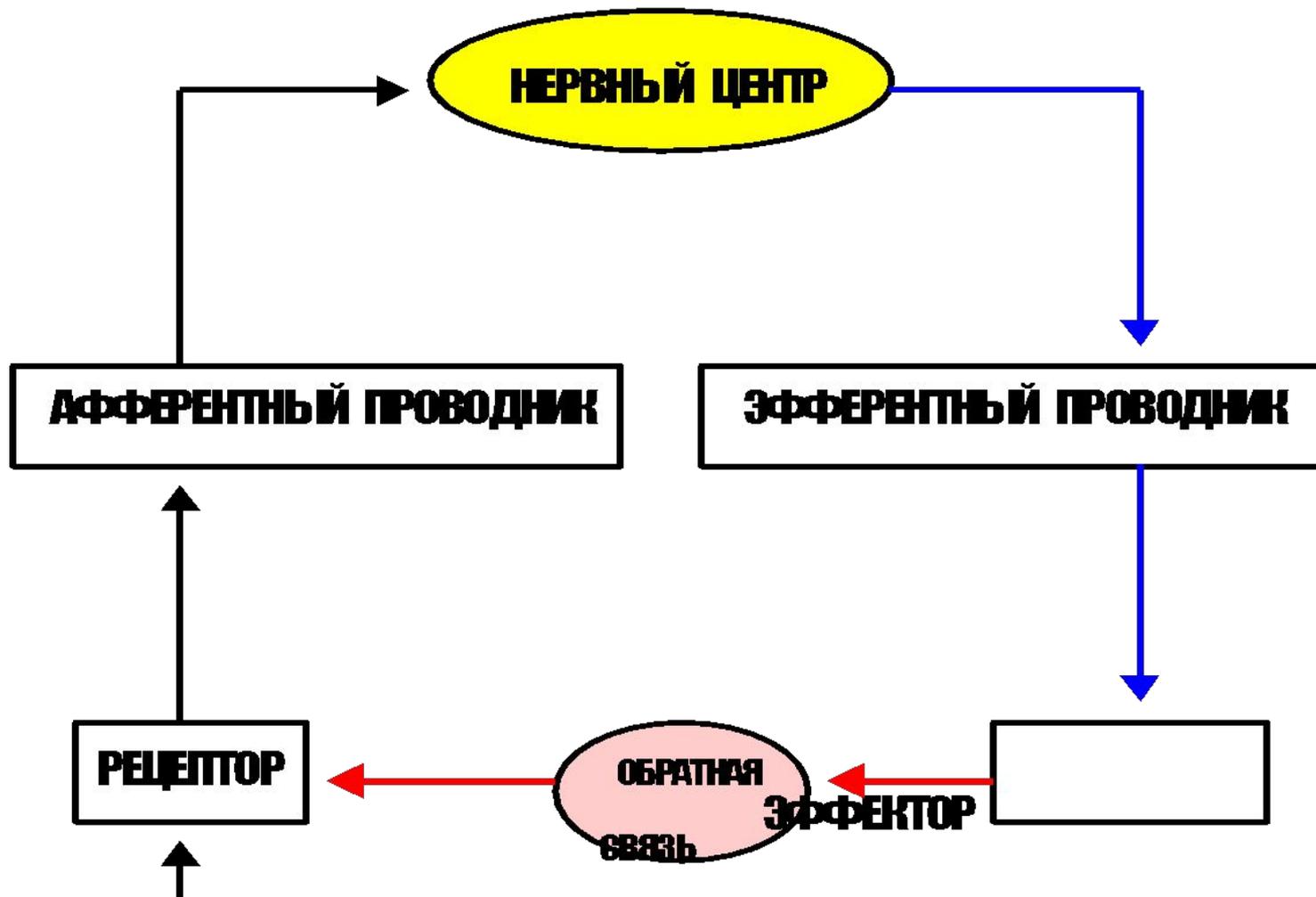
# Классификация синапсов

- 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.**

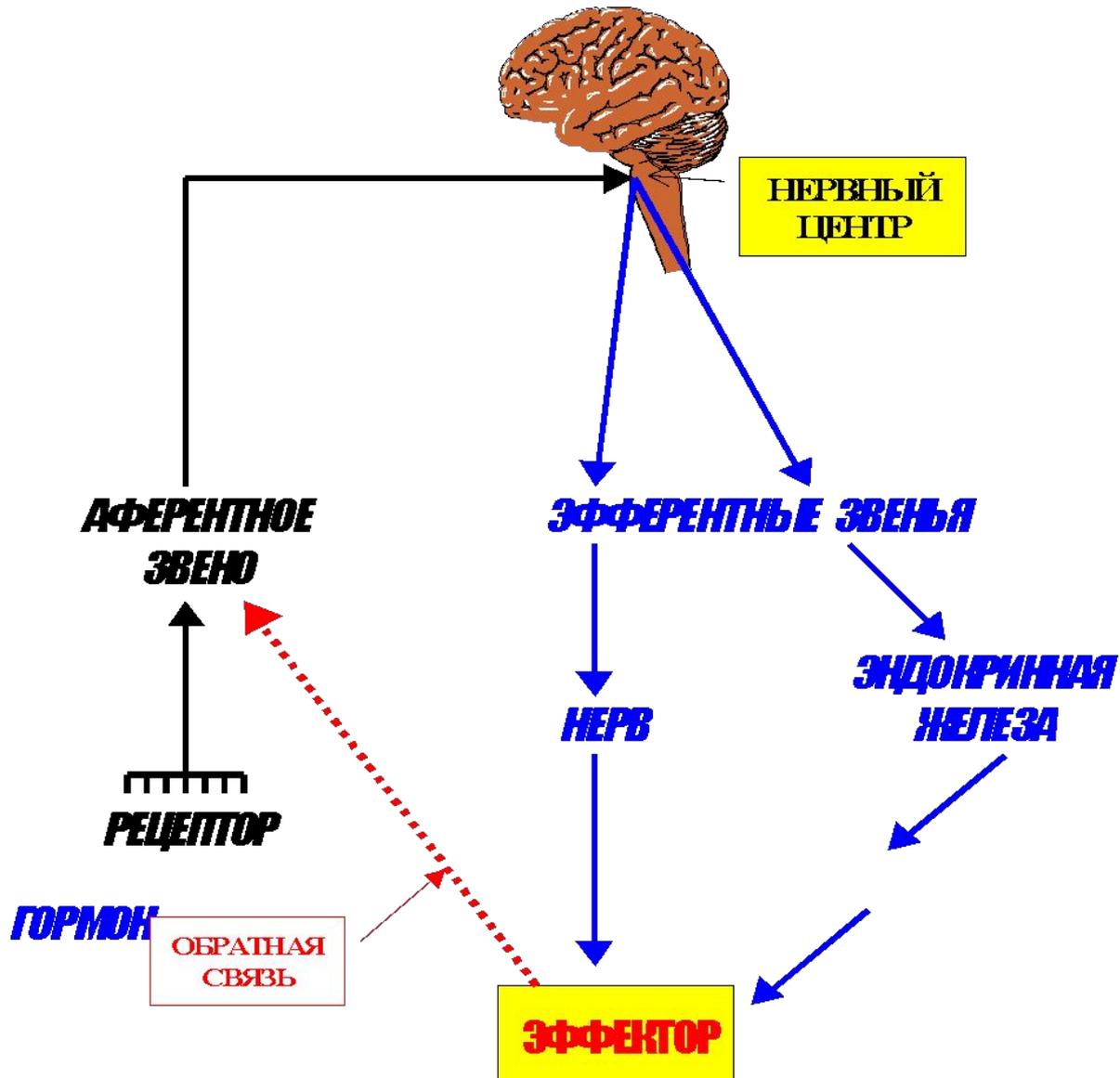
# Рефлекторная дуга

- 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**.

