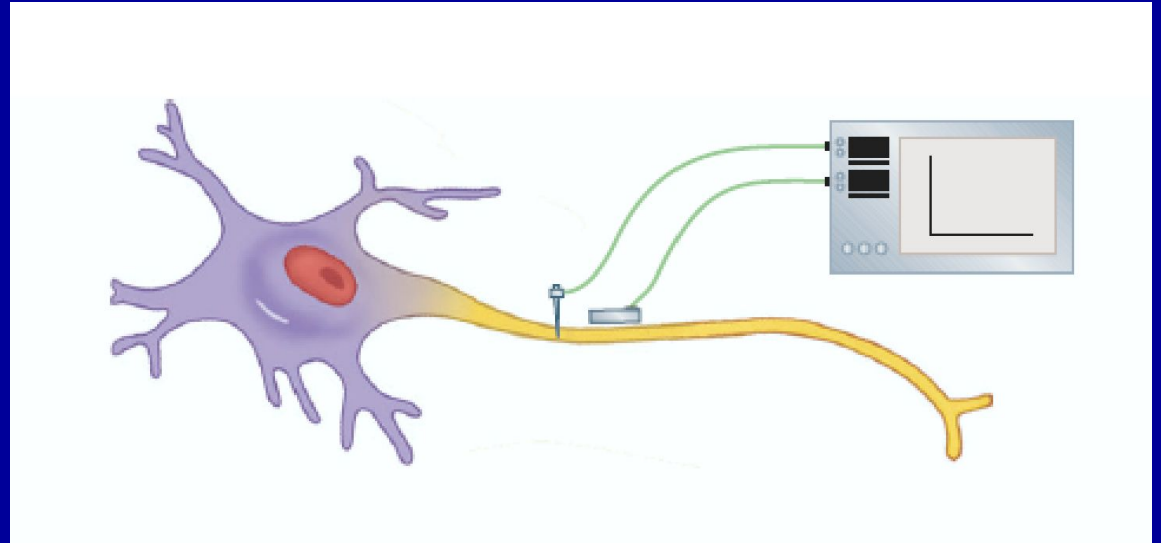


Лекция 1



Введение в курс нейрофизиологии. Возбудимые ткани.

1. Бабенко, В.В. Центральная нервная система: анатомия и физиология. - Таганрог: ЮФУ, 2016.

2. Шульговский В. В. Основы нейрофизиологии: М.: Аспект Пресс, 2005.

3. Дубинин В. А. Регуляторные системы организма человека. М.: Дрофа, 2003.

4. pubmed.com

I. Объект нейрофизиологии и ее методы

- **Физиология** (от греч. физис – природа и логос – учение) – наука о природе, о существе жизненных процессов.
- **Нейрофизиология** – раздел физиологии, изучающий функции нервной системы и её основных структурных единиц – нейронов.
- **Объект** – системы управления организмом.

Основные методы нейрофизиологии:

- Наблюдение. Метод наиболее ранний, его использовали еще во времена античности (Гиппократ), но недостаточно точный. Начиная с работ XIX века дополнен различными видами регистрации.
- Эксперимент острый (Клавдий Гален) и хронический (И.П. Павлов).
- Моделирование.

Доктор О. Кочухова (психологический факультет
университета г. Упсала, Швеция) демонстрирует стенд
для наблюдений за действиями ребенка

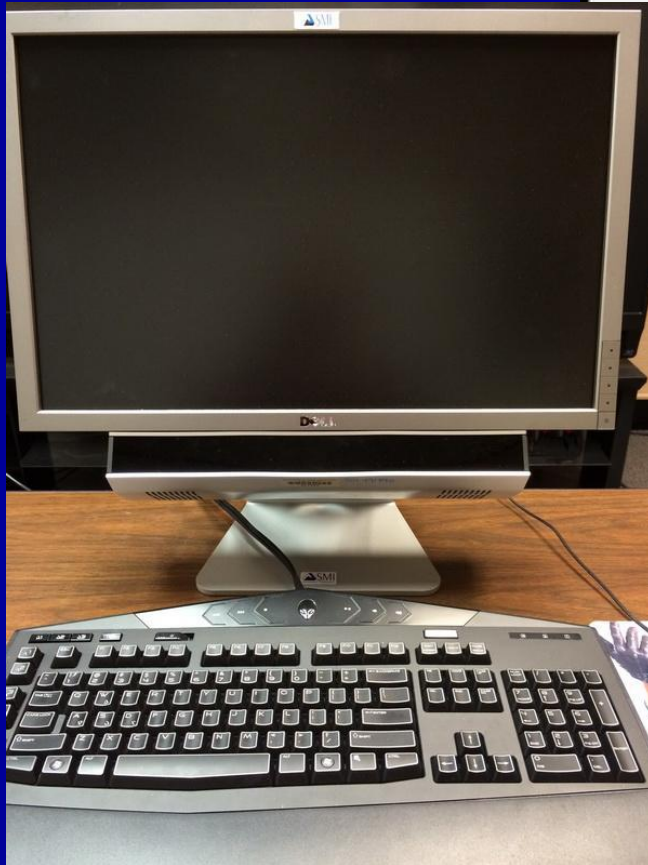
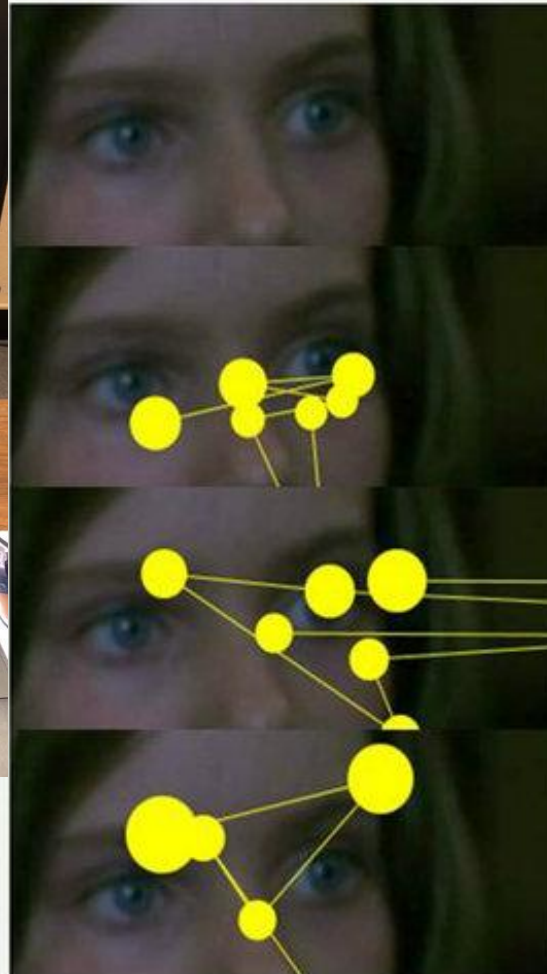


Наблюдение за движениями глаз (айтрекинг)

Gaze abnormalities in ASD

Typically developing children

Children with ASD



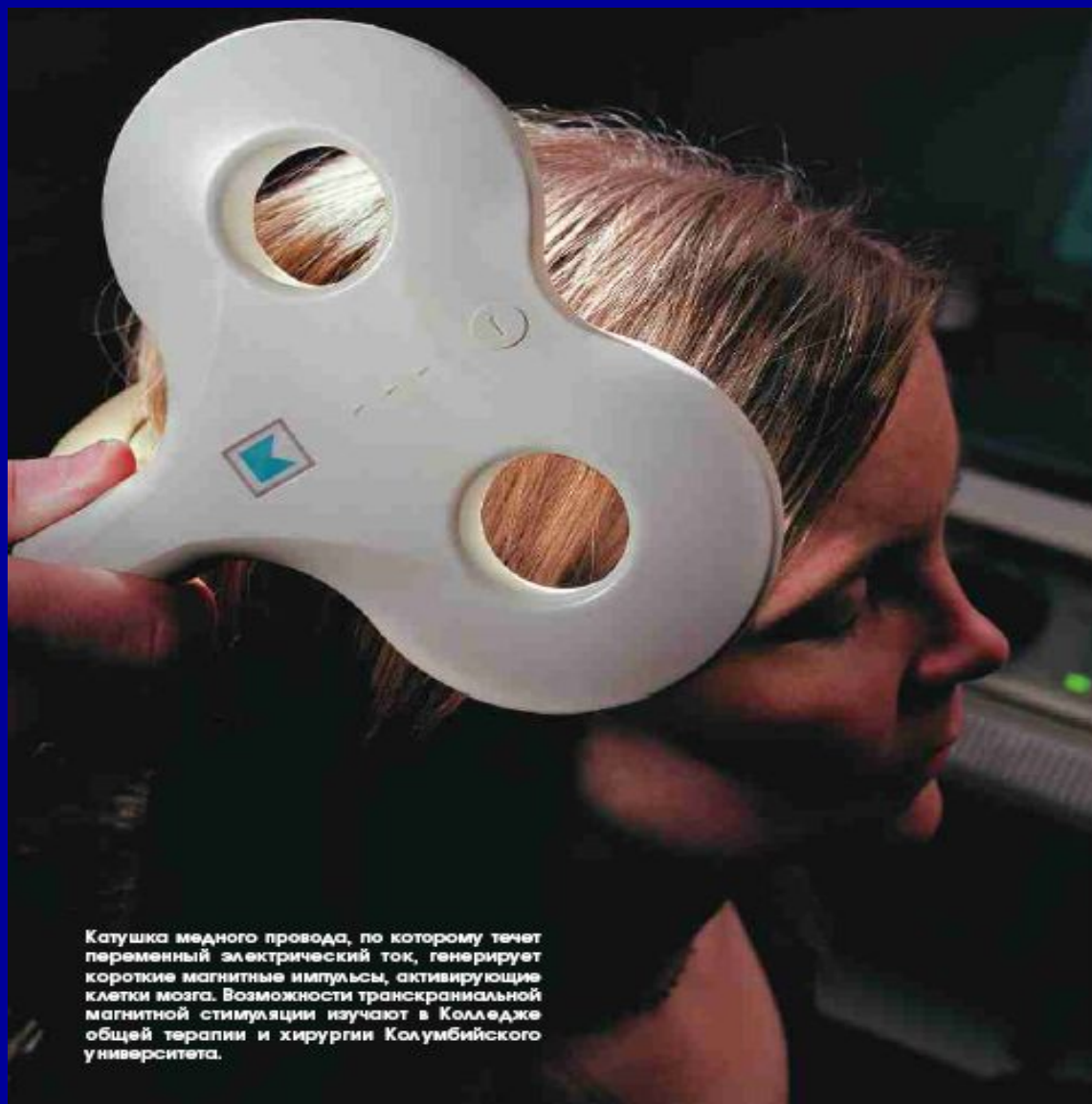
В основе методов лежат конкретные методики:

- Регистрация биопотенциалов.
- Электростимуляция.
- Визуализация (томография).

