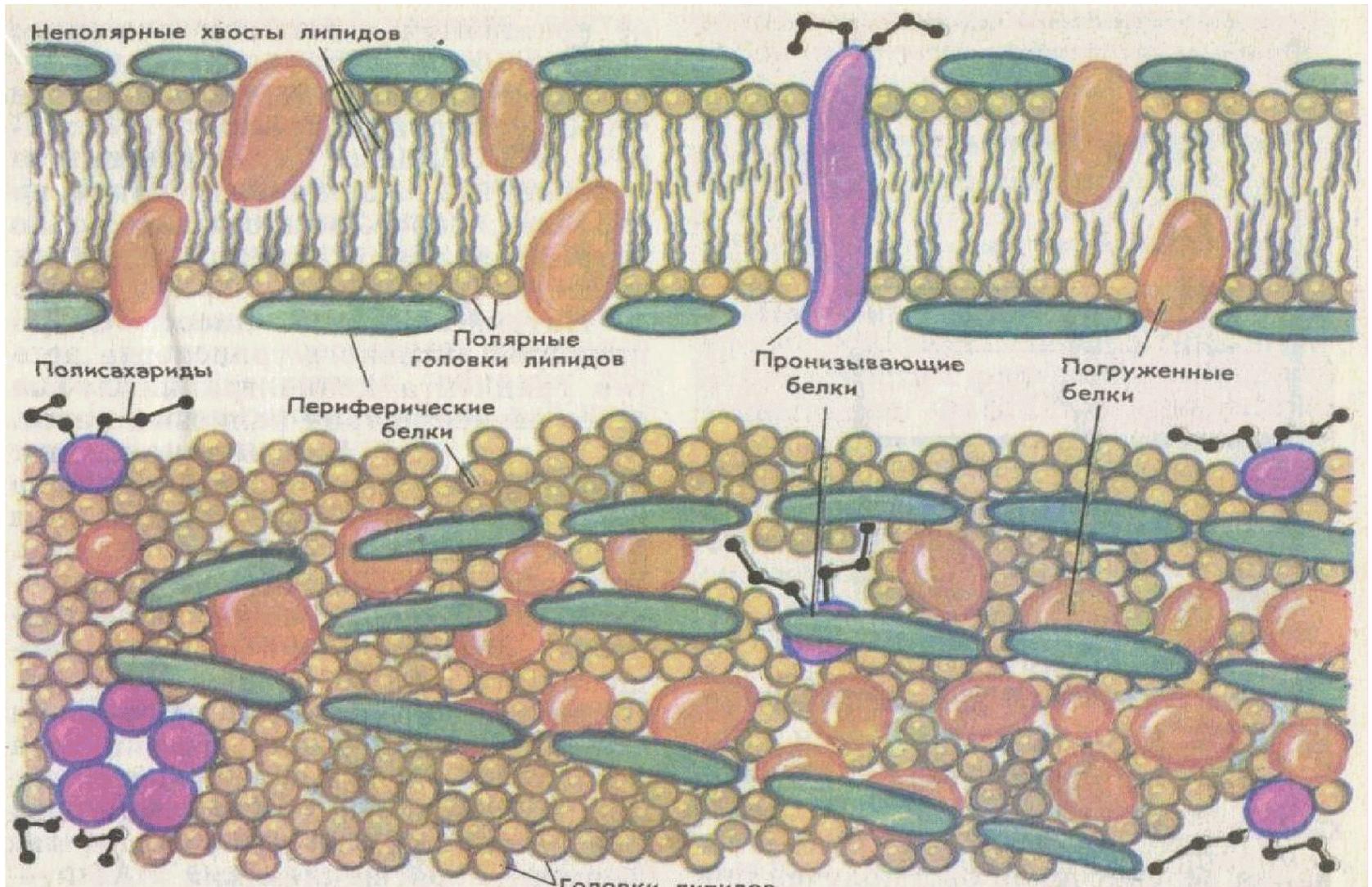


ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ

Формирование мембранных потенциалов: мембранный потенциал покоя и потенциал действия

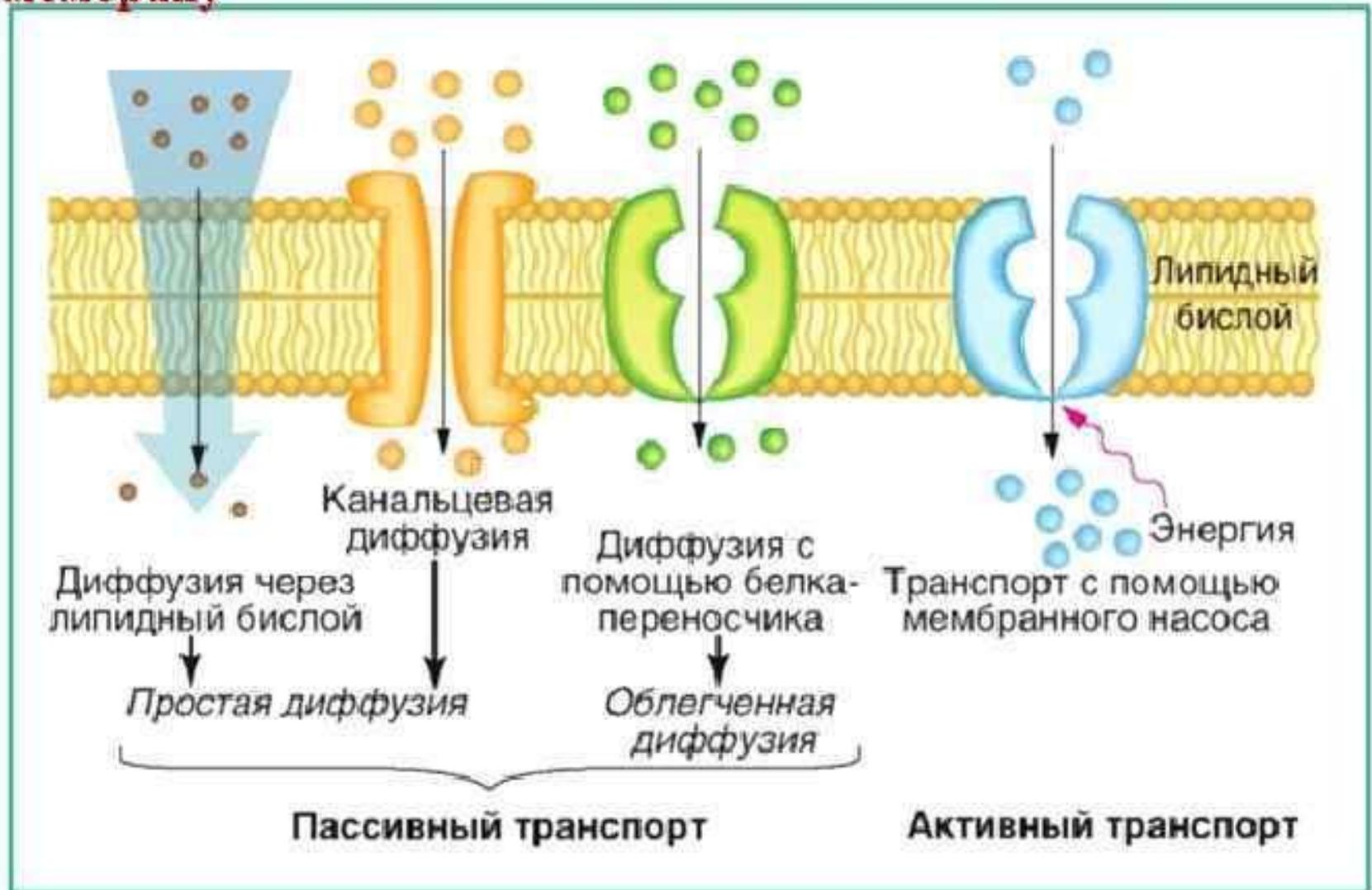
Строение и функции мембран возбудимых клеток.

Строение мембран возбудимых клеток.



