

Биоэлектрические явления в живых тканях

Лекция 1

Физиология – наука, которая изучает закономерности деятельности живых организмов и их составных частей

Физиология - physis (природа), logos (учение)

Физиология:

- микроорганизмов;
- растений;
- животных;
- **ЧЕЛОВЕКА**

- Развитие физиологии основано на развитие других дисциплин, таких как анатомия, гистология, биохимия, физика, химия, молекулярной биохимии и так далее.
- Определение медицины - наука о диагностике, лечении, или профилактике болезни и других повреждений в теле или в мыслях.
- Определение физиологии требует определение жизни, в понятии жизни, существует тесная связь между физиологией и медициной.

Основные термины физиологии

- Функция – форма деятельности живой структуры.
- Функциональная единица - наименьшая группа клеток, объединенных для выполнения определенной функции (нефрон).
- Физиологическая система - объединение органов для выполнения определенной функции.
- Функциональная система - временное объединение органов и физиологических систем для получения биологически полезного результата.
- Функциональное состояние - состояние функции в определенный момент времени.

Функциональные свойства живых организмов

- Обмен веществ и энергии
- Саморегуляция
- Гомеостаз
- Адаптация
- Рост, развитие размножение
- Раздражимость

Раздражение - процесс действия раздражителя на биологическую структуру

Классификация раздражителей

- По энергетической природе:
 - физические
 - химические
 - биологические
 - социальные
- По биологическому эффекту:
 - адекватные
 - неадекватные
- По силе:
 - допороговые
 - пороговые
 - сверхпороговые

Биологическая реакция – ответ биологической структуры на действие раздражителя

- Локальная
- Расширенная (возбуждение)

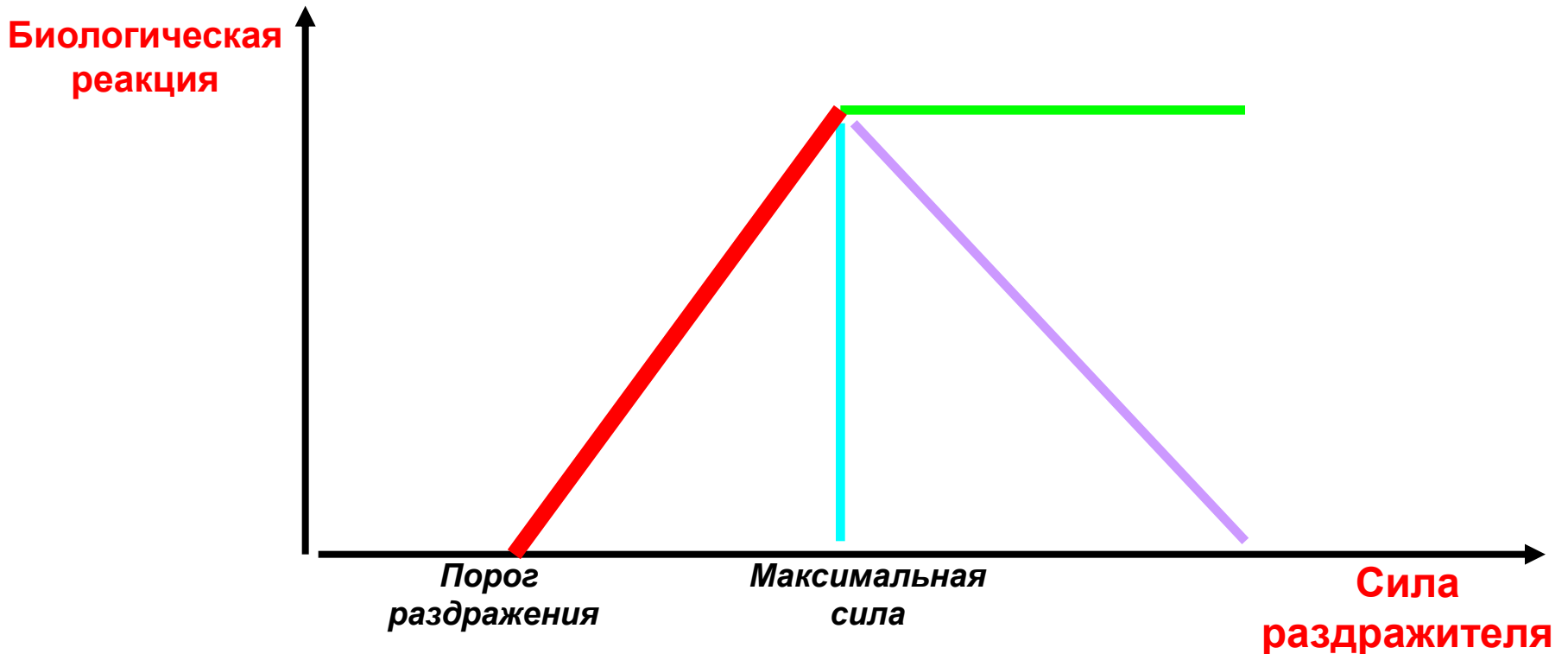
Возбудимость – способность биоструктур к возбуждению.