УСТРОЙСТВА СТИМУЛЯЦИИ МОЗГА (СТИМОСИВЕРЫ)



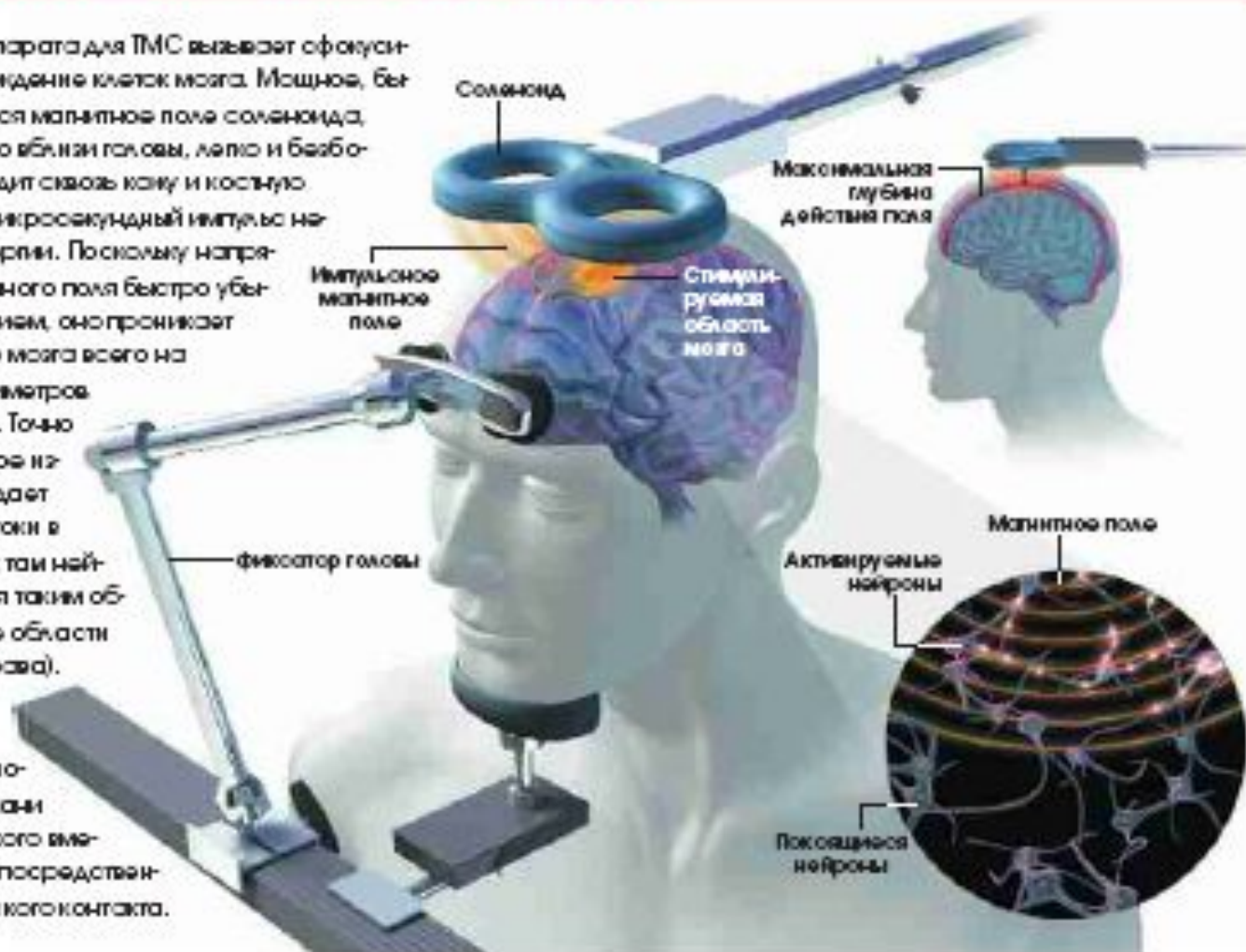
МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ МОЗГА



Катушка медного провода, по которому течет переменный электрический ток, генерирует короткие магнитные импульсы, активирующие клетки мозга. Возможности транскраниальной магнитной стимуляции изучают в Колледже общей терапии и хирургии Колумбийского университета.

ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ

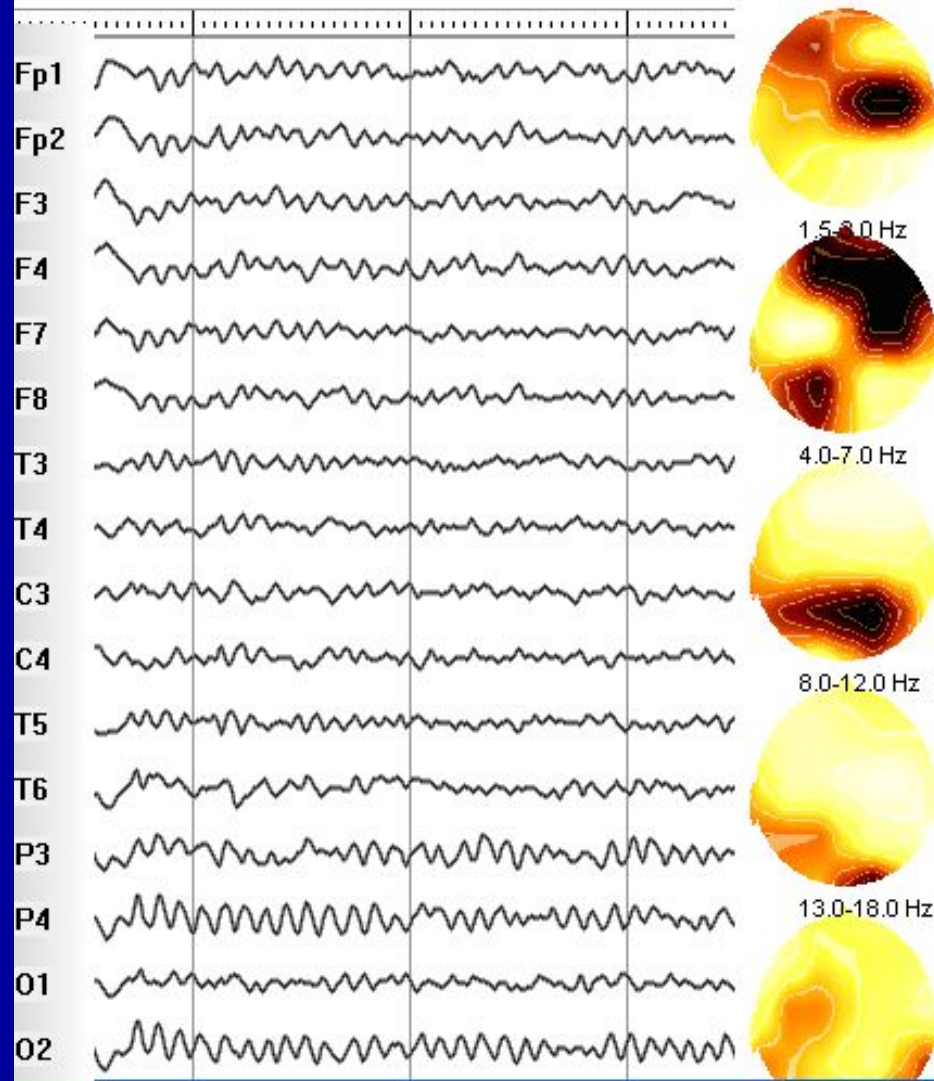
Воздействие аппарата для ТМС вызывает сфокусированное возбуждение клеток мозга. Мощное, быстро меняющееся магнитное поле соленоида, расположенного вблизи головы, легко и безболезненно проходит сквозь кожу и костную ткань. Каждый микросекундный импульс несет немного энергии. Поскольку напряженность магнитного поля быстро убывает с расстоянием, оно проникает в кору головного мозга всего на несколько сантиметров (вверху справа). Точно сфокусированное излучение возбуждает электрические токи в расположенных там нейронах, активируя таким образом заданные области мозга (внизу справа). Главное достоинство ТМС состоит в том, что поле попадает в ткани без хирургического вмешательства и непосредственного электрического контакта.



ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФ ФИРМЫ «ТРЕДЕКС»



ЭЭГ-покоя, 16-канальная регистрация





Регистрация ЭЭГ у ребенка 10 месяцев

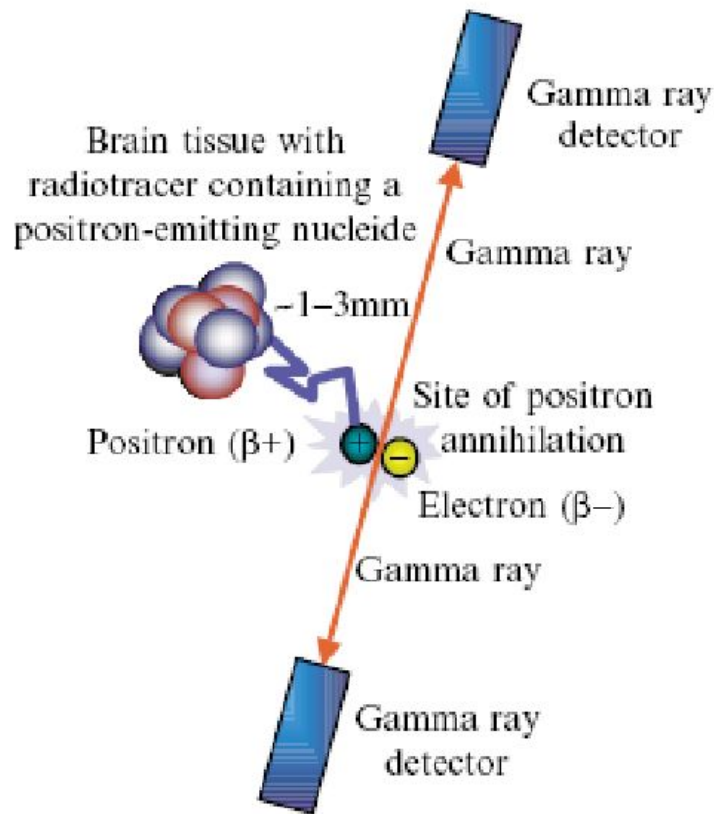


Регистрация ЭЭГ у ребенка 18 месяцев при
решении задачи: сложить кубики в чашку
(лаборатория психофизиологии ТНУ)

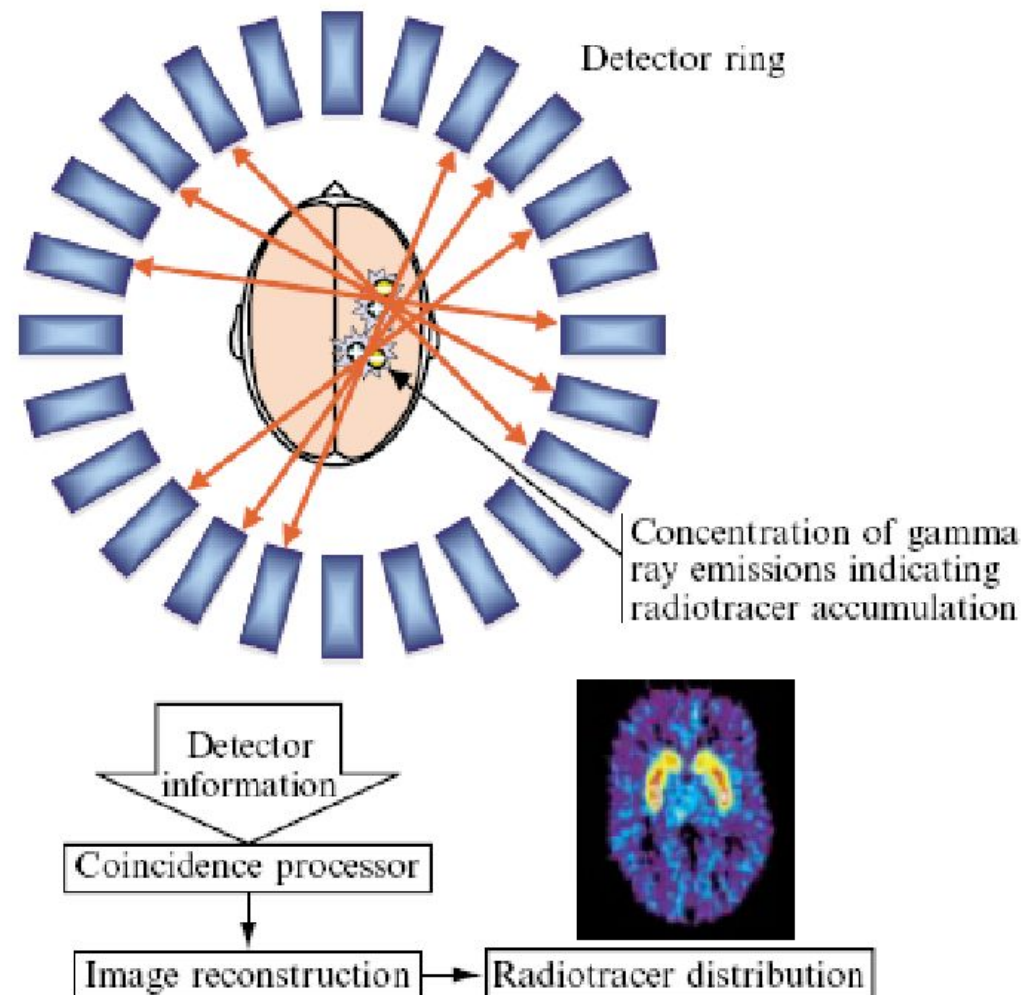


Принцип ПЭТ

A. Positron emission in the brain



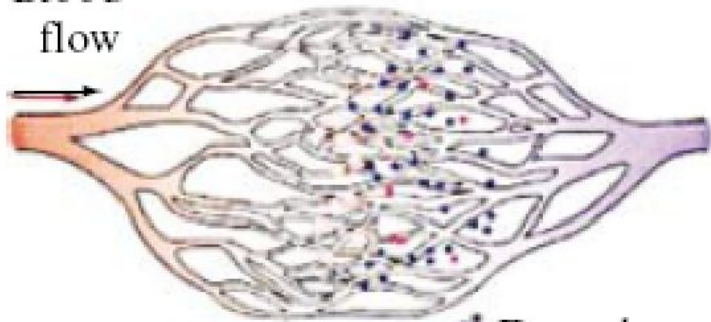
B. Positron camera, image generation



Принцип функциональной магниторезонансной томографии (фМРТ)