**Транспорт ионов
через
биологическую
мембрану**

Механизмы прохождения веществ через клеточную мембрану

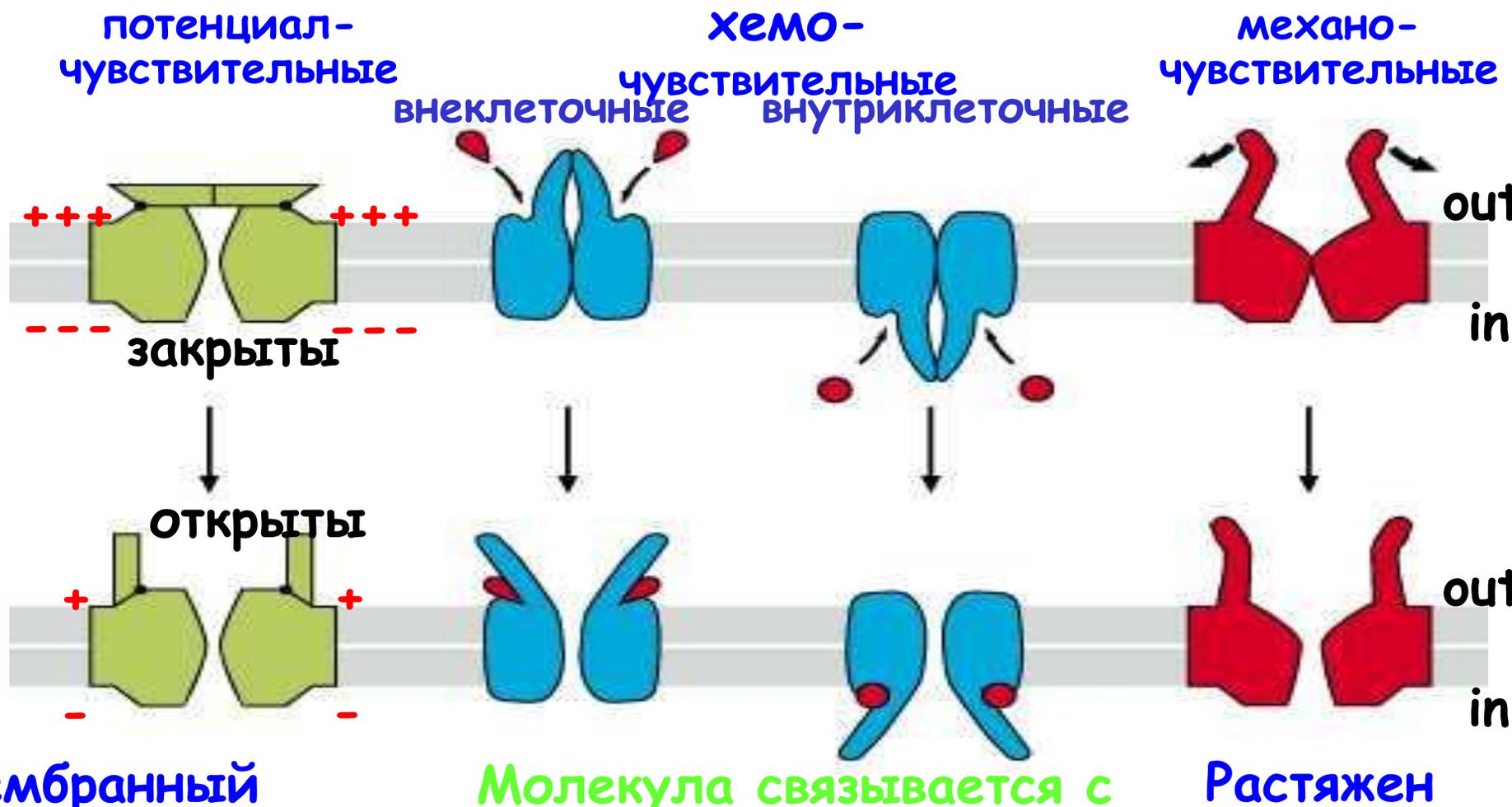


Виды ионных

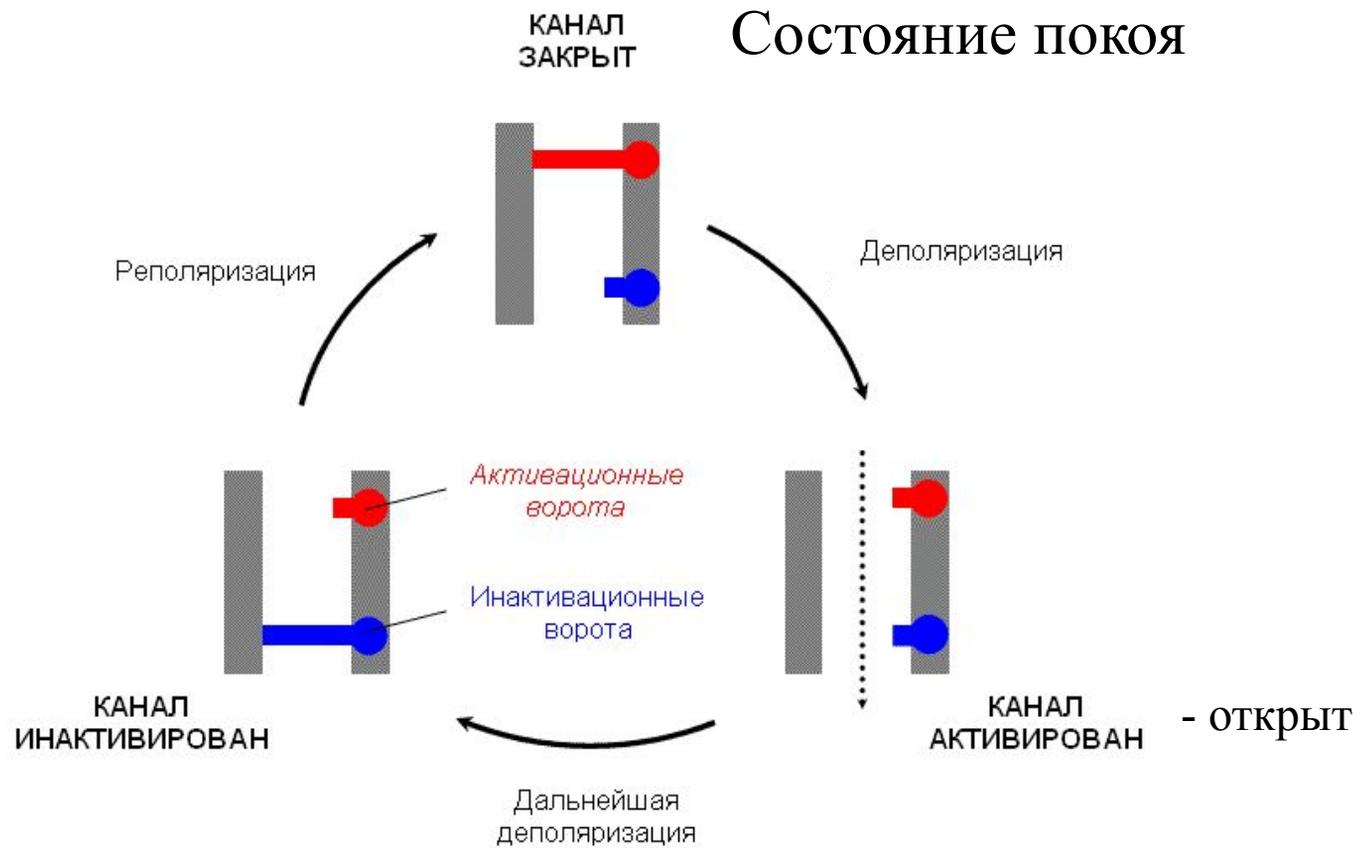
каналов

(1) Селективные и неселективные. Селективные - через канал может проходить только один вид ионов.

(2) Потенциалчувствительные, хемочувствительные, механочувствительные



Основные состояния каналов: закрытое, открытое, инактивированное



Возбудимые Ткани

Возбудимые ткани - определения

- Возбудимые ткани, это ткани, способные реагировать на раздражитель **возбуждением**. Примеры возбудимых тканей (нервная, мышечная, железистая).
- Возбудимость - способность живых объектов реагировать на раздражитель **возбуждением**.
- **Вывод: возбудимая ткань может находиться в состоянии покоя или в состоянии возбуждения.**

- **1. Что такое состояние покоя и что такое состояние возбуждения? Какими процессами обеспечивается состояние покоя и состояние возбуждения тканей?**
- **2. Где происходят эти процессы?**

2. Где идут процессы, обеспечивающие состояние покоя или состояние возбуждени?

- Процессы, обеспечивающие состояние покоя или состояние возбуждения клетки происходят на наружной плазматической мембране.

- 2. состояние покоя и возбуждения клетки зависит от тока ионов через клеточную мембрану. Этот ток ионов формирует разный заряд мембраны снаружи и внутри клетки, а эта разность зарядов приводит к формированию мембранного потенциала клетки (МП)

- 2. состояние покоя и возбуждения клетки зависит от тока ионов через клеточную мембрану. Этот ток ионов формирует разный заряд мембраны снаружи и внутри клетки, а эта разность зарядов приводит к **формированию мембранного потенциала клетки (МП)**



- **ВЫВОДЫ:**

- **а) Ионные токи являются основой электрических процессов в клетке и приводят к формитрованию МП**
- **б) ток ионов через мембрану в состоянии покоя и в состоянии возбуждения выглядит по разному!!!!**

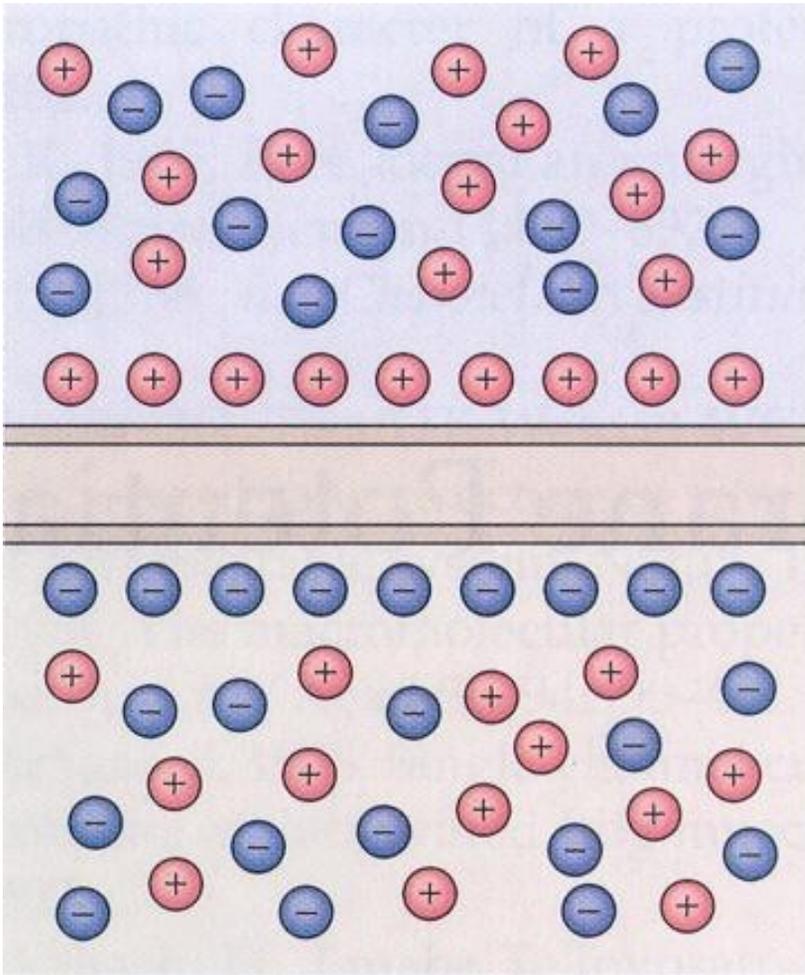
- ПОТЕНЦИАЛ
ПОКОЯ

1. Какими процессами обеспечивается состояние покоя и состояние возбуждения тканей?

- Состояние покоя, формирование потенциала покоя ПП:
- Потенциал покоя (ПП) - разность потенциалов зарядов между содержимым клетки и внеклеточной жидкостью; при этом её, внутренняя сторона заряжена электроотрицательно по отношению к наружной.