Возбудимые структуры – биоструктуры, способные возбуждаться.

- Нервные клетки и нервные волокна;
- Мышечные волокна
- Секреторные клетки

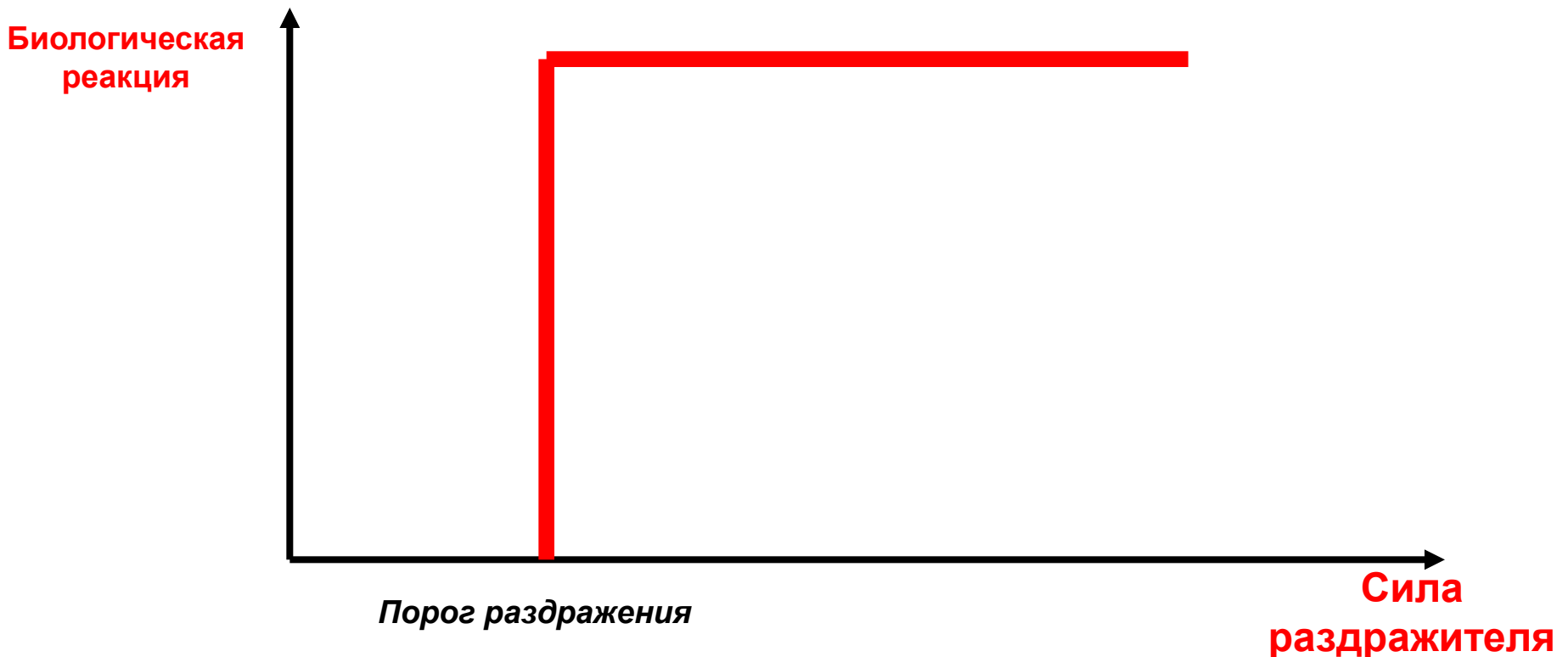
Законы раздражения

- Закон силы (силовых отношений)
Чем больше сила раздражителя, тем больше биологическая реакция (в определенных пределах)