A. Brain tissue at rest

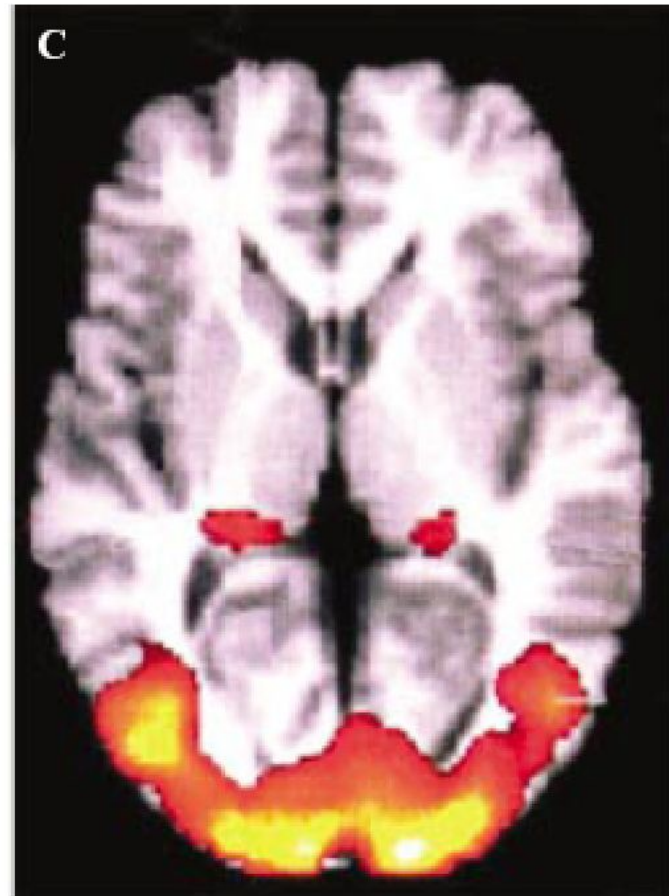
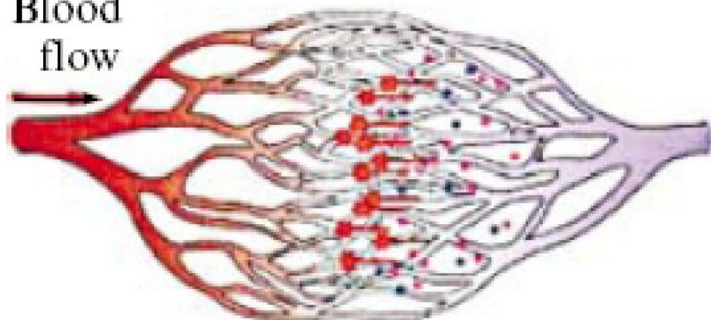
Blood flow



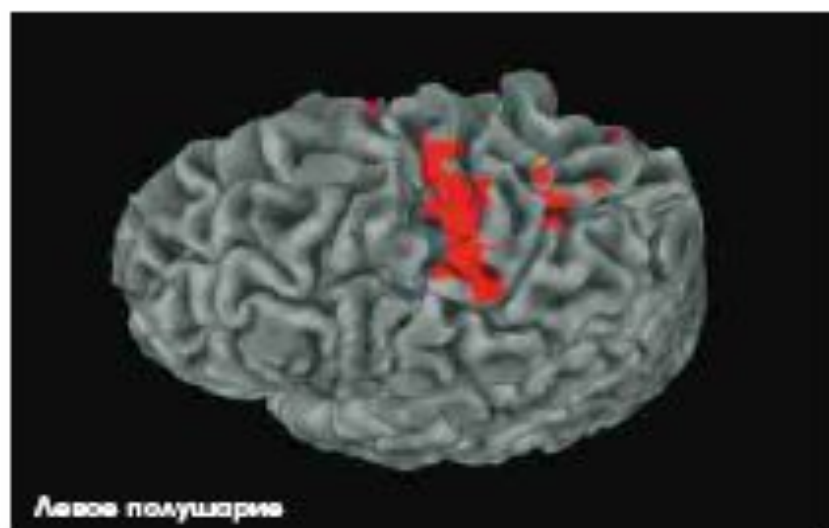
••• Deoxyhaemoglobin
••• Oxyhaemoglobin

B. Brain tissue during functional activation

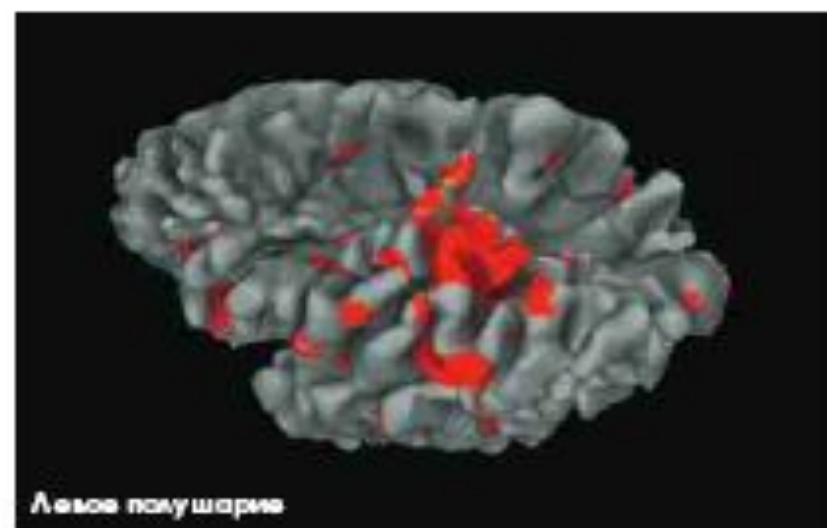
Blood flow



КОНТРОЛЬНЫЙ ИСПЫТУЕМЫЙ



БОЛЬНОЙ ИНСУЛЬТОМ



На этих фМРТ томограммах двух полушарий контрольного испытуемого (слева) и больного инсультом (справа) можно увидеть активные области мозга (показаны красным и желтым). Когда контрольный испытуемый раскрывает и сжимает правую руку, изображение левой моторной коры начинает светиться. После периода реабилитации больной инсультом с тяжелым поражением полушария для выполнения того же действия пользуется многочисленными областями коры как в правом, так и в левом полушариях. Мозг изменил свою структуру, чтобы сделать возможным выполнение данного движения.



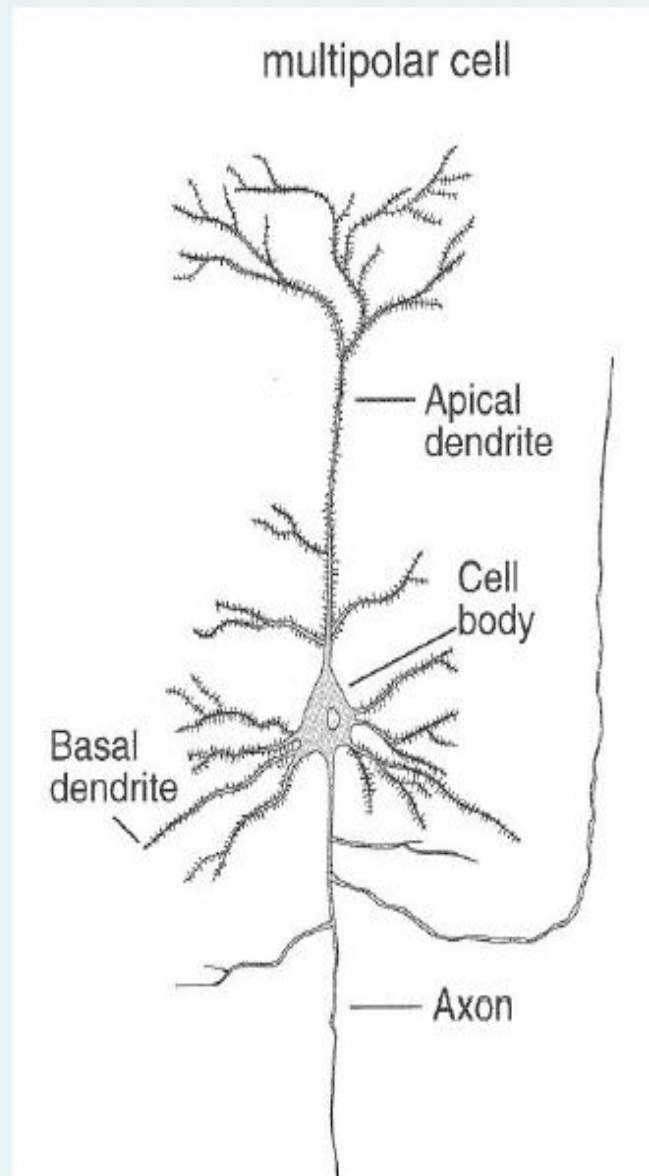
На графическом изображении среза мозга цветом выделены два участка, активность которых повышается, когда человек отрицает, что на руках у него «пять треф».

**II. Возбудимость.
Электроуправляемые
каналы**

- Основным свойством всех живых клеток является раздражимость, т. е. способность реагировать изменением обмена веществ в ответ на действие раздражителей.
- Нервные, мышечные и некоторые секреторные клетки обладают также возбудимостью.

- Возбудимость – свойство клеток отвечать на раздражение активацией специфической функции (проведение сигнала нервной тканью, сокращение мышцы, секреция железы).
- Электрические явления, которые возникают в возбудимых тканях (нейронах), обусловлены свойствами клеточных мембран.