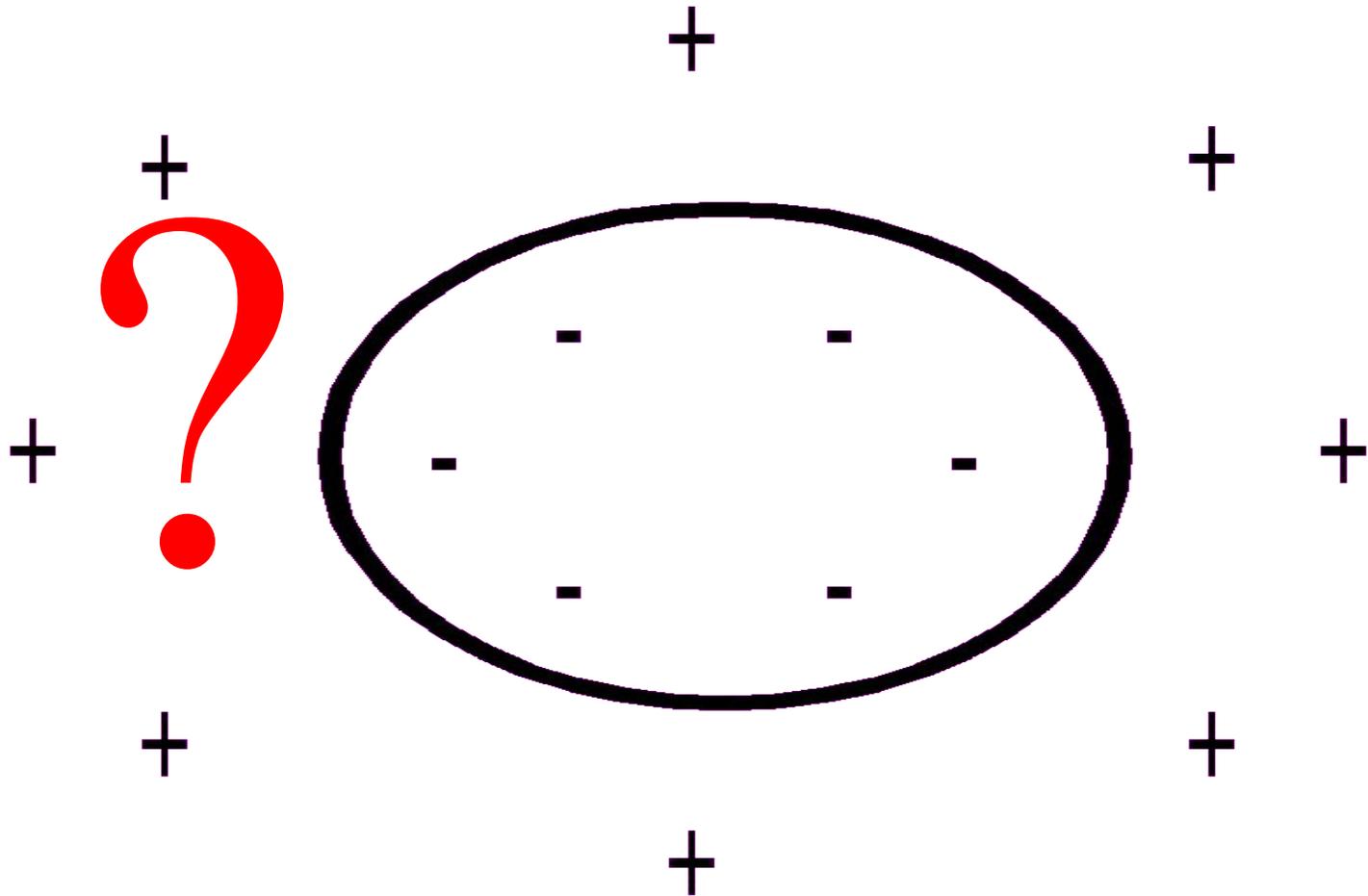
МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ (ТПП)

МТПП - это разность зарядов между внутренней и наружной поверхностью мембраны. Внутренняя поверхность заряжена (-) а наружная (+)

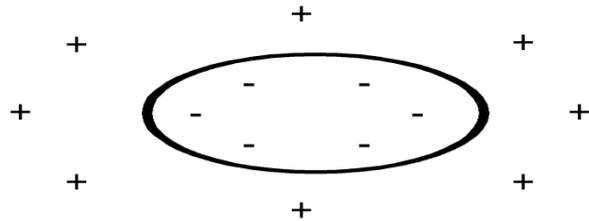


- Мембранный потенциал покоя (ПП) можно определить как
- $ПП = \text{заряд внутри} - \text{заряд снаружи}$,
Поскольку потенциал снаружи клетки можно принять за ноль, то ПП равен заряду внутри.

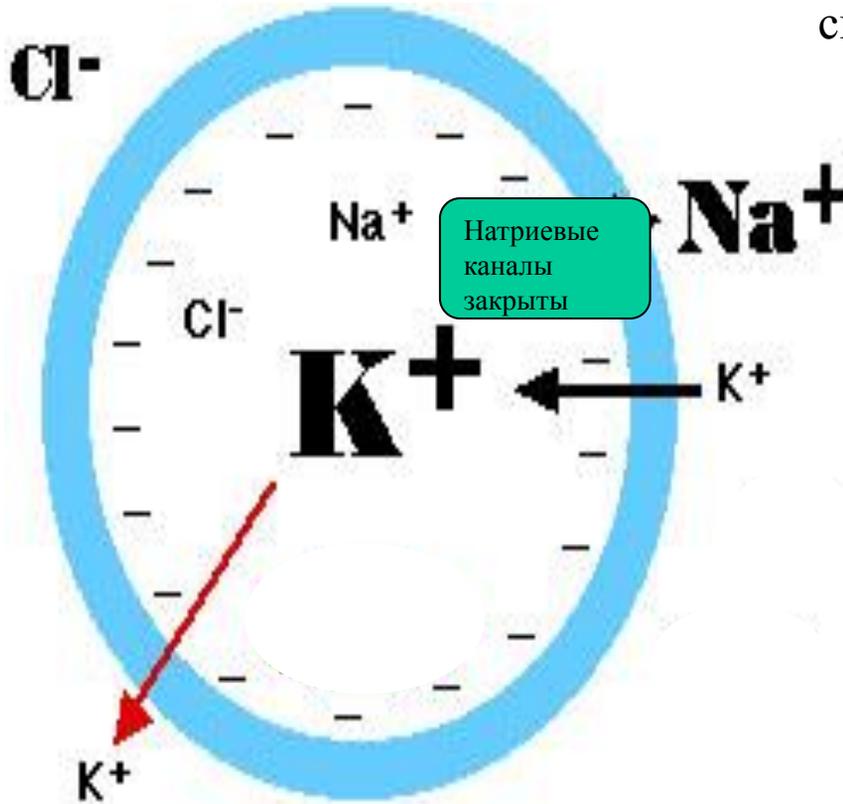
*Внутри клетки - "отрицательность", а
снаружи - "положительность".*



Внутри клетки - "отрицательность", а снаружи - "положительность".



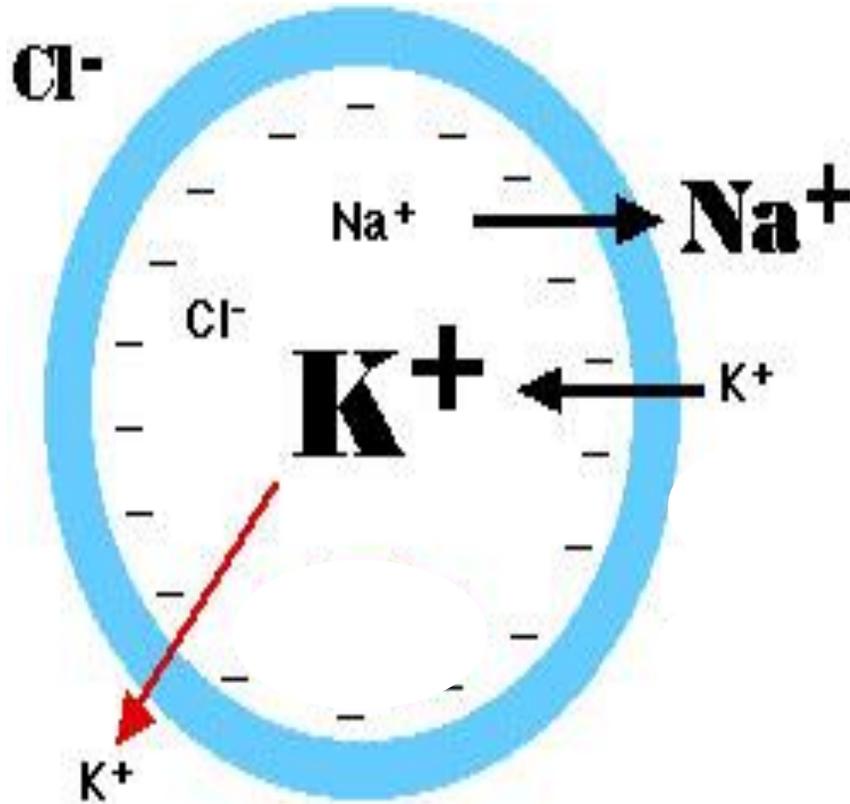
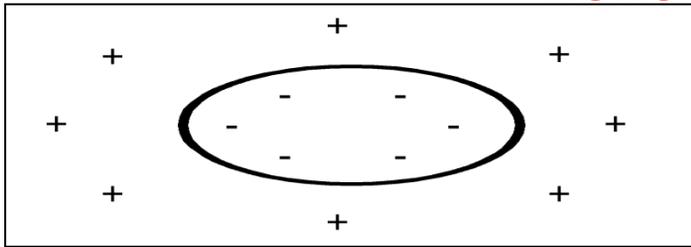
Катионов калия внутри клетки много, снаружи много натрия



Открытые калиевые каналы. Через них калий может как заходить в клетку, так и выходить из неё. Он выходит в основном.