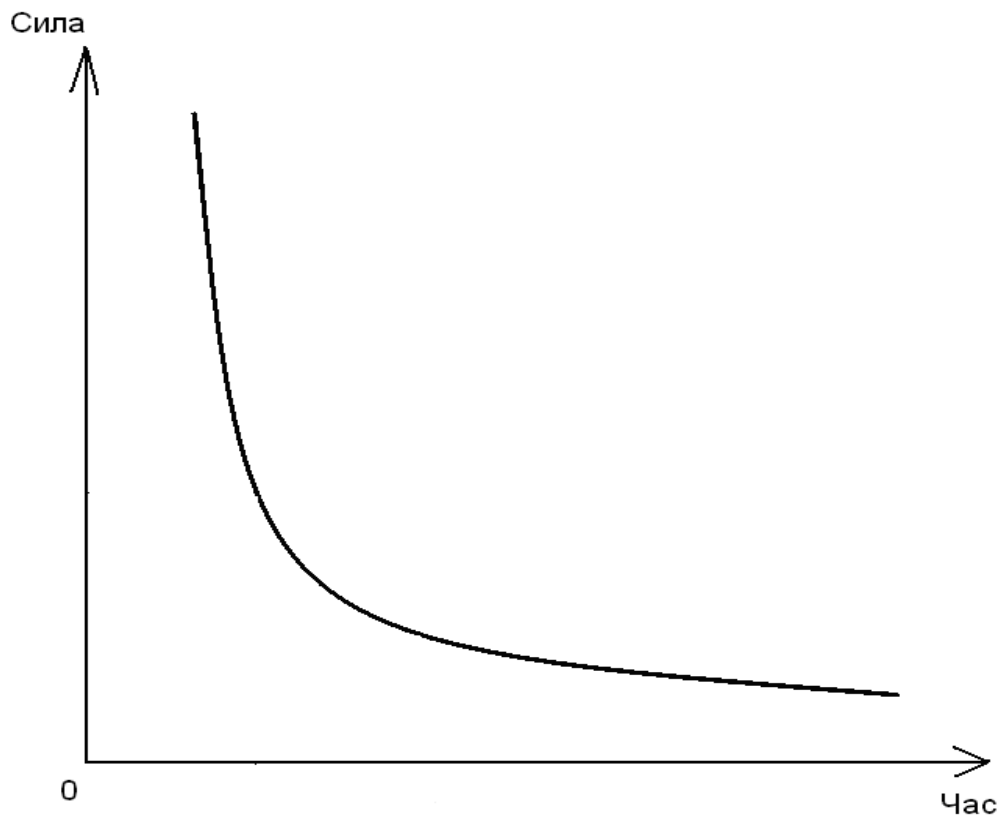
- Закон “Всё или Ничего”

При действии допорогового раздражителя биологическая реакция не возникает («Ничего»), при достижении порога возникает максимальная реакция, не меняется при росте силы раздражителя («Все»)



- Закон длительности раздражения
(закон силы-времени, закон гиперболы)

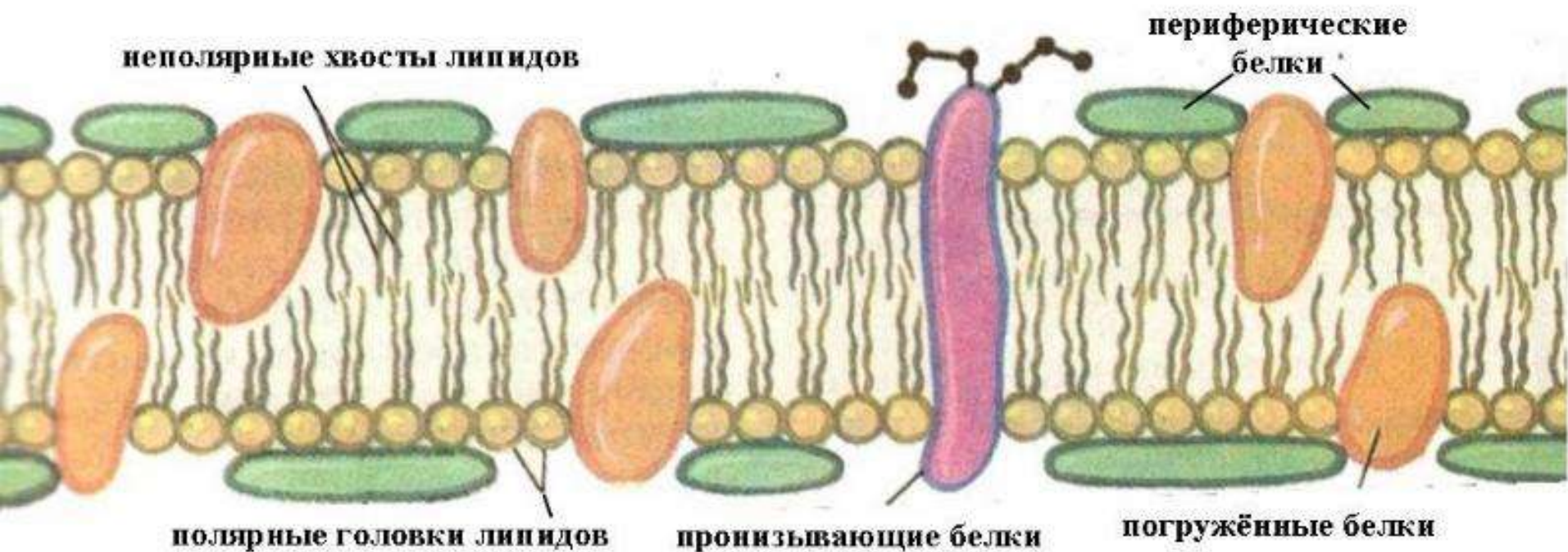
Чем больше сила раздражителя, тем меньше время необходимо для возникновения реакции