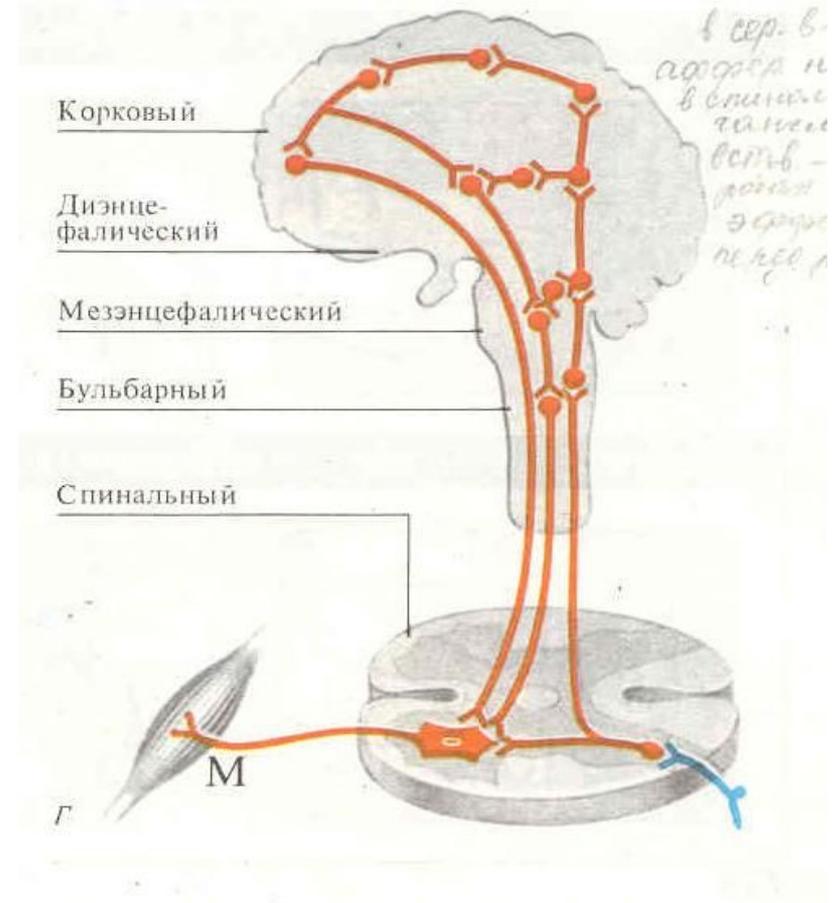
# РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА И РЕФЛЕКТОРНОЕ КОЛЬЦО



# ЗВЕНЬЯ РЕФЛЕКТОРНОЙ РЕГУЛЯЦИИ



# Простая и сложные рефлекторные дуги



# 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!**