3) **Закрытые натриевые каналы.** Из-за этого натрий, выведенный из клетки насосами-обменниками, не может вернуться в неё обратно. Натриевые каналы открываются только при особых условиях - и тогда потенциал покоя нарушается и смещается в сторону нуля (это называется *деполяризацией* мембраны, т.е. уменьшением полярности).

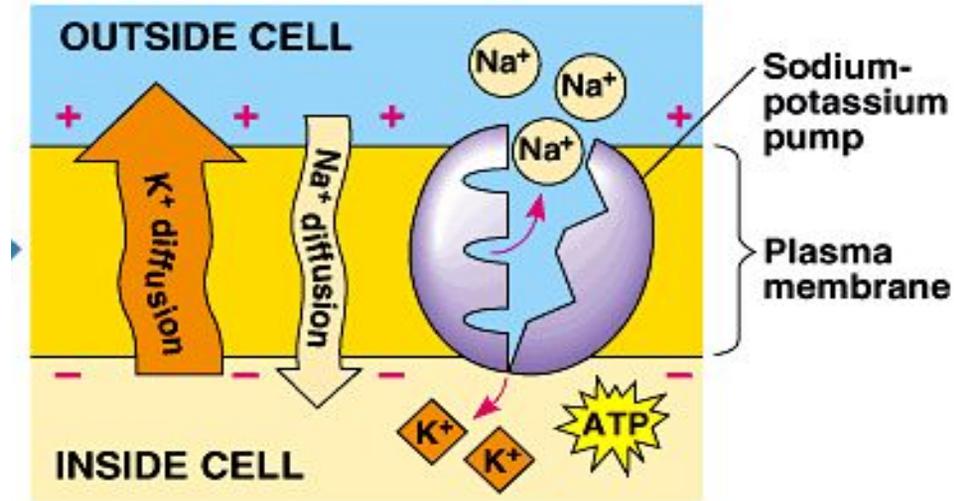
Итак создается преобладающая утечка положительных ионов из клетки !!!



1. за счет открытых калиевых каналов .
2. натриевые каналы в основном закрыты и натрий входит в клетку медленно.
3. за счет работы натрий- калиевого насоса – 3 натрия выкачивается. А закачивается всего 2 калия.

В покое:

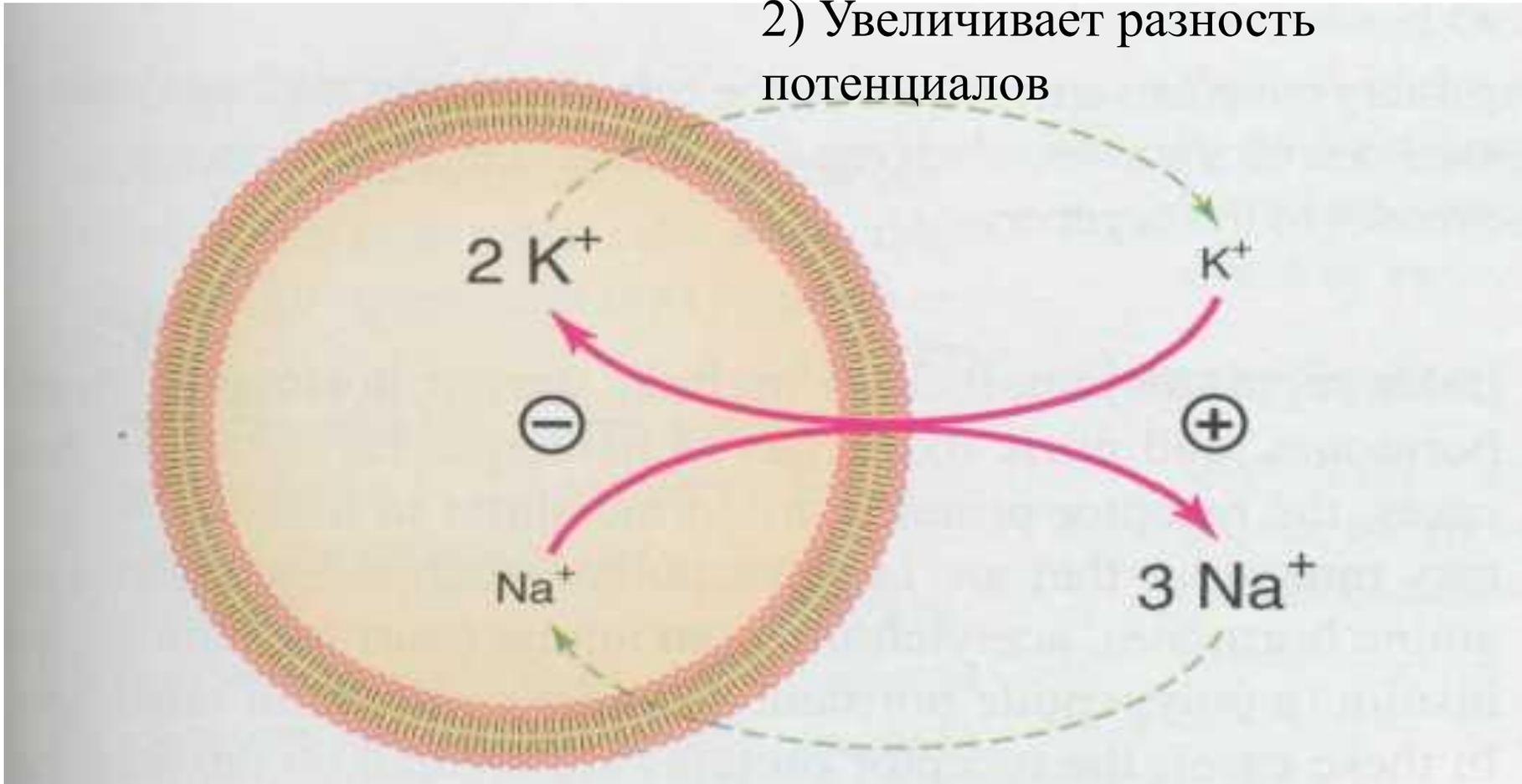
- **1. Калиевые каналы** открыты в большом количестве, ток K^+ наружу создает внутри отрицательный заряд.
- **2. Органические анионы** внутренняя сторона мембраны, практически не проницаема для крупных органических анионов, и также способствует созданию отрицательного заряда внутри
- **3. Натриевые каналы**
 - 1. В основном закрыты
 - 2. Ионы натрия перемещаются внутрь медленно. проницаемость мембраны в покое для Na^+ примерно в 100 раз ниже, чем для K^+ , и также способствует созданию отрицательного заряда внутри
- **4. Ток Cl^-** В скелетных мышечных волокнах в возникновении потенциала покоя важную роль играют также ионы Cl^- , диффундирующие внутрь клетки и также способствует созданию отрицательного заряда внутри



Неравенство концентраций ионов внутри и снаружи клетки (волокна) поддерживается специальным механизмом (выталкивающим ионы Na^+ из клетки и нагнетающим ионы K^+ в внутрь, требующим затраты (АТФ) – 3 натрия выкачивается. А закачивается всего 2 калия. также способствует созданию отрицательного заряда внутри

1) Разность концентраций ионов K^+ и Na^+ поддерживается работой Na^+-K^+ АТФ-азы

2) Увеличивает разность потенциалов

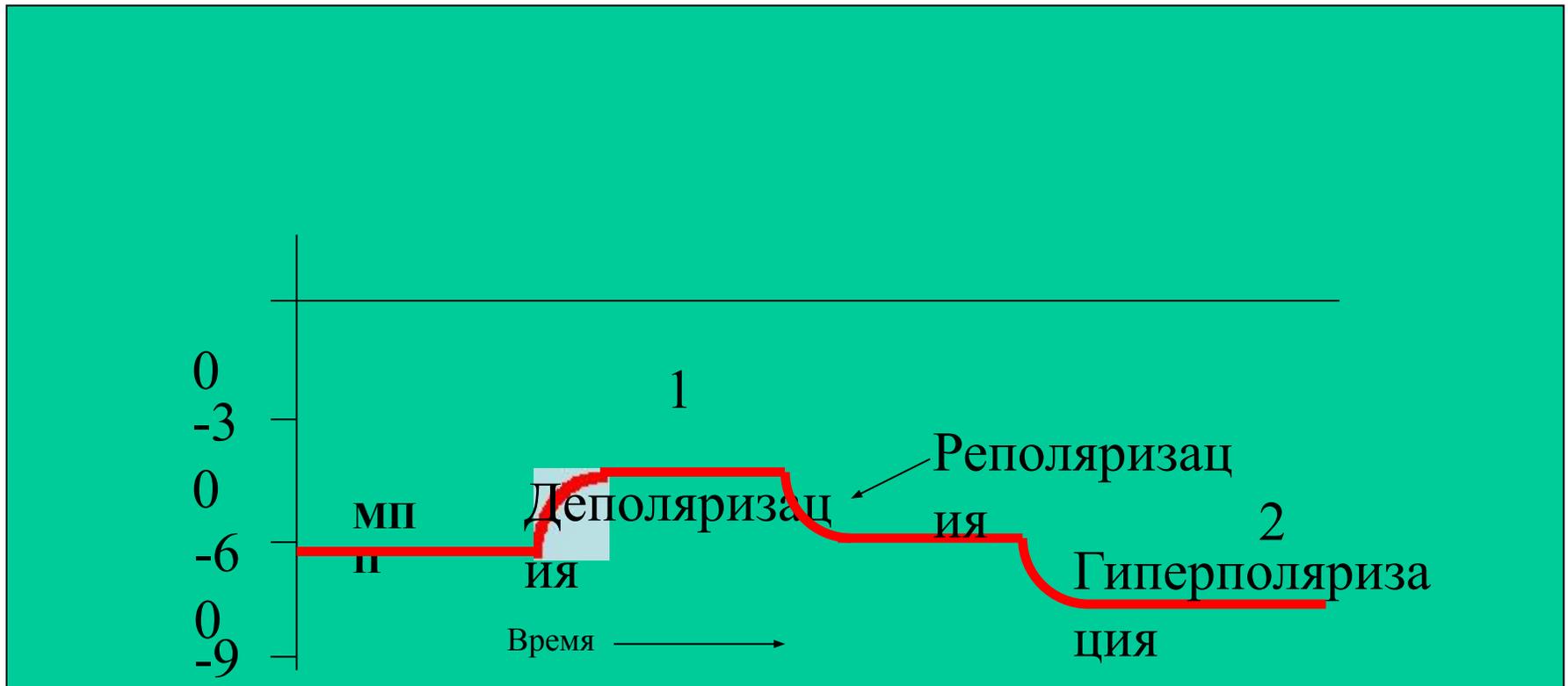


Величина ПП

- Ск. мышцы.: - 90 мВ;
- нервн.кл-ки: - 60-70 мВ.;
- гл. мышцы: - 40-50 мВ
- потенциал покоя участвует в поддержании состояния готовности мембраны к возбуждению в ответ на действие раздражителя.