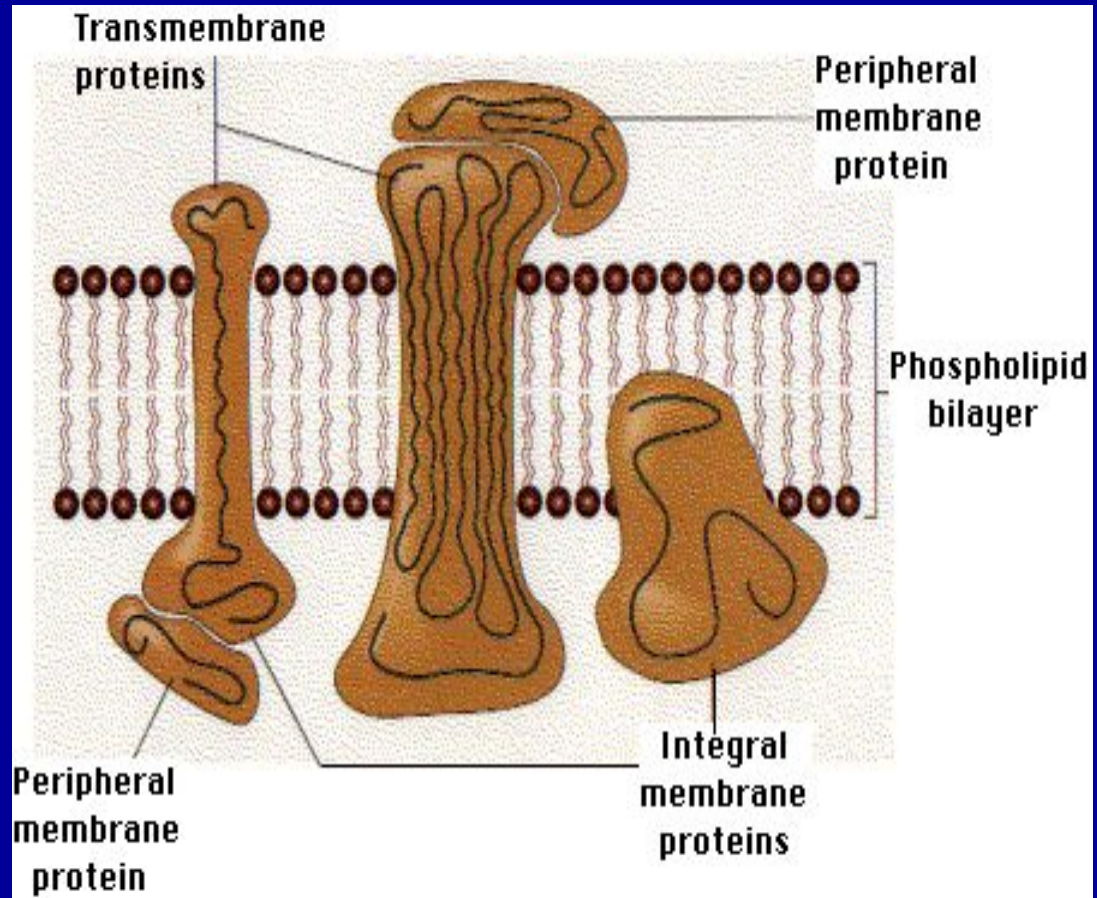
Нейрон



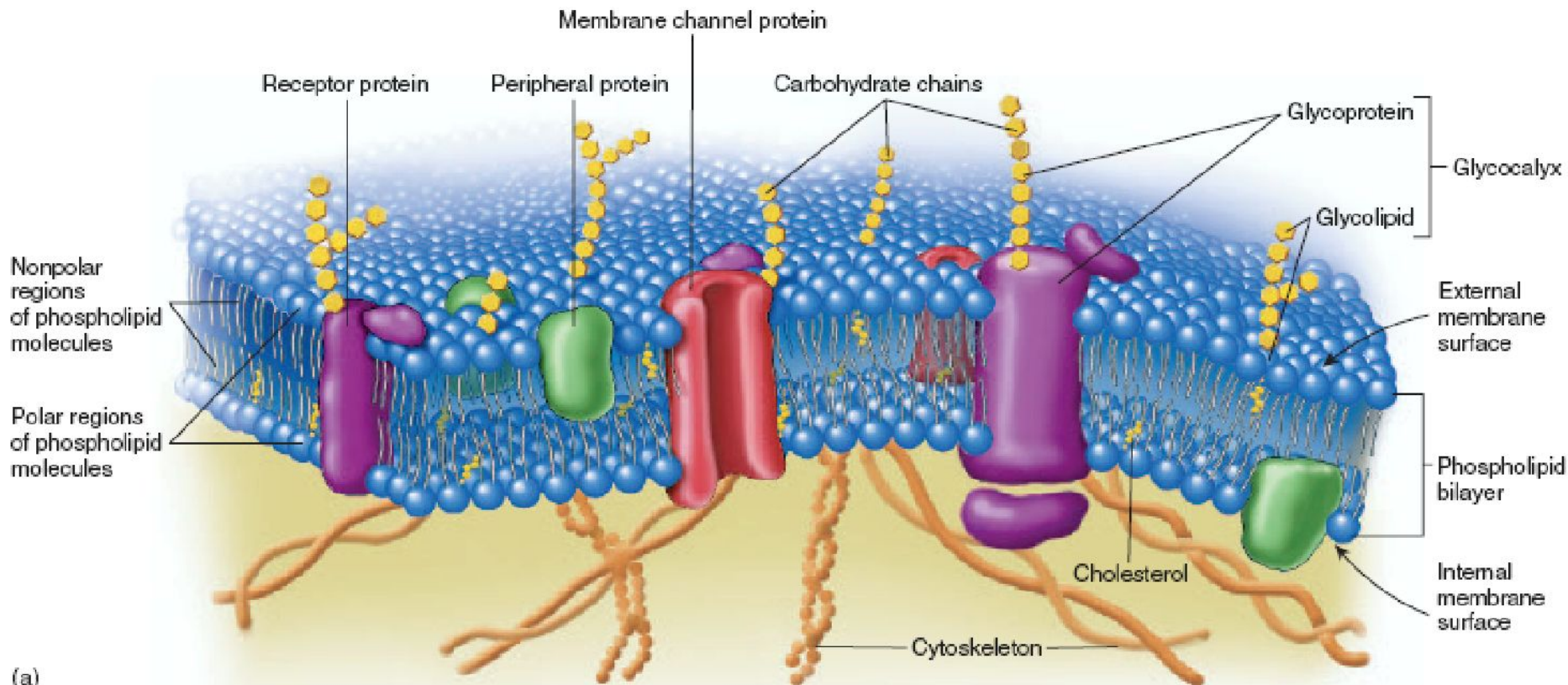
- **Сома, или тело**, диаметр сомы достигает 100 мкм и более, у самых мелких - около 5 мкм.
- **Дендриты** - цитоплазматические выросты увеличивающие пространственную локализацию нейрона. На них расположены синапсы с другими нейронами. Некоторые нейроны имеют на дендритах специализированные выросты – **шипики**, являющиеся специализированной постсинаптической частью глутаматных синапсов.
- **Аксон** - удлинённый вырост цитоплазмы, структурно и функционально приспособленный для проведения потенциалов действия. У позвоночных животных он может иметь миелиновую оболочку.
- **Аксональный холмик** – начальный участок аксона, имеющий высокую вероятность генерация потенциала действия
- **Аксональные расширения** – пресинаптические терминалы

ЖИДКОСТНО-МОЗАИЧНАЯ МОДЕЛЬ МЕМБРАНЫ

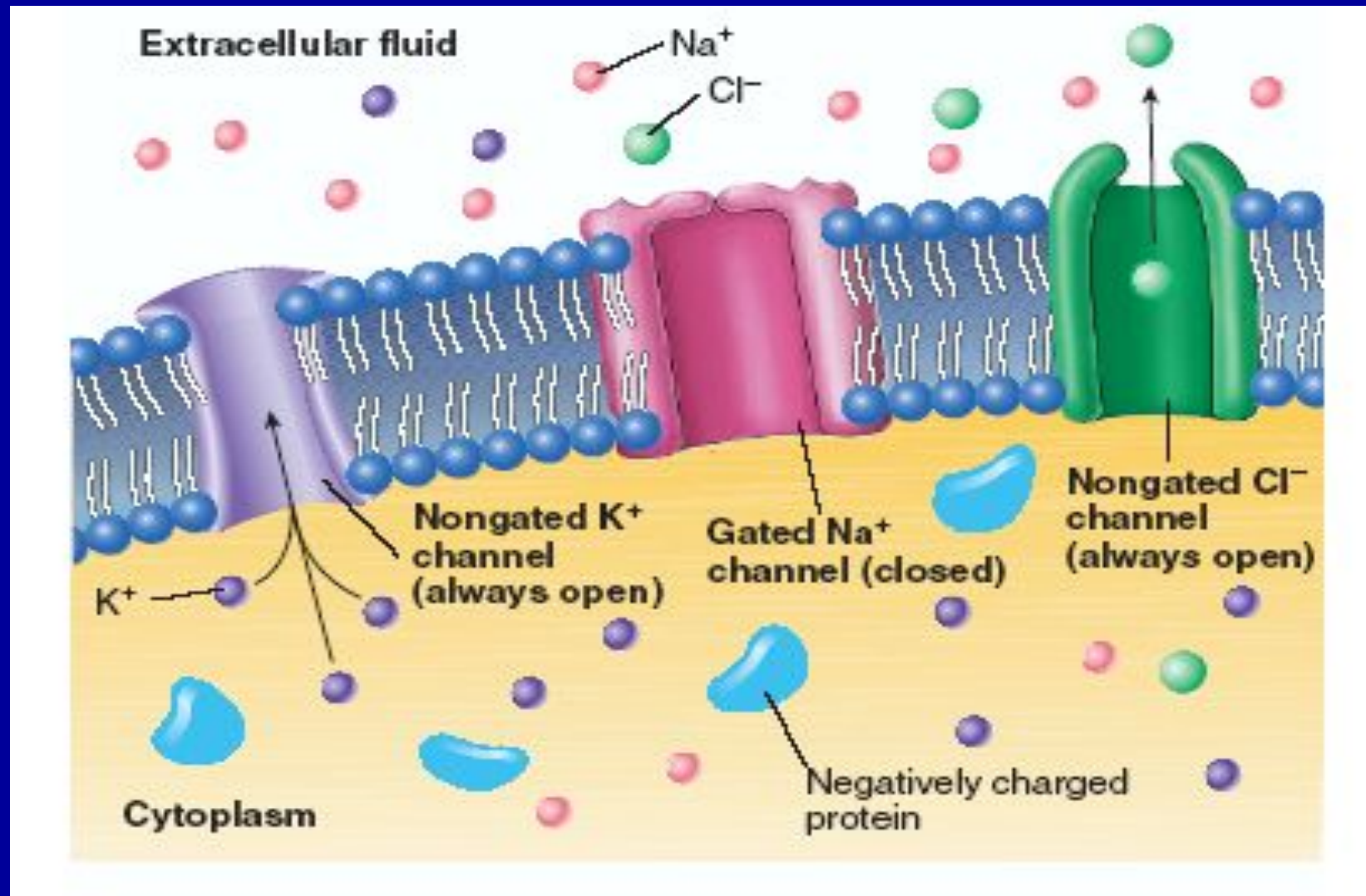
Мембрана состоит из
двойного слоя
фосфолипидов (6-12 нм)
и молекул белка