Функции клеточной мембраны

- **Структурная.** Создает структуру клетки и ее органоидов.
- **Изолирующая.** Обеспечивает избирательную проницаемость клетки к веществам
- Создает градиенты концентрации веществ между соответствующими структурами и средой, что их окружает.
- Регулирует активность процессов, происходящих в определенных структурах и клетке в целом

Особенности строения плазматической мембраны



Обмен веществ между клеткой и ее микроокружением

Трансмембранный транспорт

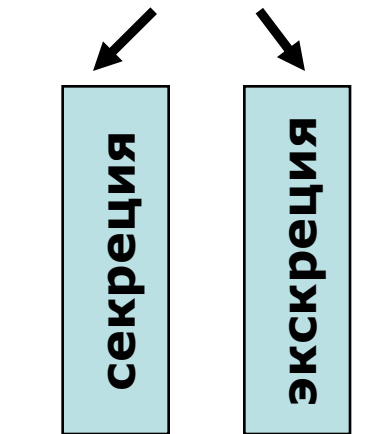
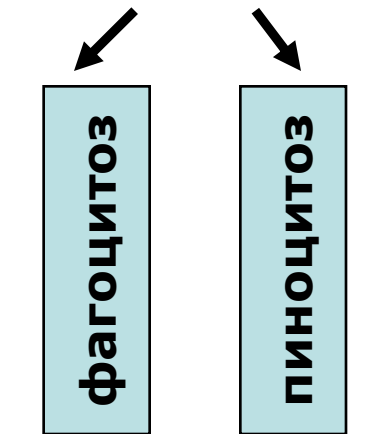
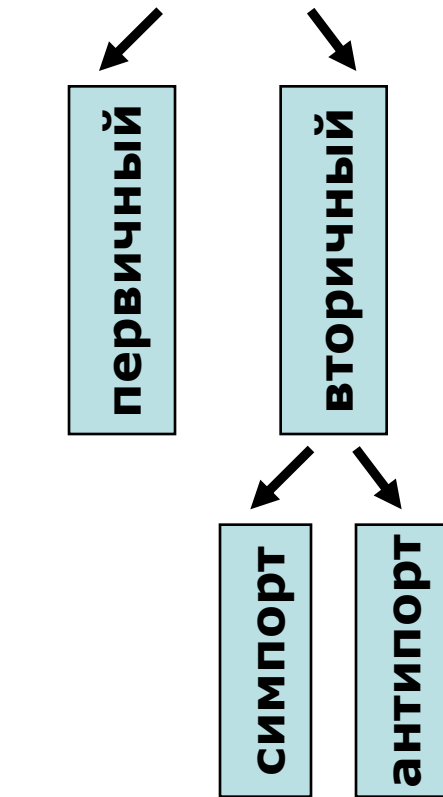
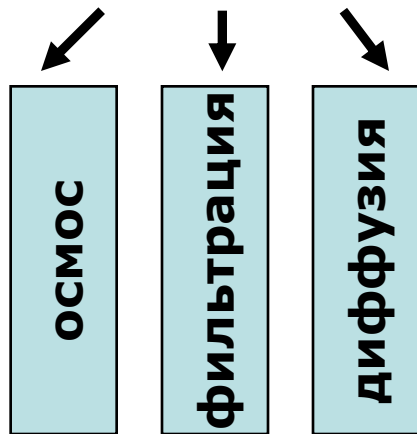
Везикулярный транспорт