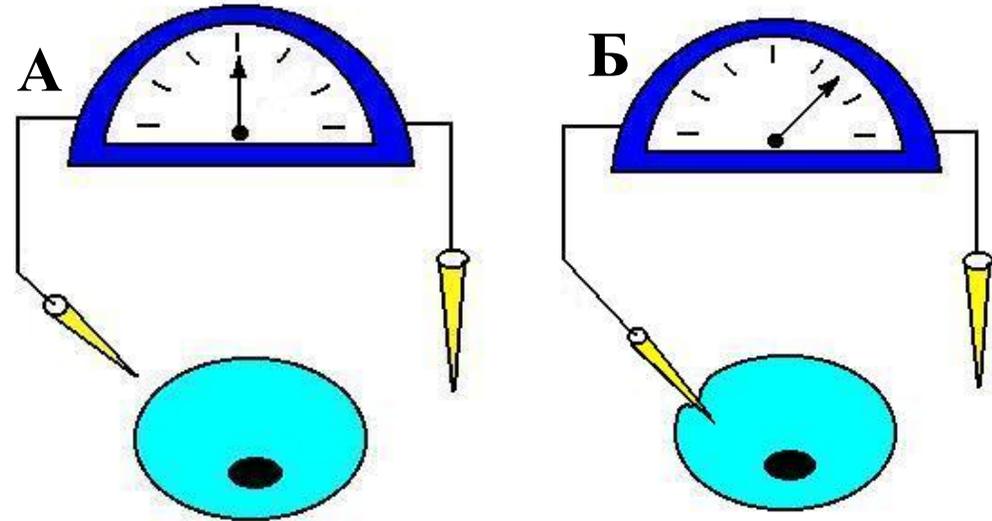
Изменения мембранного потенциала покоя

- **Деполаризация**- уменьшение
- **Реполаризация**- возвращение к исходному уровню
- **Гиперполяризация**- увеличение



Регистрация мембранного потенциала покоя

1. Внутриклеточная микроэлектродная регистрация

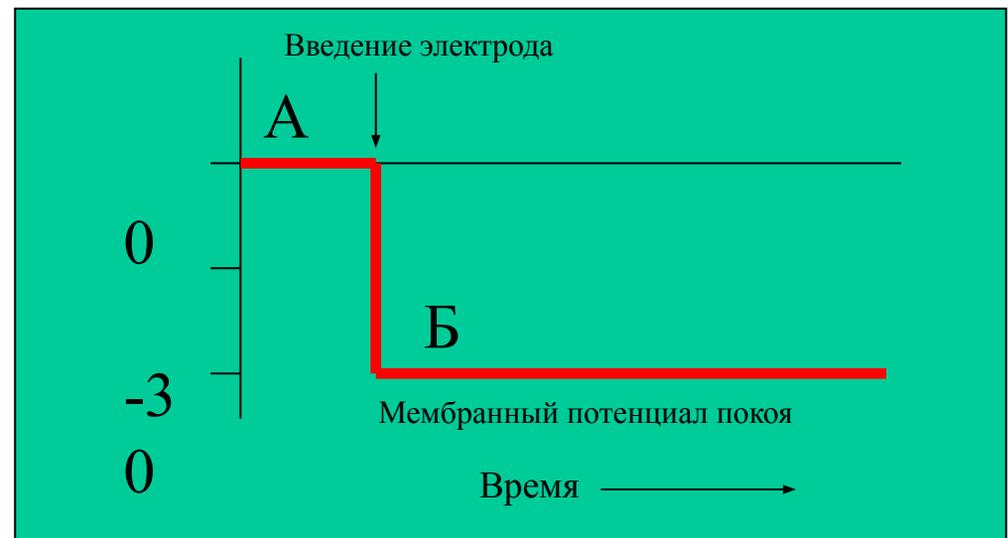


Величина МП

в возбудимых клетках

—

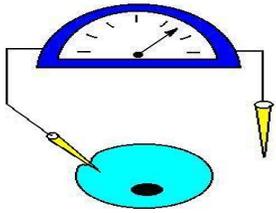
от -60 до -90 мВ



ПОТРЕБОВАНИЯ
К ДВИЖЕНИЮ

Возбуждение тканей, потенциал действия

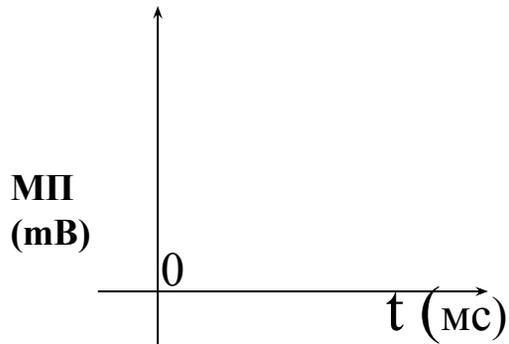
- **Потенциал действия (ПД)** возникает на мембранах возбудимых клеток под влиянием раздражителя в результате её возбуждения и сопровождается резким изменением мембранного потенциала.



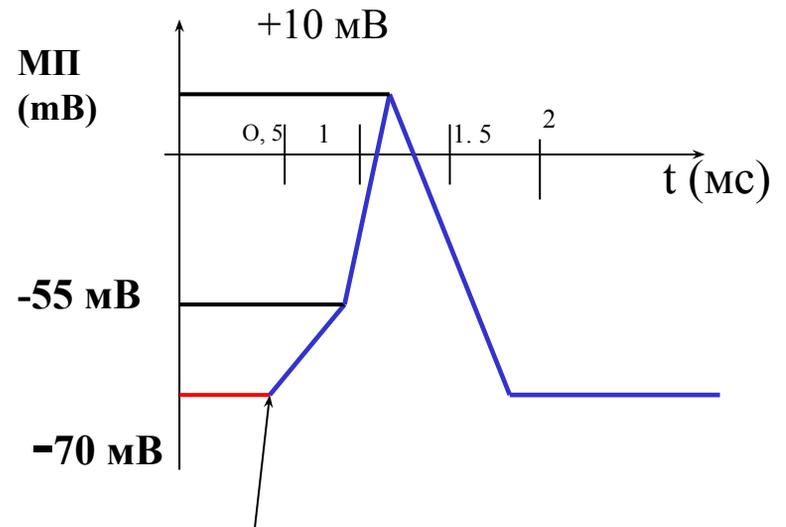
Покой

изменение внутреннего заряда мембраны при возбуждении

**Возбуждение
(формирование ПД)**



Потенциал покоя (ПП)
от -60 до -90 мВ



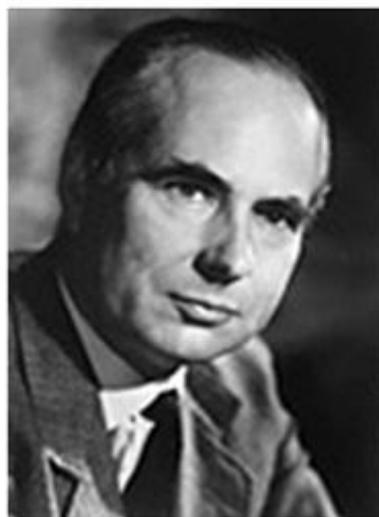
Начало действия стимула



Нобелевская премия 1963 года в области физиологии и медицины



Алан Ходжкин



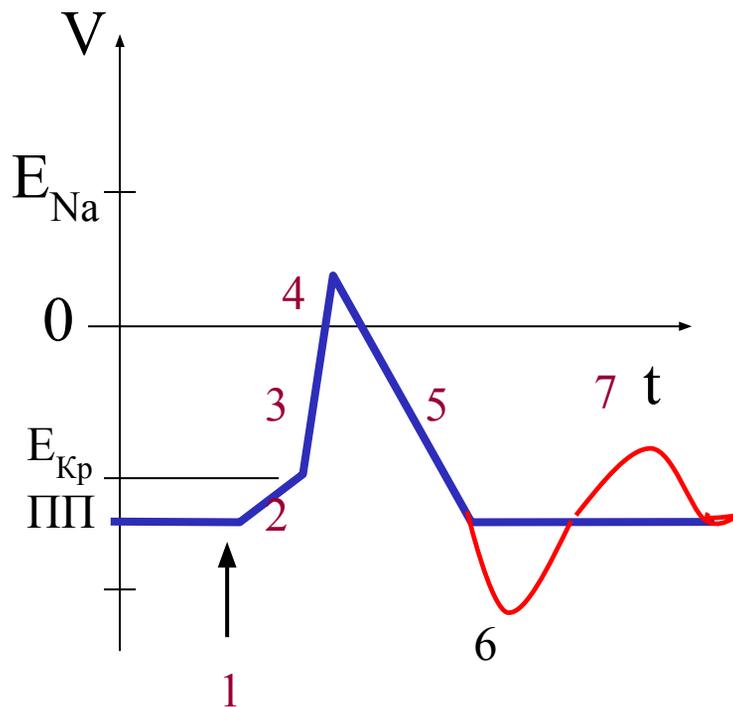
Эндрю Хаксли



Сэр Джон Экклс

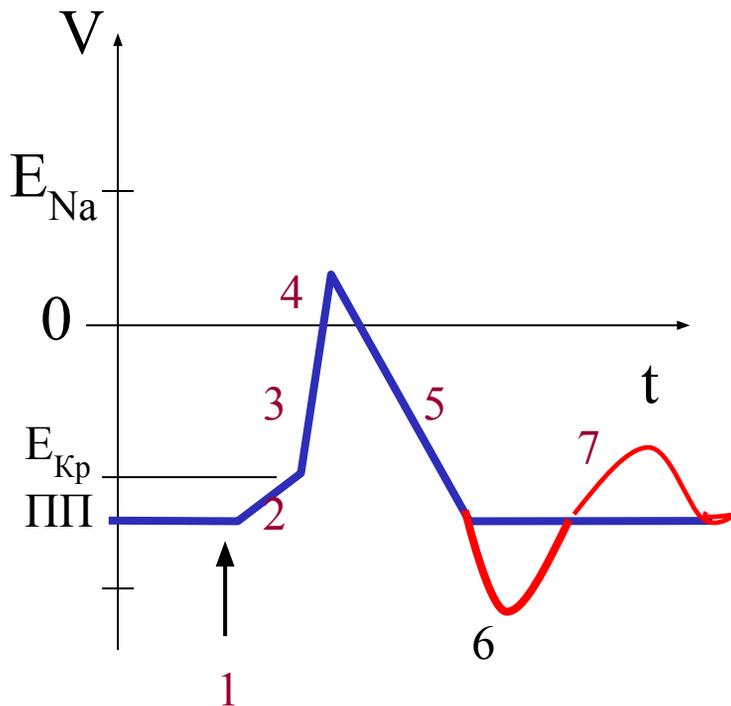
«За открытия ионных механизмов возбуждения и торможения нервных клеток»