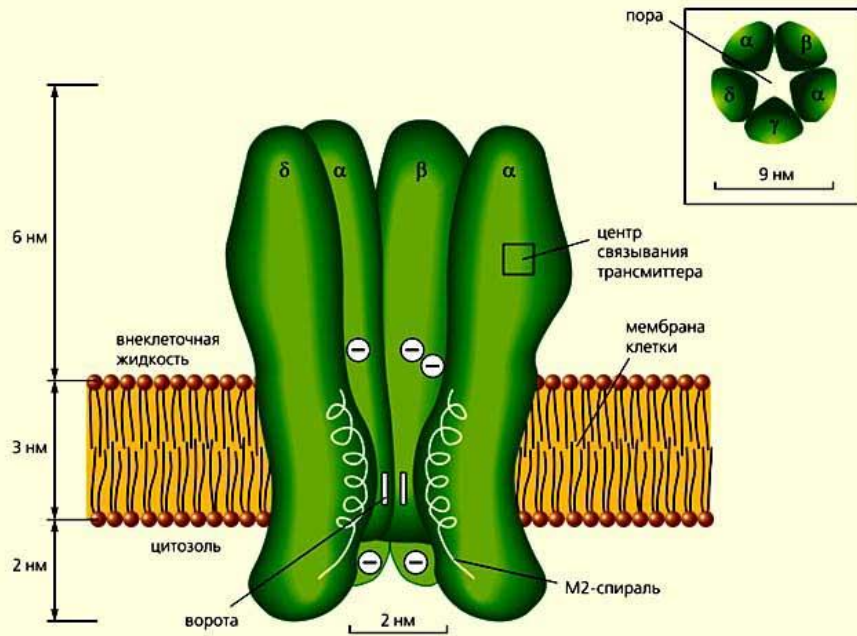


Общий вид клеточной мембраны нейрона

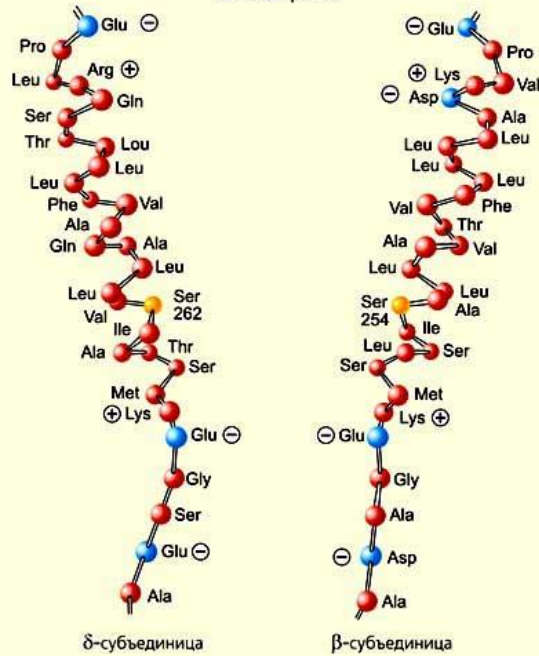


- Белки образуют ионные каналы в мембране нейрона

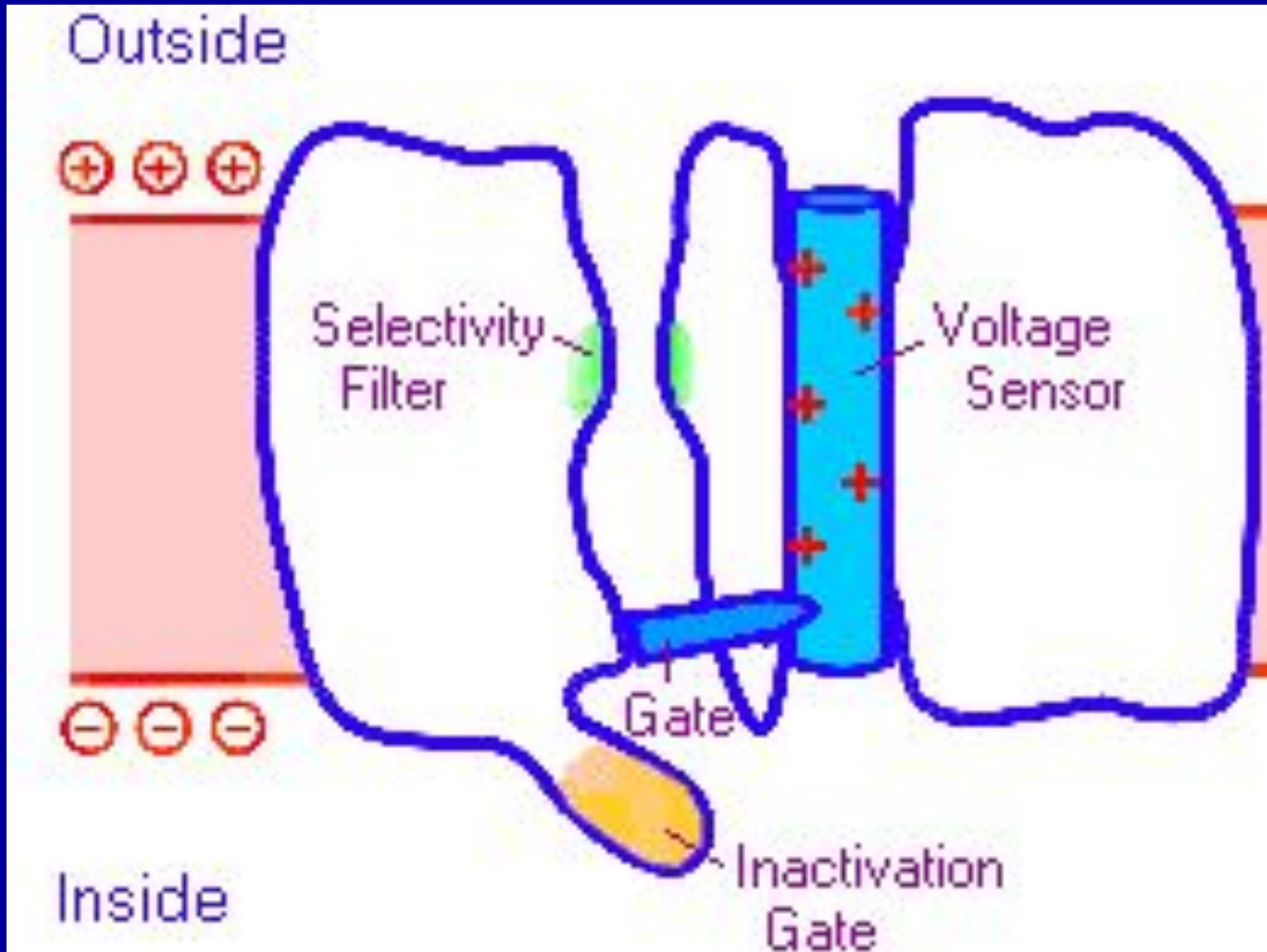




последовательность аминокислотных остатков в M2-спиралях



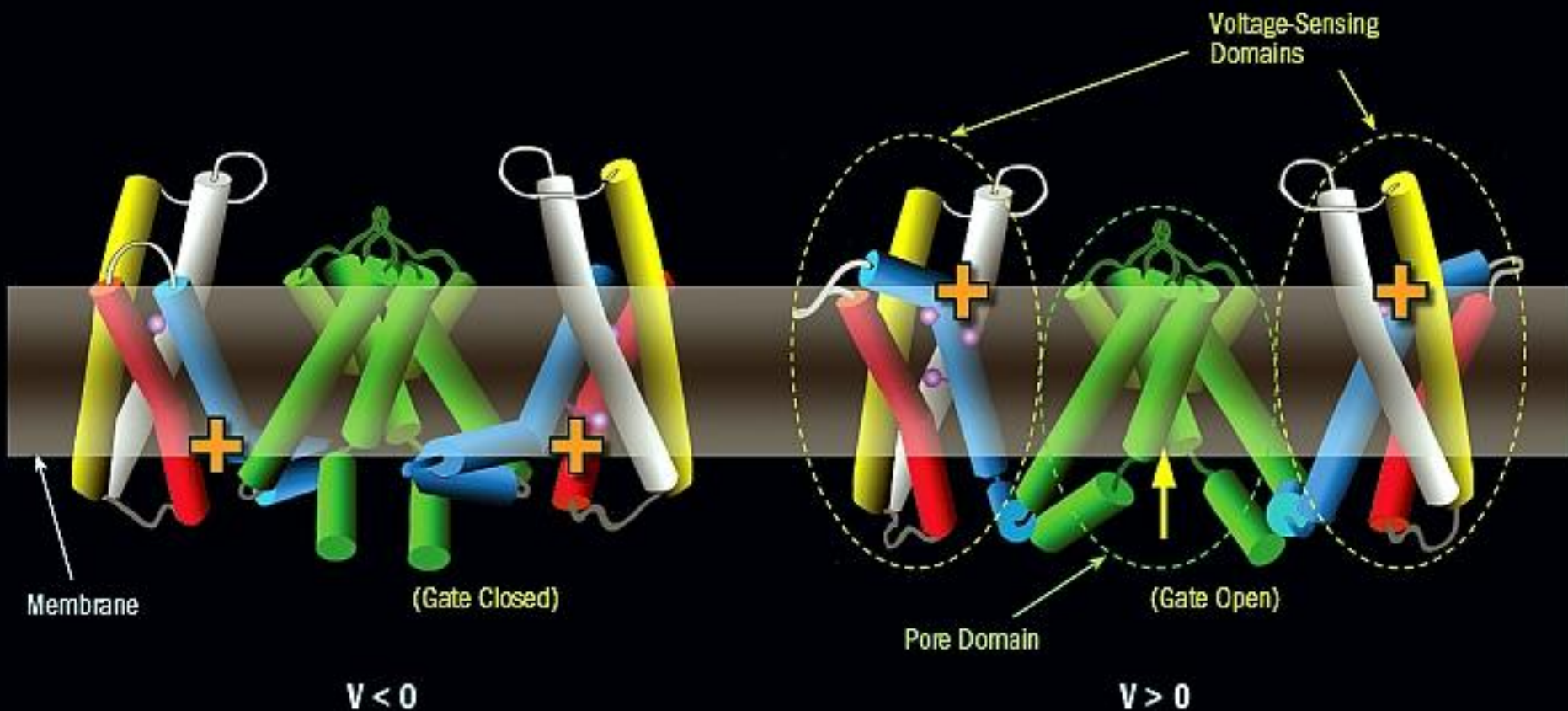
- Возбудимые клетки имеют электроуправляемые каналы



Изменение конформации ПОТЕНЦИАЛЗАВИСИМОГО ИОННОГО КАНАЛА

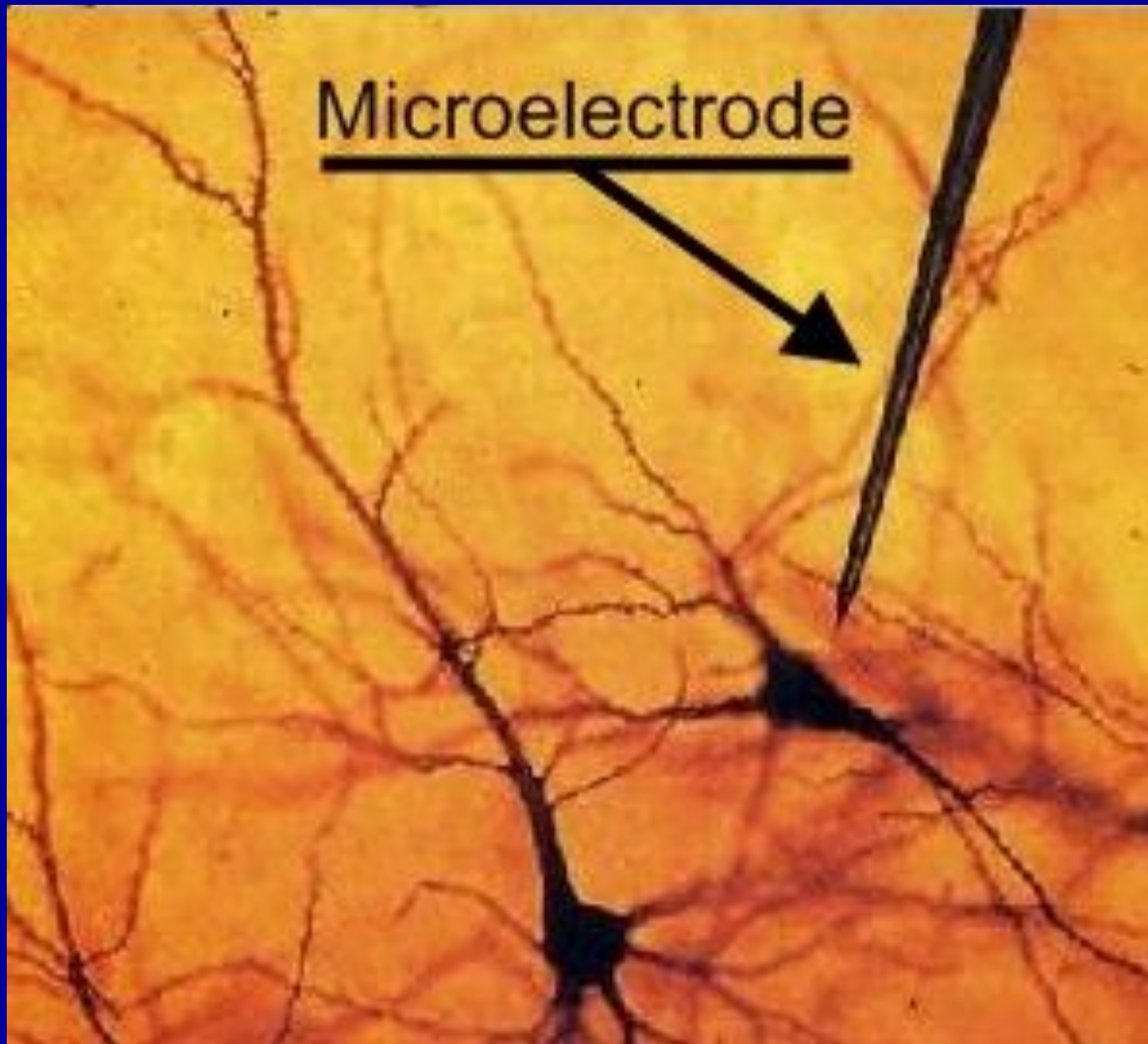
Closed State

Open State

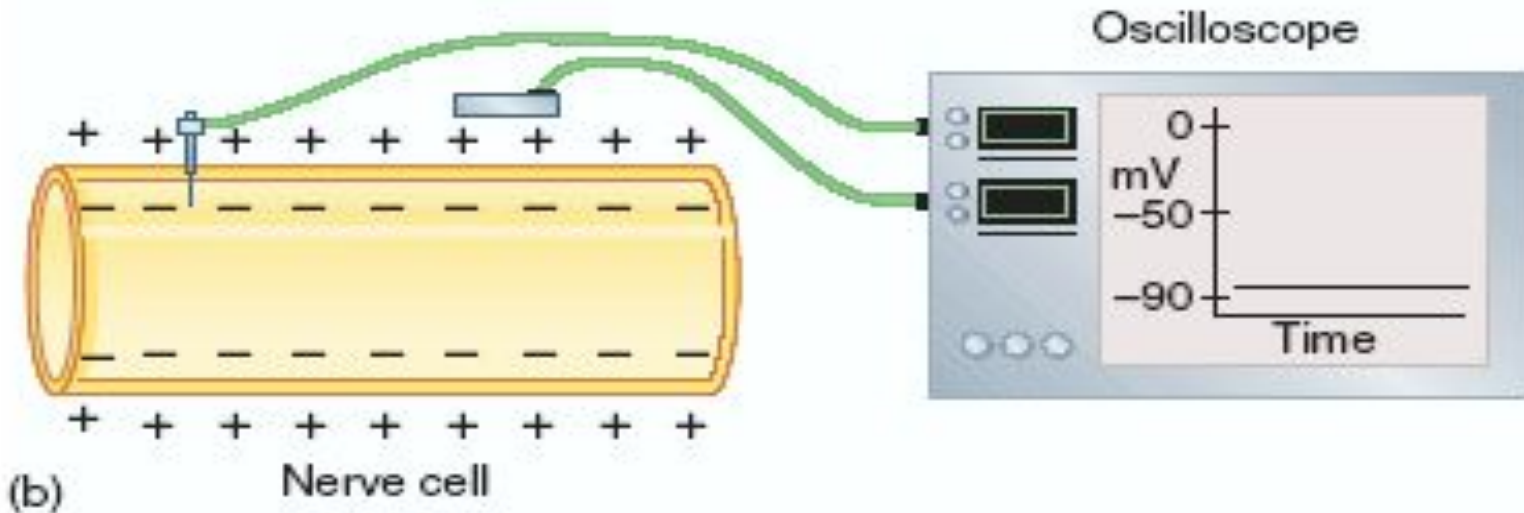
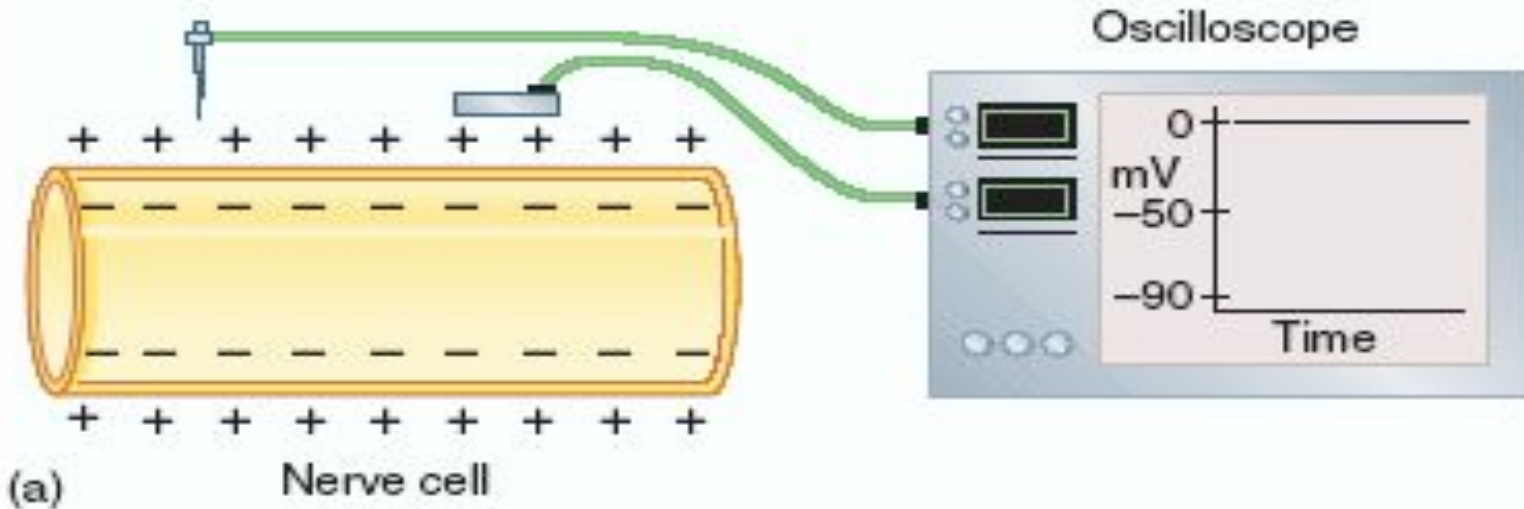