Фазы потенциала действия



- 1 - стимул
 - 2 - локальный ответ (препотенциал)
 - 3 - быстрая деполяризация
 - 4 - реверсия потенциала (овершут)
 - 5 - реполяризация
 - 6 - следовая гиперполяризация
 - 7 - следовая деполяризация
- $E_{кр}$ - критический уровень деполяризации

Фазы потенциала действия



1 – стим

2- медленная деполяризация (локальный ответ) - активация потенциал зависимых Na каналов \rightarrow вход Na^+ в клетку \rightarrow деполяризация до мембраны критического уровня деполяризации (КУД) \rightarrow

3 - быстрая деполяризация - лавинообразный вход Na^+ в клетку \rightarrow инверсия заряда мембраны [внутри (+), снаружи (-)]

4. - заряд мембраны уменьшается, вплоть до портивногоположного (овершут) \rightarrow инактивация Na каналов (закрытие) \rightarrow

5 - реполяризация - усиление выхода K^+ из клетки

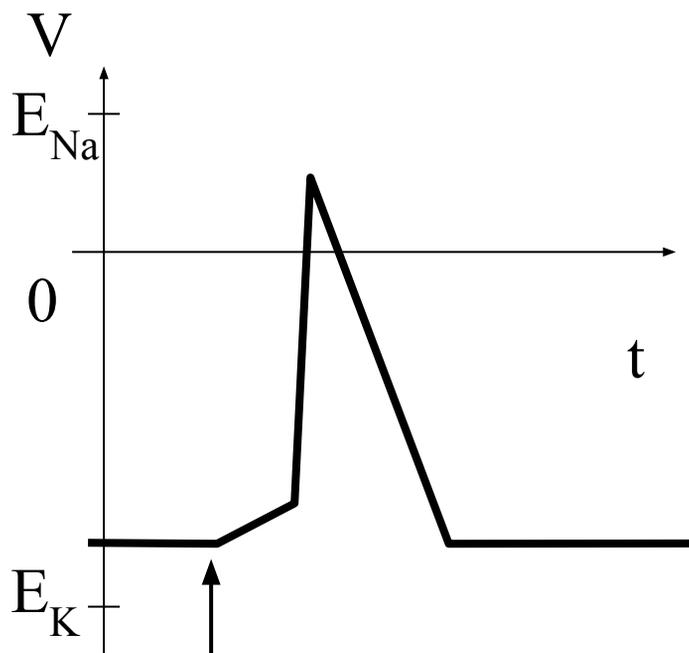
\rightarrow следовые потенциалы

6- следовая гиперполяризация - наблюдаются чаще - остаточнo повыш. ток K^+

7 - следовая деполяризация - остаточнo повыш. ток Na^+

Потенциал действия

Потенциалзависимость ионных каналов: при деполяризации Na и K каналы открываются, а затем инактивируются.



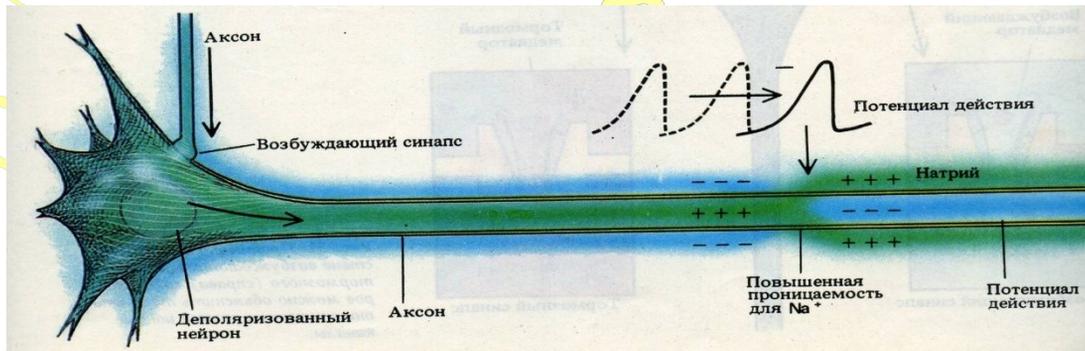
**Свойства
потенциала
действия**

Свойства потенциала действия

Вызывается сверхпороговым раздражением

Подчиняется закону «Все или ничего»

Распространяется по всей мембране не затухая

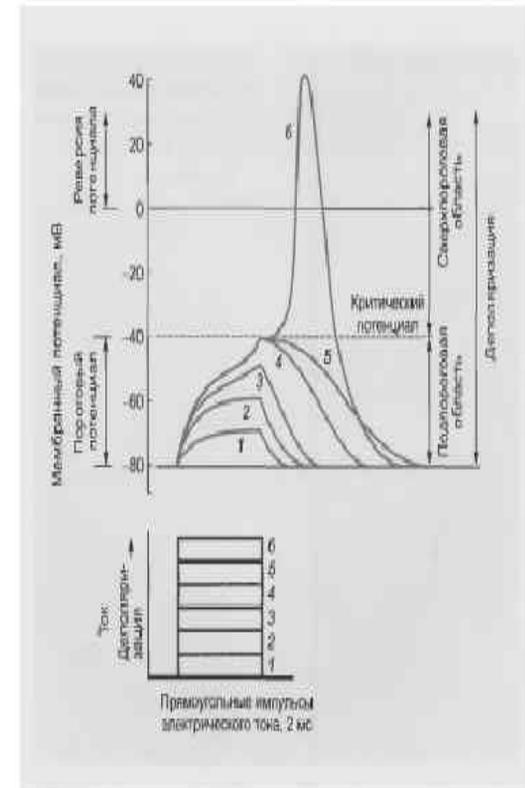


Обладает рефрактерным периодом

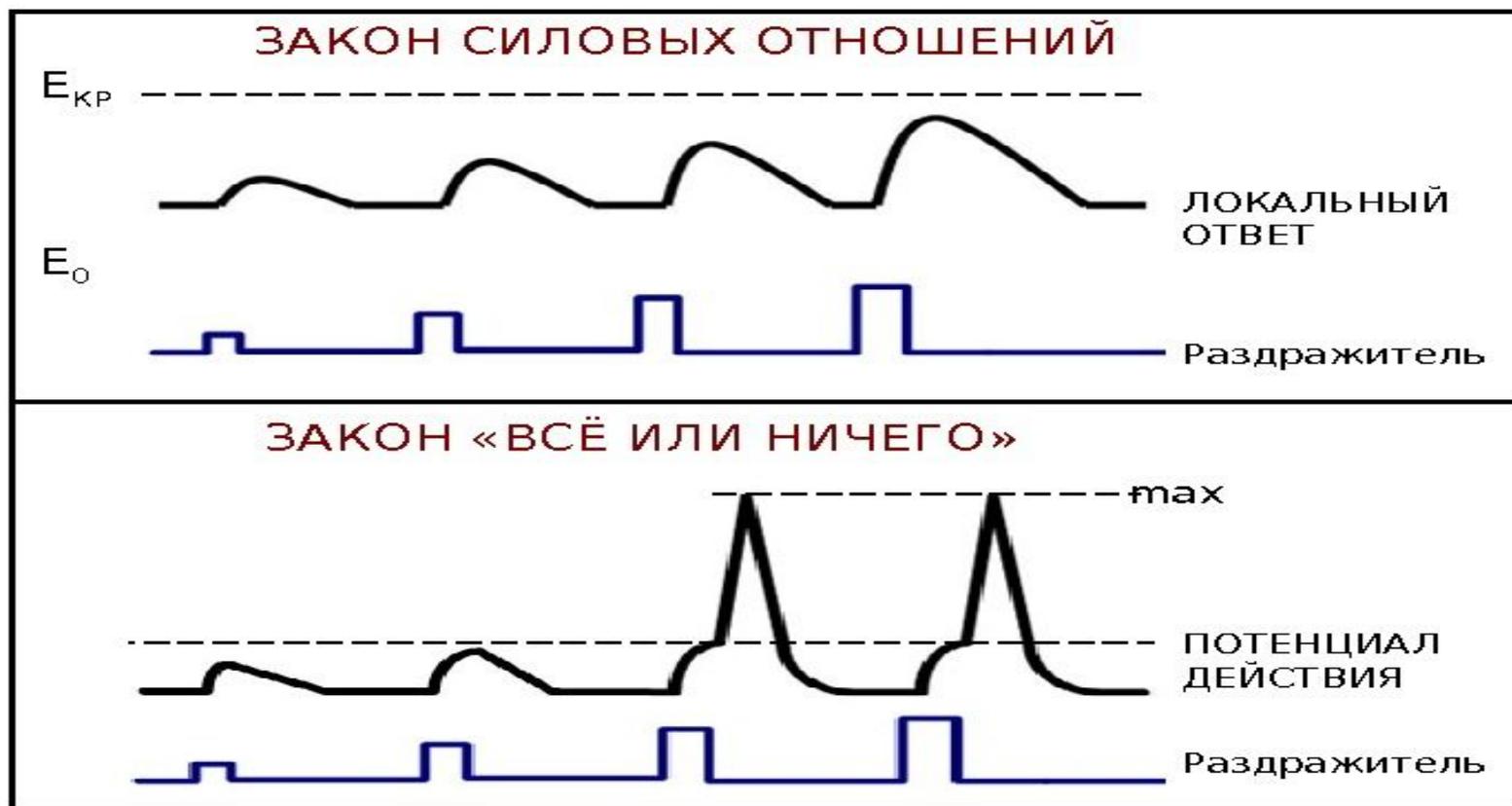
Свойства потенциала действия

1. ПД вызывается пороговым и сверхпороговым раздражением

- Минимальную величину **раздражения**, способную вызвать возбуждение, называют **пороговой**.
- Допороговая сила неспособна вызвать ПД, но она способна вызвать **локальный ответ**
- Свойства локального ответа:
 - 1. Не распространяется
 - 2. Зависит от силы допорогового раздражителя
 - 3. Суммируется



2. Амплитуда ПД не зависит от силы раздражителя (закон все или ничего)



4. Обладает рефрактерностью

Рефрактерность

Рефрактерность.