III. Мембранный потенциал покоя

Активность нейронов изучают микроэлектродами



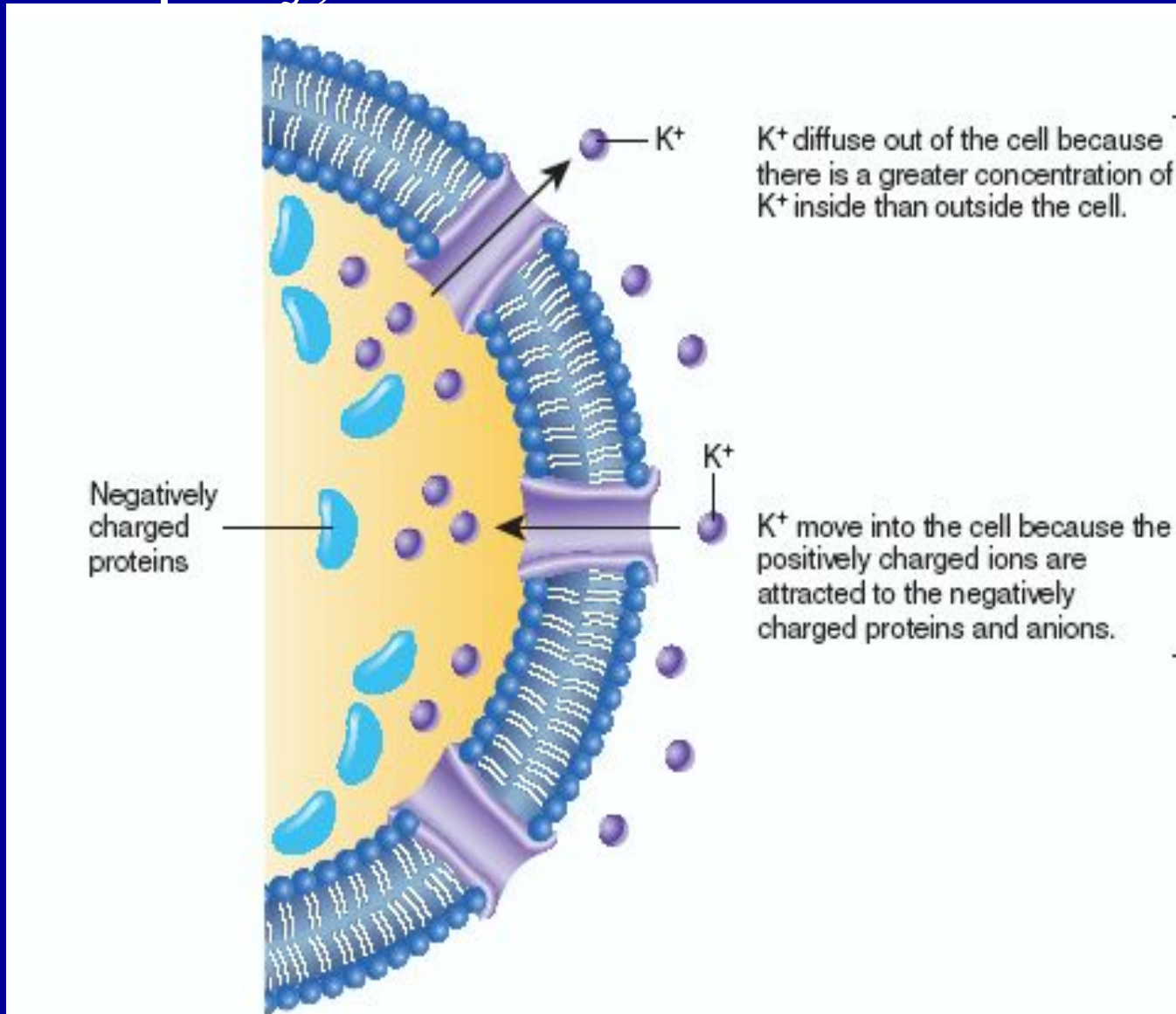
ИЗМЕРЕНИЕ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОКОЯ



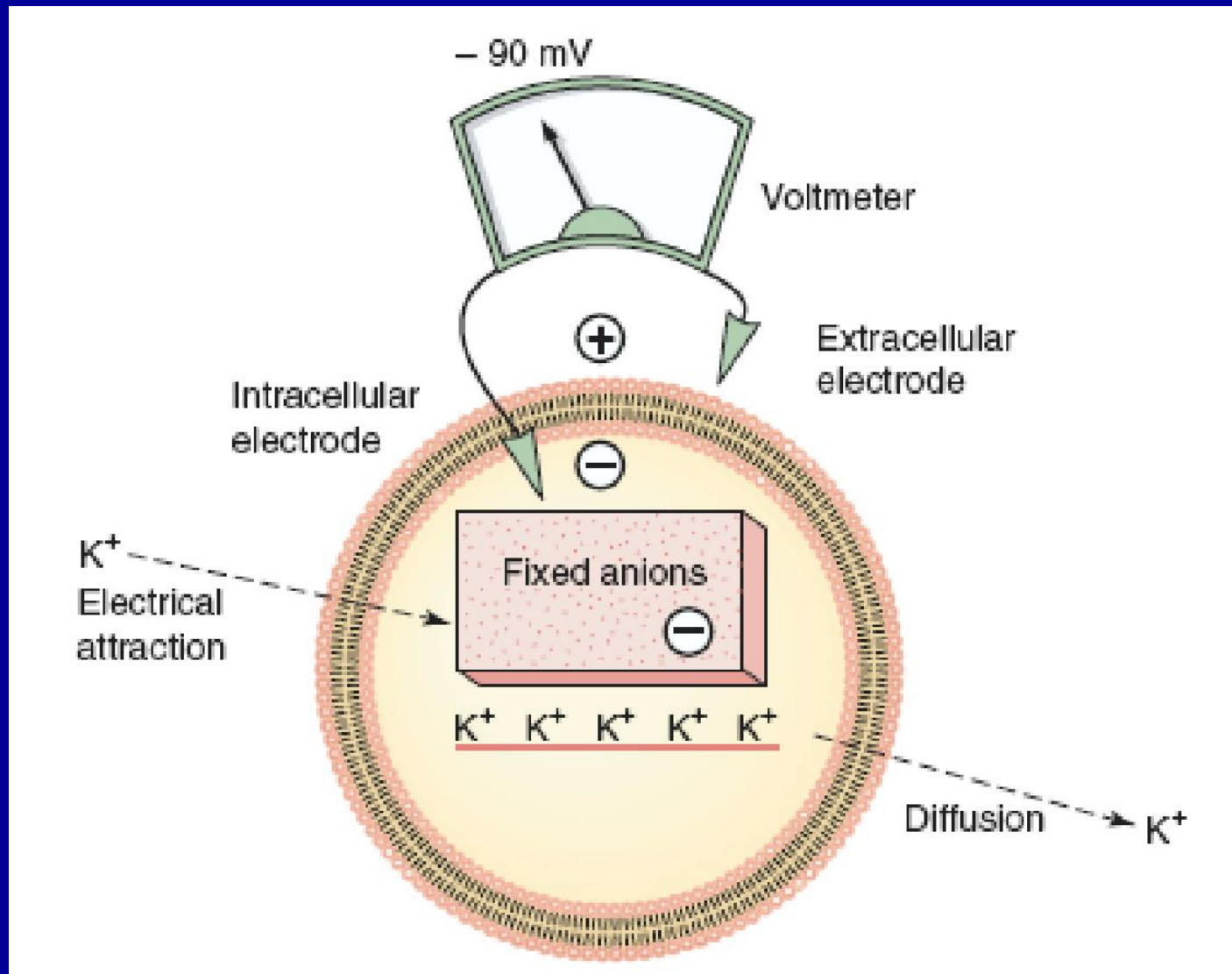
- В момент проникновения микроэлектрода внутрь клетки регистрируют отрицательный заряд — мембранный потенциал покоя (МПП).
- Величина МПП у разных клеток от -70 до -95 мВ.

- Потенциал покоя обеспечивается:
 1. Асимметричным распределением ионов; внутри клетки много отрицательно заряженных ионов белка, меньше положительных ионов калия, почти нет – ионов натрия.

- Ионы калия легко проходят через мембрану, а ионы белка – нет



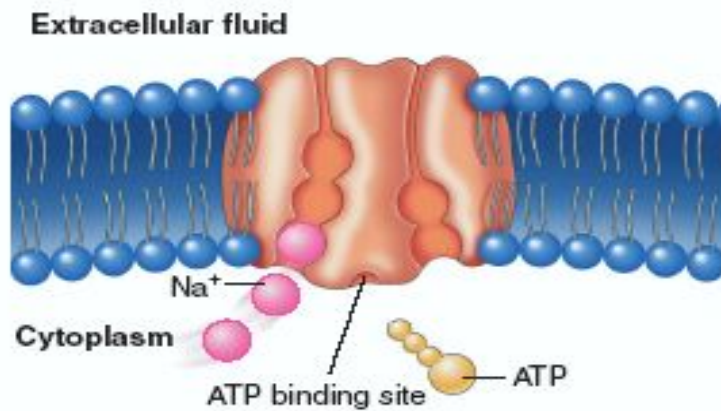
- Ионы белка создают отрицательный заряд внутри клетки



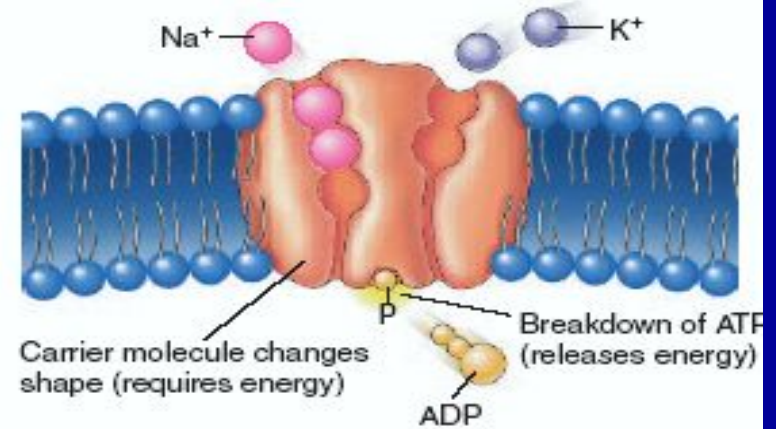
2. Работой натрий-калиевого насоса

- Натрий-калиевый насос – система переносчиков в мембране клетки, каждый из которых выводит 3 иона Na^+ наружу, а 2 иона K^+ переносит внутрь.
- Энергообеспечение – АТФ.
- Основное значение МПП – накопление потенциальной энергии в клетке.