- снижение способности клетки отвечать на раздражение во время возбуждения.

Значение рефрактерности —

- ограничивать частоту сигналов,
предохранять ткань от перевозбуждения,
Дает клетке время восстановить ПП.

Запомните!!

- Абсолютный рефрактерный период ограничивает максимальную частоту генерации ПД.
- клетка может возбуждаться с частотой 500/сек.

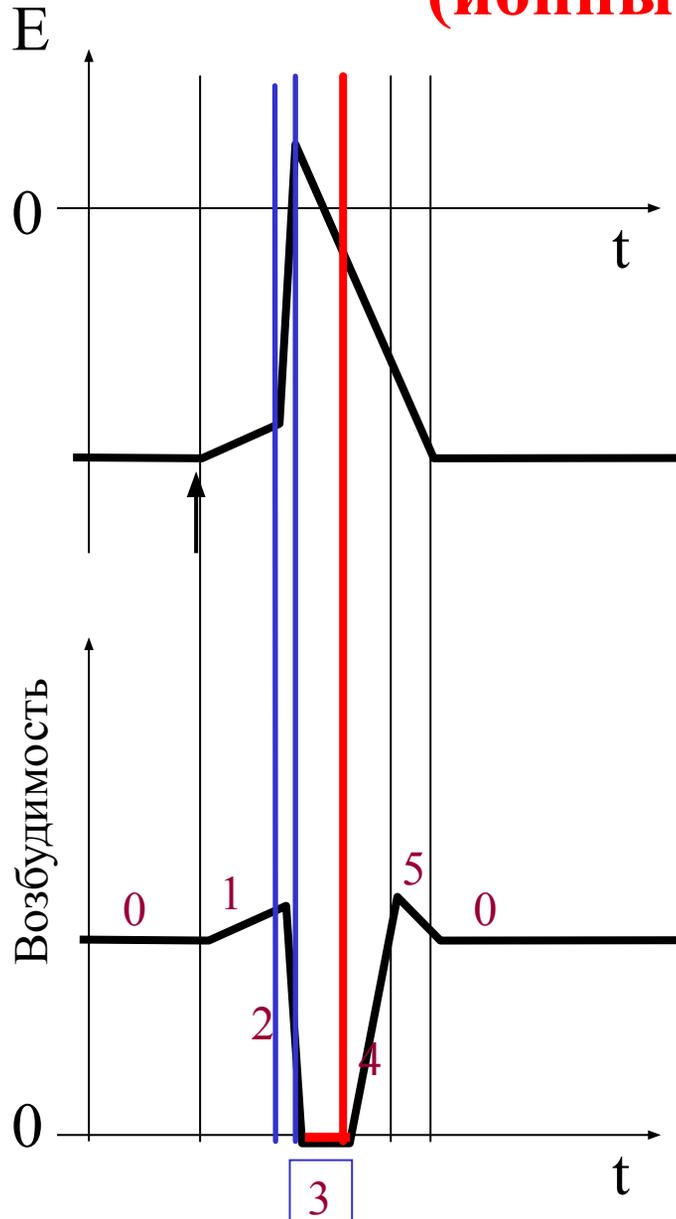
Запомните!!!

• Ионный механизм рефрактерности
связан с состоянием каналов для ионов

Na^+

- Открыты – клетка возбуждена
- Закрыты – клетка не возбуждена, но способна к возбуждению
- инактивированы - клетка неспособна возбуждаться (генерировать новый потенциал действия) - рефрактерна.

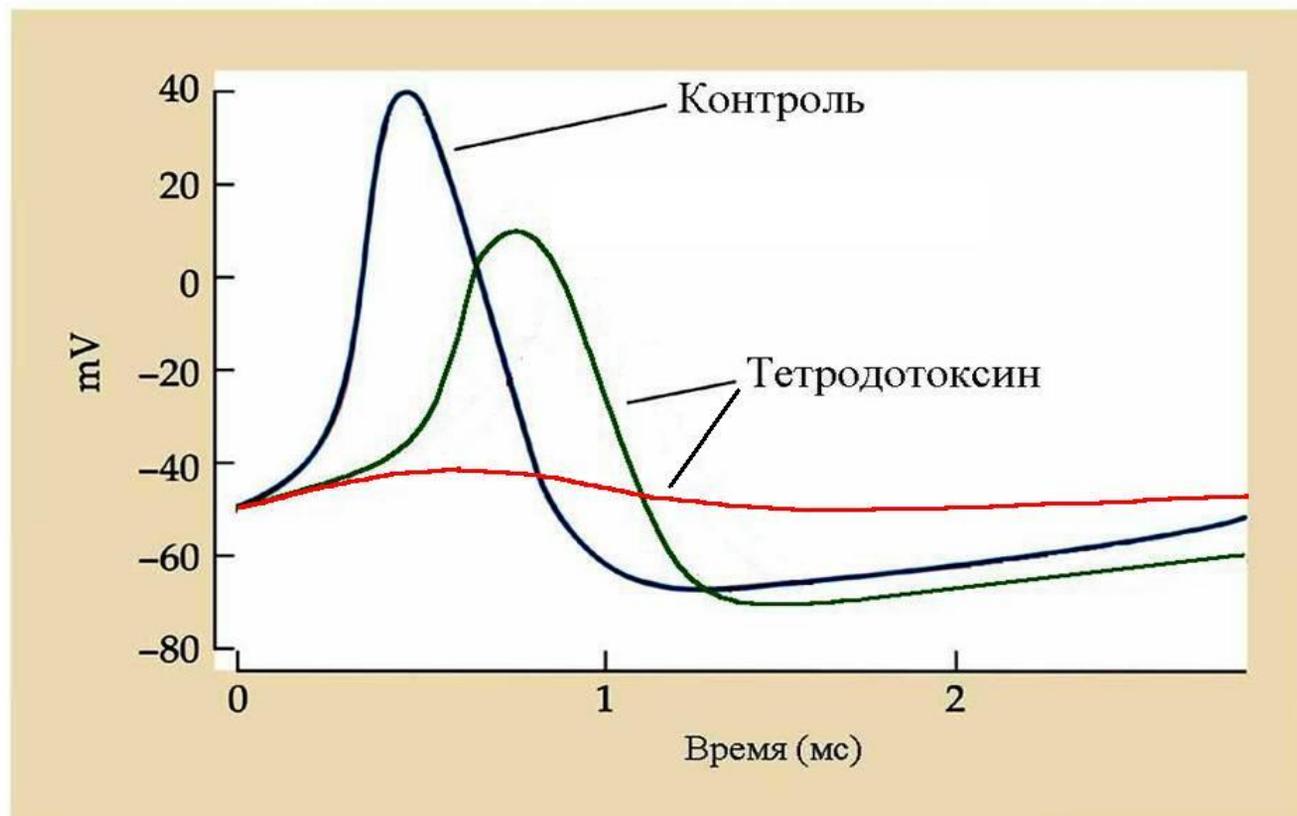
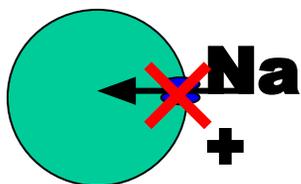
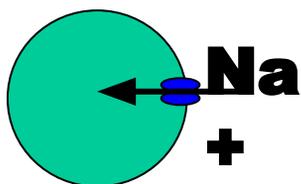
Соотношение фаз возбудимости с фазами ПД (ионный механизм)



- 1 - ↑ возбудимости
(приближение к $E_{кр}$)
активация каналов
- 2 - ↓ возбудимости по мере
деполяризации
(инактивации Na^+
каналов)
- 3 - абсолютный РП (все Na^+
каналы
инактивированы)**
- 4 - относительный РП (часть
каналов восстановлена)
- 5 - экзальтация (повышенная
возбудимость)
восстановление Na^+
каналов; близость $E_{кр}$).
- 0 - возбудимость в покое

Блокаторы ионных каналов.

Блокирование потенциал-управляемых натриевых каналов нарушает генерацию потенциала действия



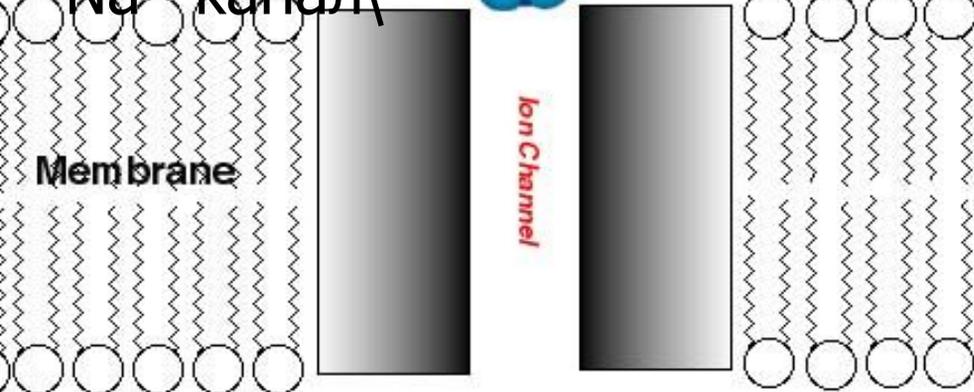
Тетродотоксин – специфический блокатор натриевых каналов



В результате действия токсина прекращается генерация и проведение ПД: сначала – по периферическим нервам («иллюзии» кожной чувствительности, параличи, нарушения зрения и слуха), позже – потеря сознания; смерть от остановки дыхания (*сэр Джеймс Кук*).