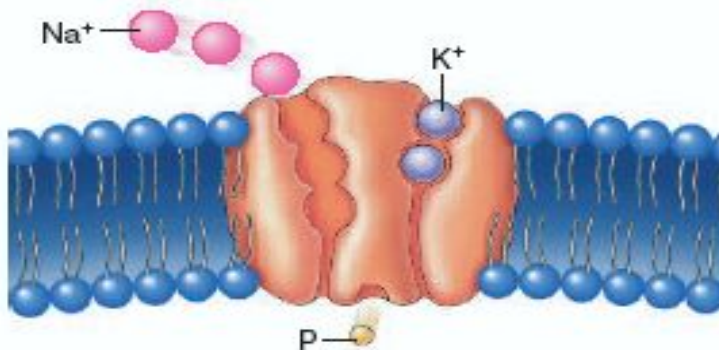
МЕХАНИЗМ НАТРИЙ-КАЛИЕВОГО НАСОСА



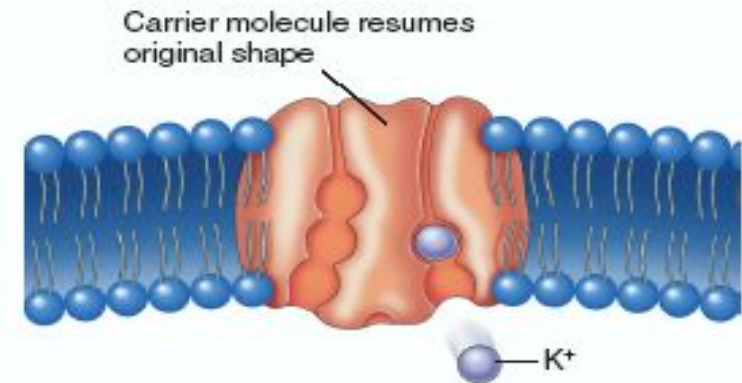
1. Three Na⁺ and ATP bind to the carrier molecule.



2. The ATP breaks down to ADP and phosphate and releases energy. The carrier molecule changes shape, and Na⁺ are transported across the membrane.



3. Na⁺ diffuse away from the carrier molecule, two K⁺ bind to the carrier molecule, and the phosphate is released.

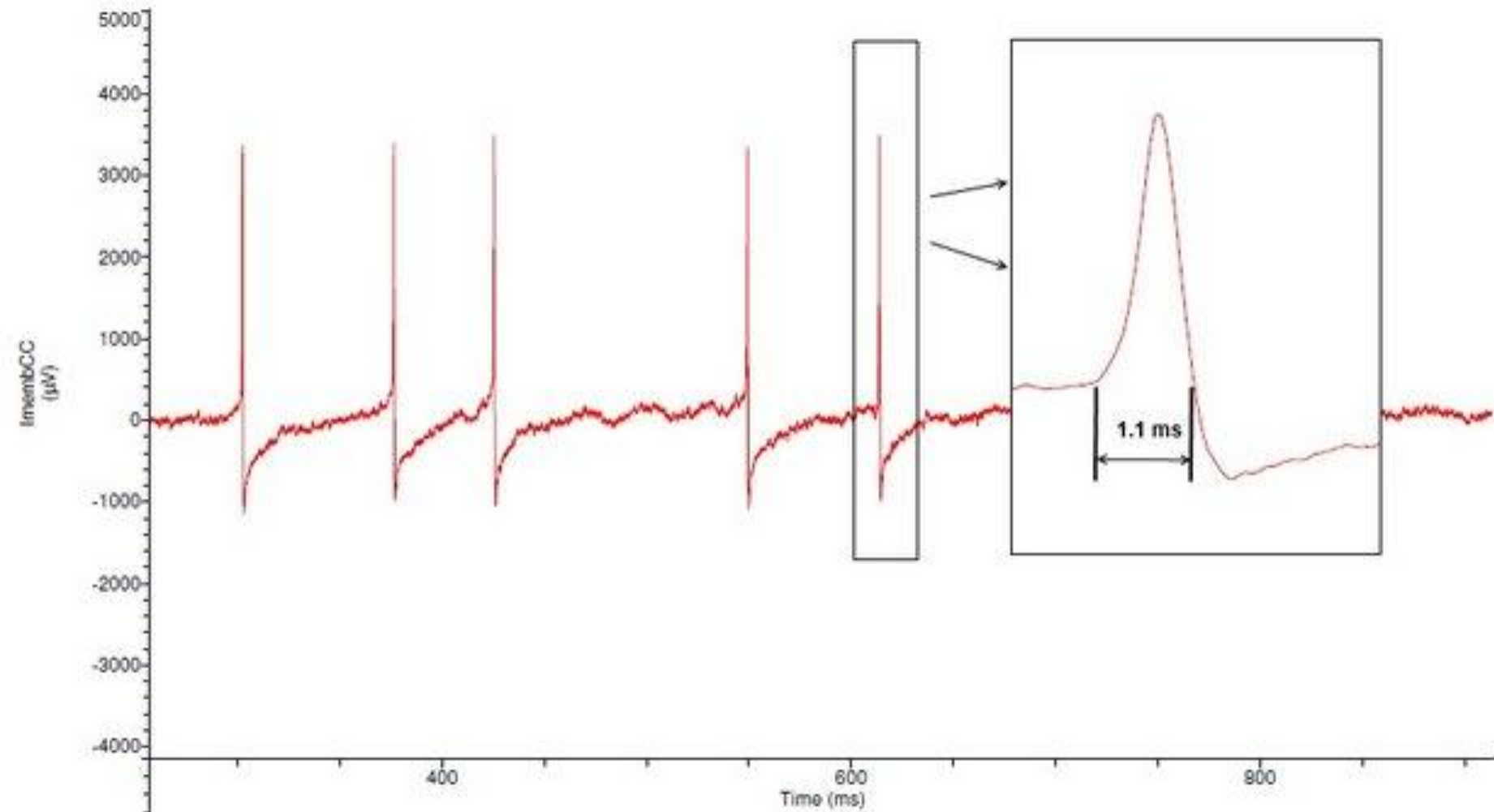


4. The carrier molecule resumes original shape, transporting K⁺ across the membrane, and K⁺ diffuse away from the carrier molecule. The carrier molecule can again bind to Na⁺ and ATP.

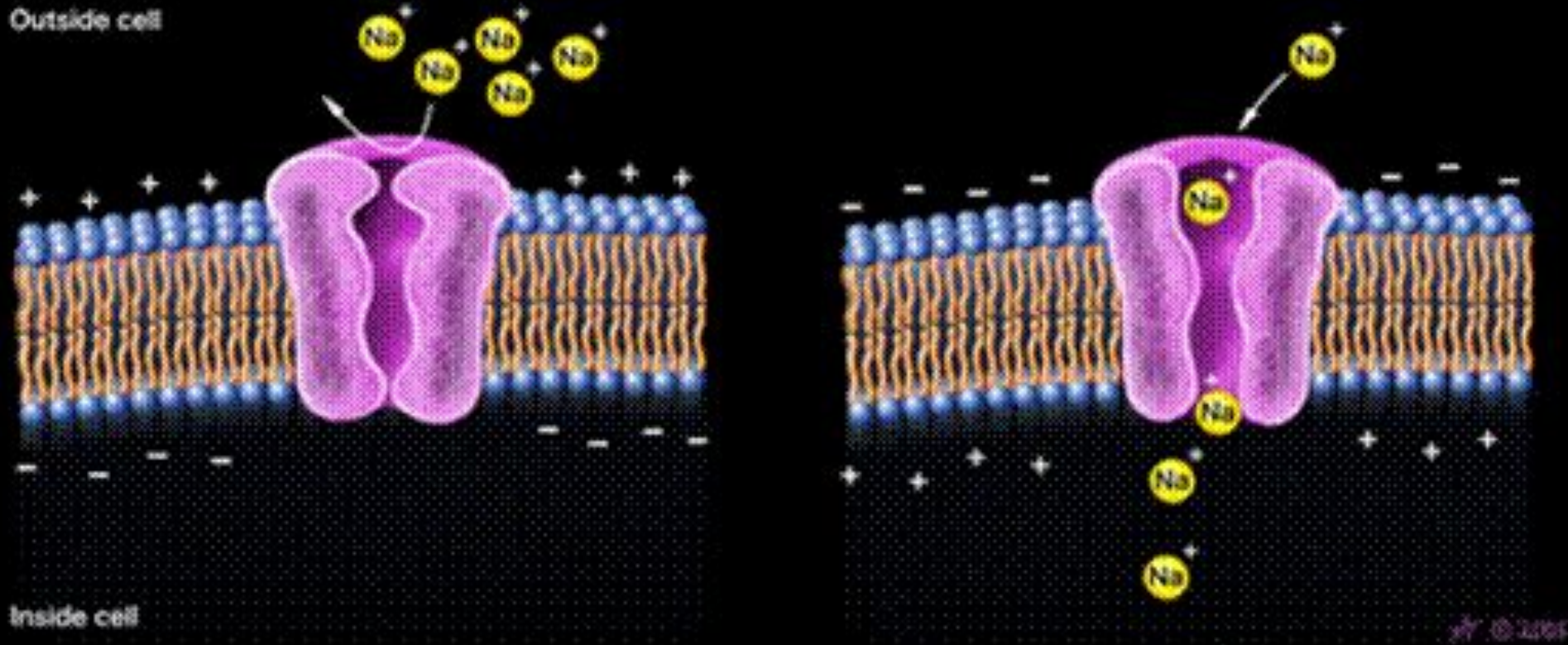
IV. Потенциал действия

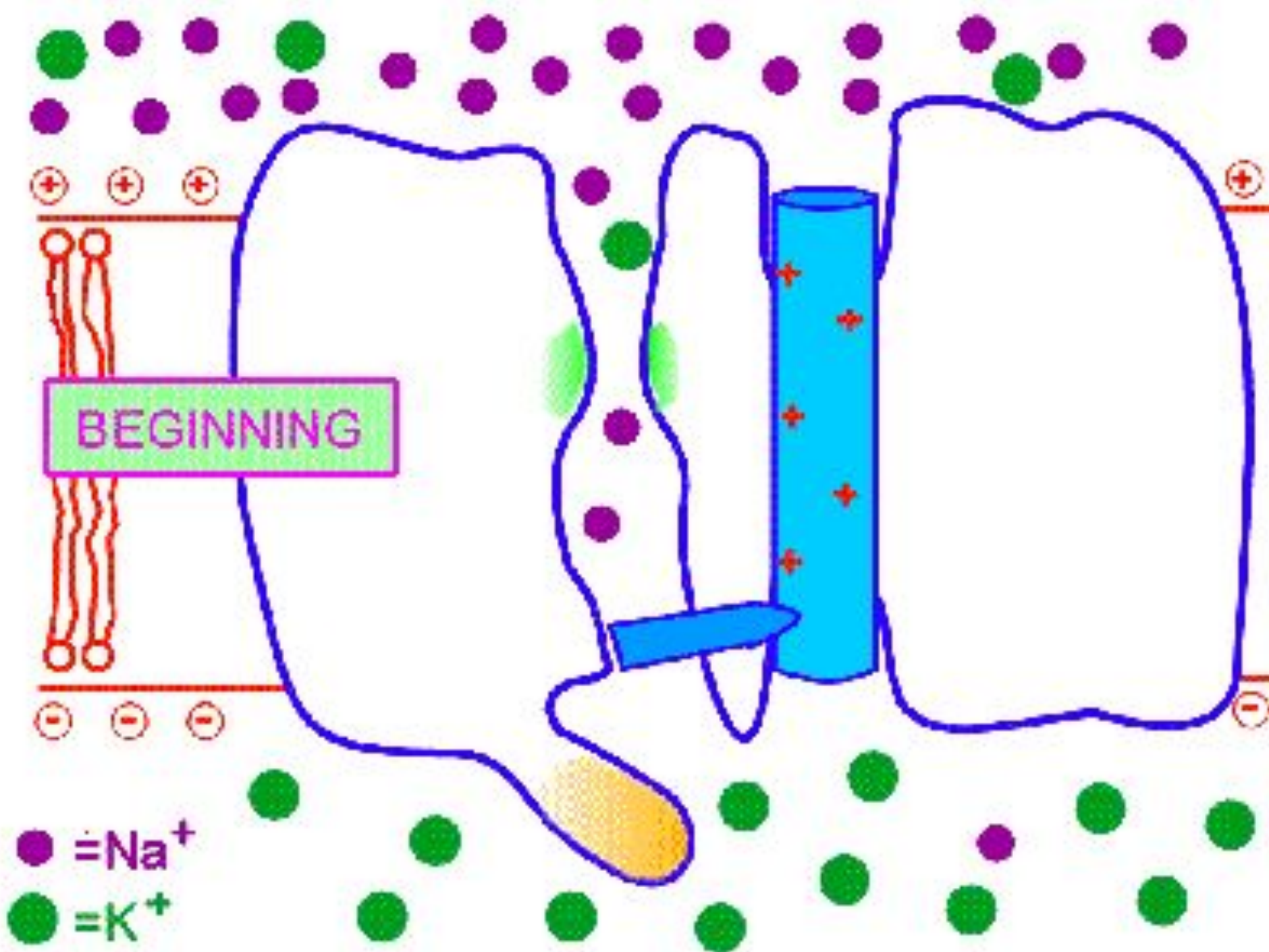
- Энергия МПП освобождается в виде электрических сигналов – потенциалов действия (ПД), характерных для возбудимых тканей.
- Потенциал действия – быстрое колебание потенциала покоя, сопровождающееся, как правило, перезарядкой мембраны.

ПД нейрона



- Ионный канал для Na^+ открывается под действием электрического поля

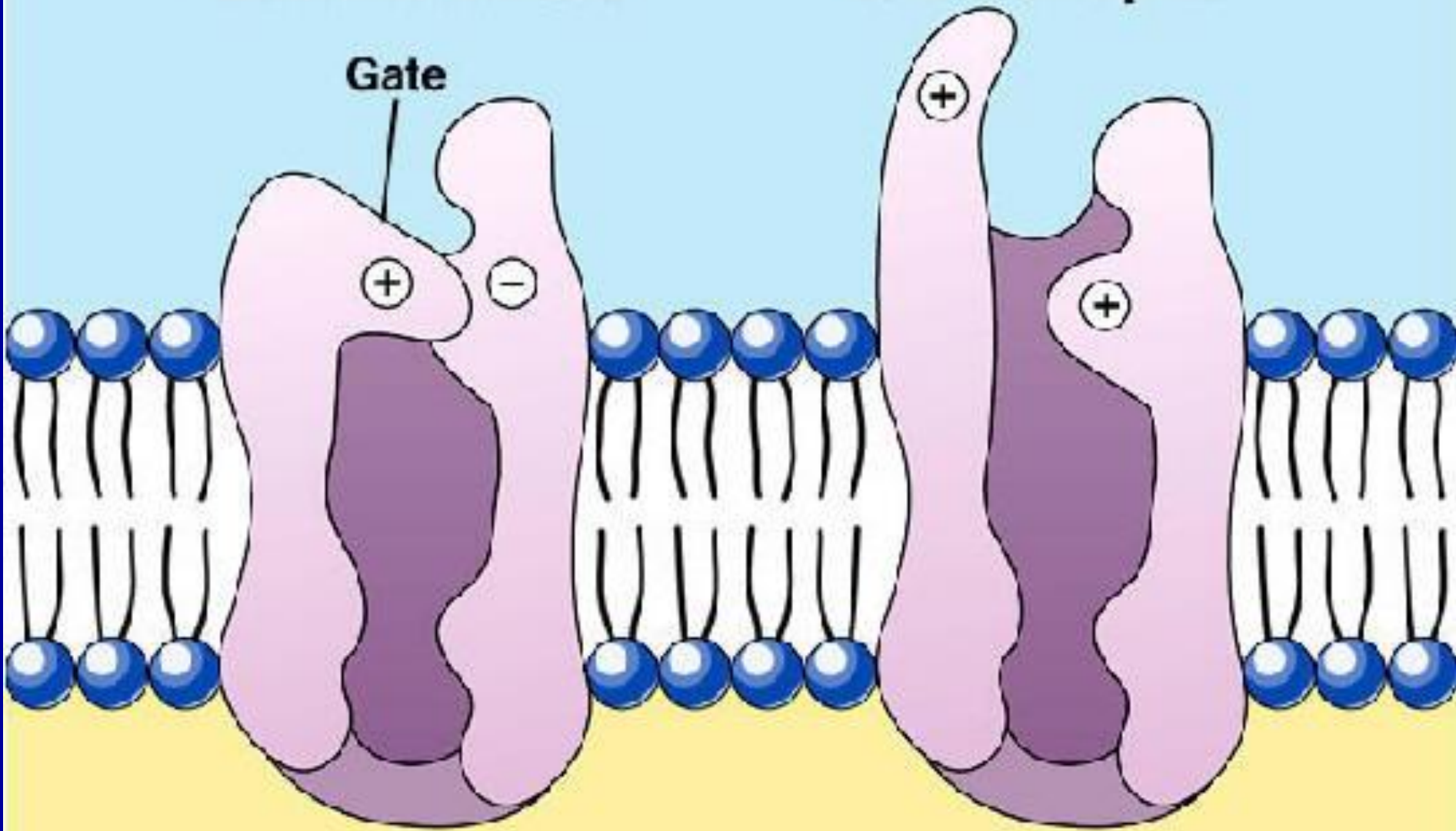




Voltage-Gated Ion Channels

Channel closed

Channel open



Вхождение
в нейрон Na^+

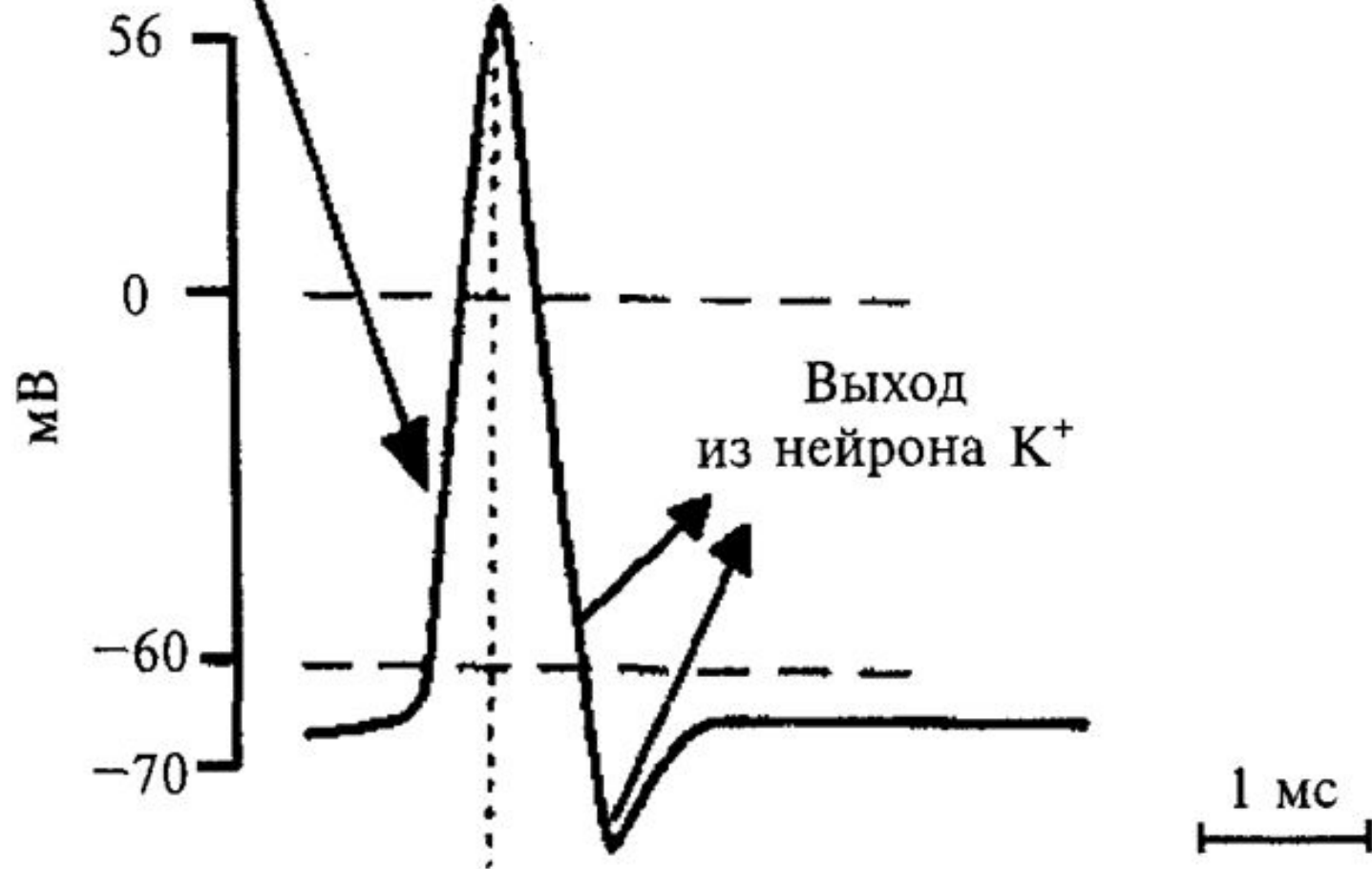
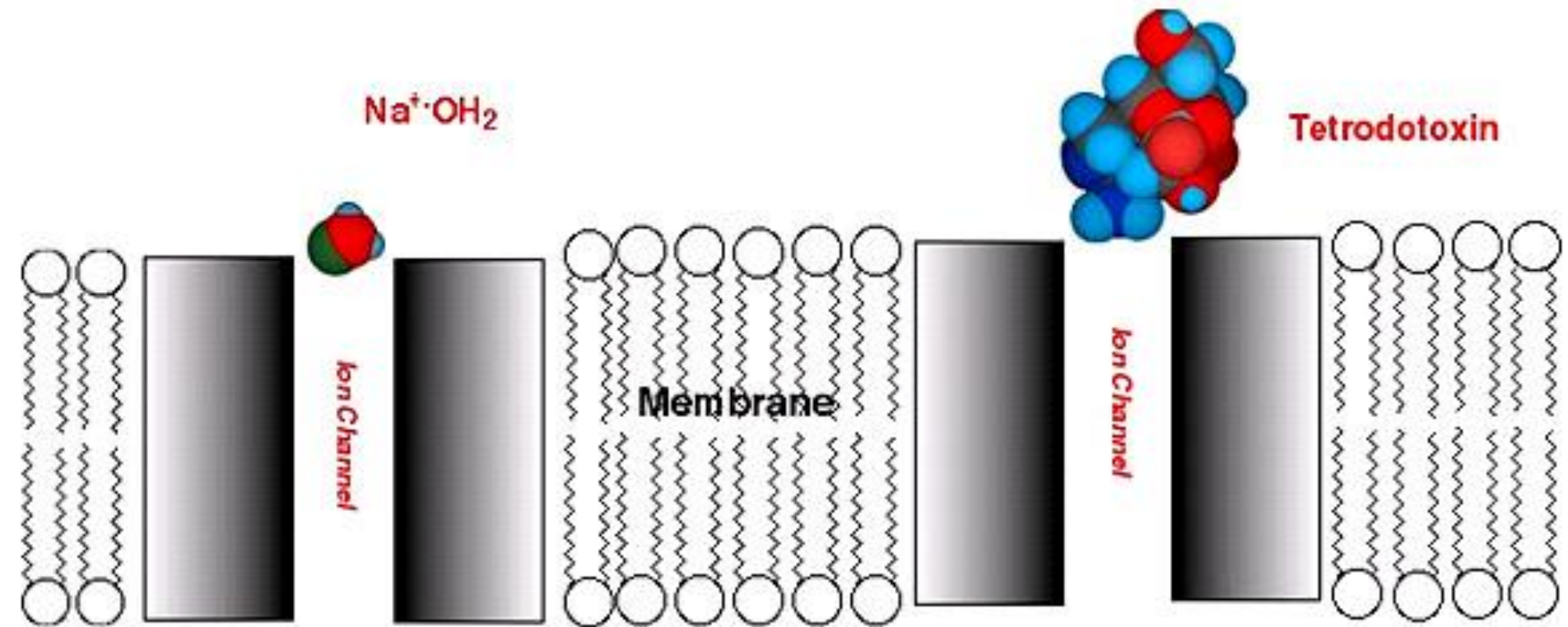


Схема событий при возбуждении нейрона.

- Восходящий фронт ПД формируется входящим током ионов натрия.
- На пике ПД происходит инактивация натриевых каналов и развивается выходящий ток ионов калия.
Формируется нисходящий фронт ПД.

- Потенциал действия подчиняется закону «все или ничего» (не зависит от силы стимула).
- Если удалить ионы Na^+ из внешней среды, то потенциал действия не возникает. Аналогичный эффект – при действии тетродотоксина – блокатора натриевых каналов (яд и наиболее мощное анестезирующее средство).

Блокада тетродотоксином натриевого канала





Благодарю за внимание!