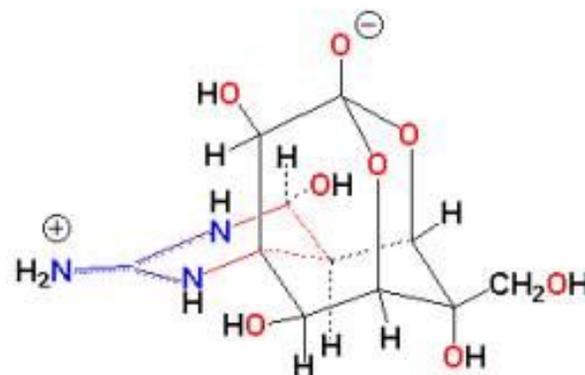
электро-чувствительный

Na⁺-канал



Tetrodotoxin

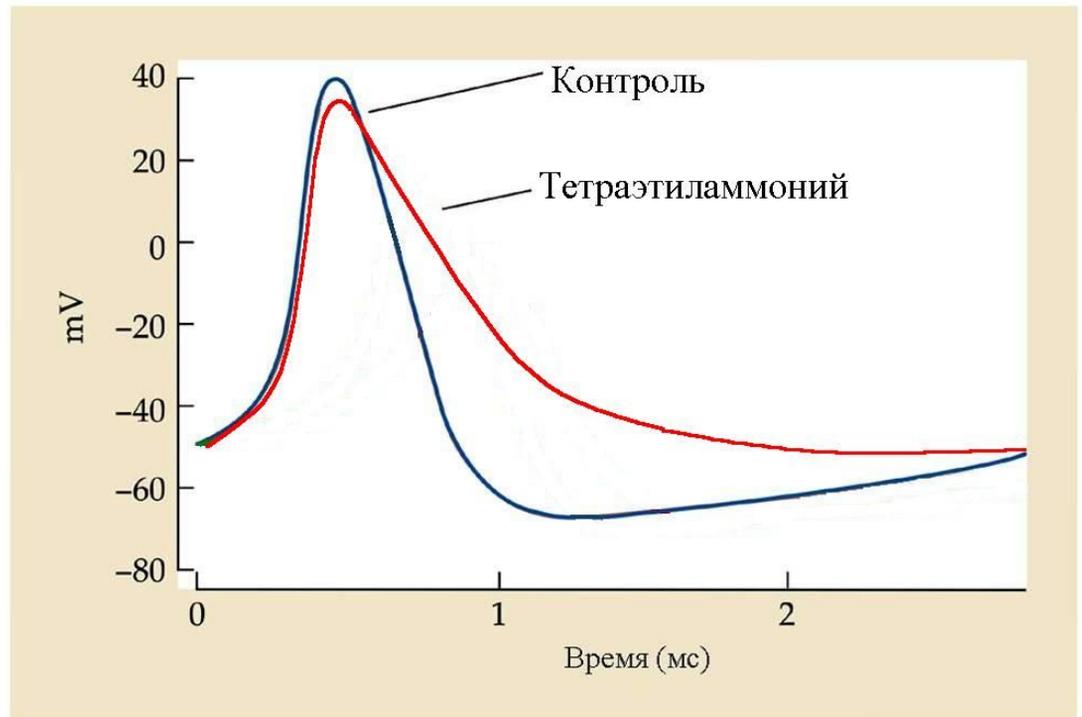
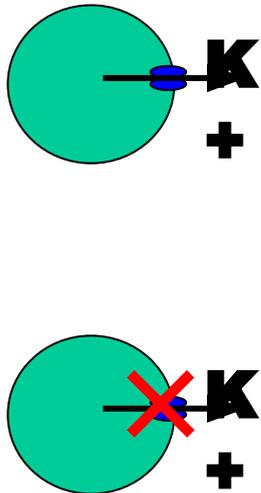
Ion Channel



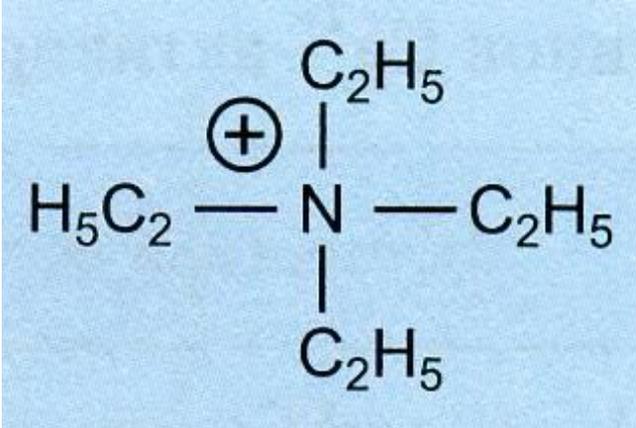
тетродотоксин –
яд рыбы фугу
(аминогруппа
работает как
«пробка»

для Na⁺-канала)

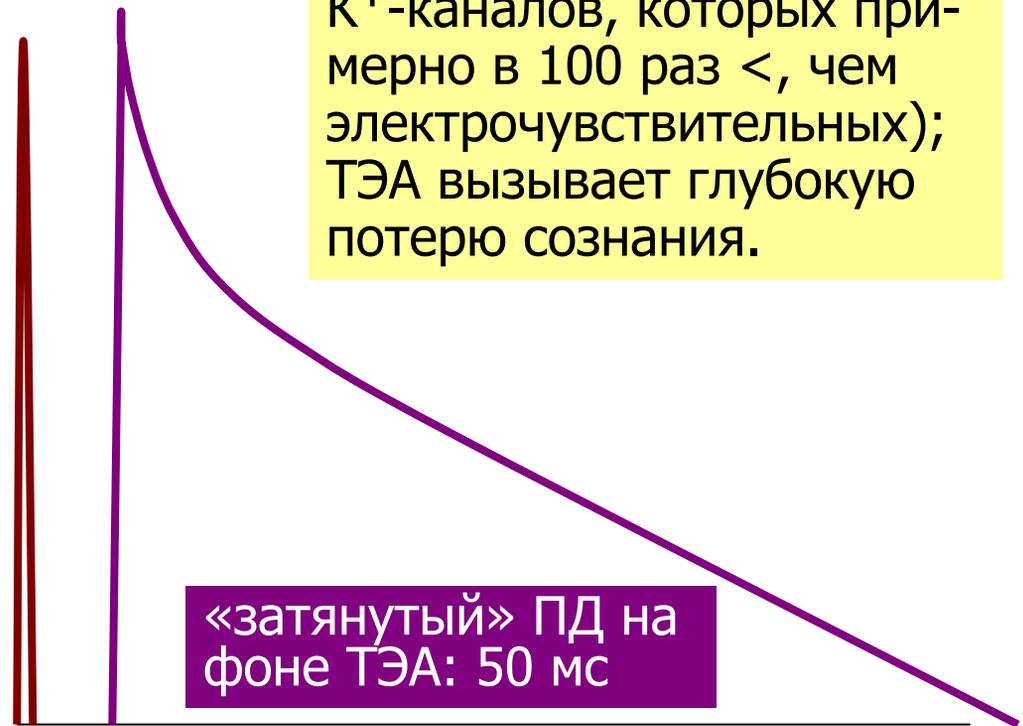
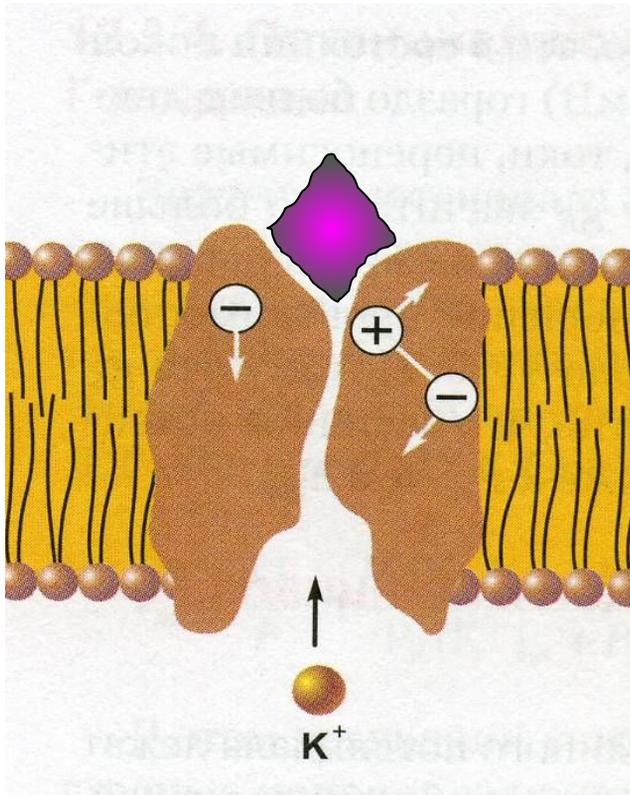
Блокирование потенциал-управляемых калиевых каналов резко затягивает потенциал действия



Тетраэтиламмоний – специфический блокатор калиевых каналов



ТЭА – тетраэтиламмоний: работает как «пробка» по отношению к K^+ -каналу. В результате восходящая фаза ПД изменяется мало, нисходящая – затягивается до 50 и > мс (реполяризация происходит за счет постоянно открытых K^+ -каналов, которых примерно в 100 раз <, чем электрочувствительных); ТЭА вызывает глубокую потерю сознания.



ПД в норме: 1 мс