пассивный

активный

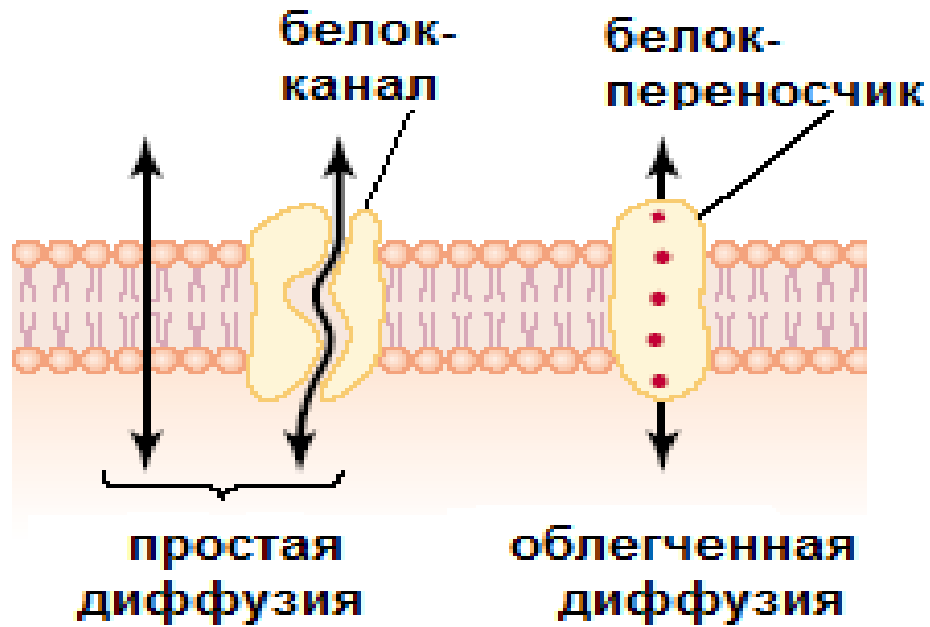
ЭНДОЦИТОЗ

ЭКЗОЦИТОЗ



Диффузия

Виды диффузии



Простая диффузия через липидный бишар
Простая диффузия через белки-каналы

Свойства белков-каналов

- ***Селективность***
- ***Наличие и состояние обратных механизмов***
- ***Кинетика каналов***

Факторы, влияющие на интенсивность диффузии веществ через клеточную мембрану

- *Факторы, связанные с мембраной, через которую осуществляется диффузия.*

А) проницаемость мембраны для определенного вещества (зависит от толщины мембраны, физико-химического состояния липидного слоя мембраны, количества белков-каналов и белков-переносчиков на единице площади мембраны и их функционального состояния)

Б) общая площадь мембраны через которую осуществляется диффузия

- *Факторы, связанные со свойствами и состоянием вещества, которое диффундирует через мембрану*

А) растворимость вещества в липидах

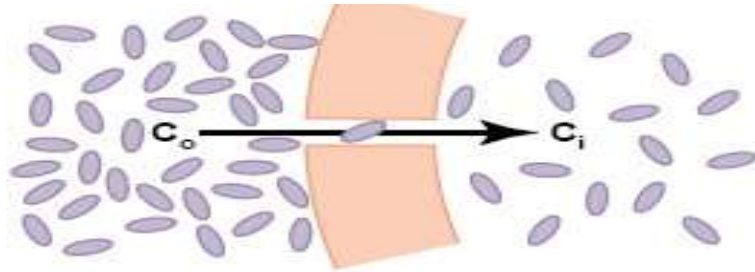
Б) температура

В) наличие электрического заряда

Г) молекулярная масса

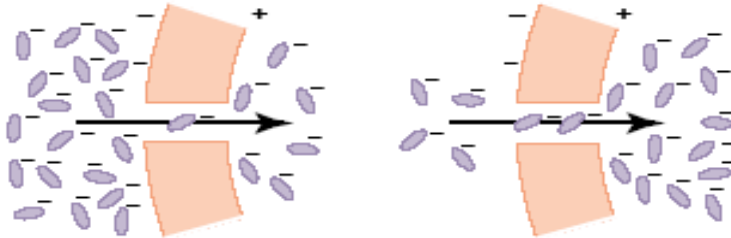
- **Факторы, которые являются движущей силой диффузии**

-градиент концентраций веществ с обеих сторон мембраны;



$$\frac{dm}{dt} = D \cdot \frac{S}{l} \cdot (C_1 - C_2)$$

-электрический градиент;

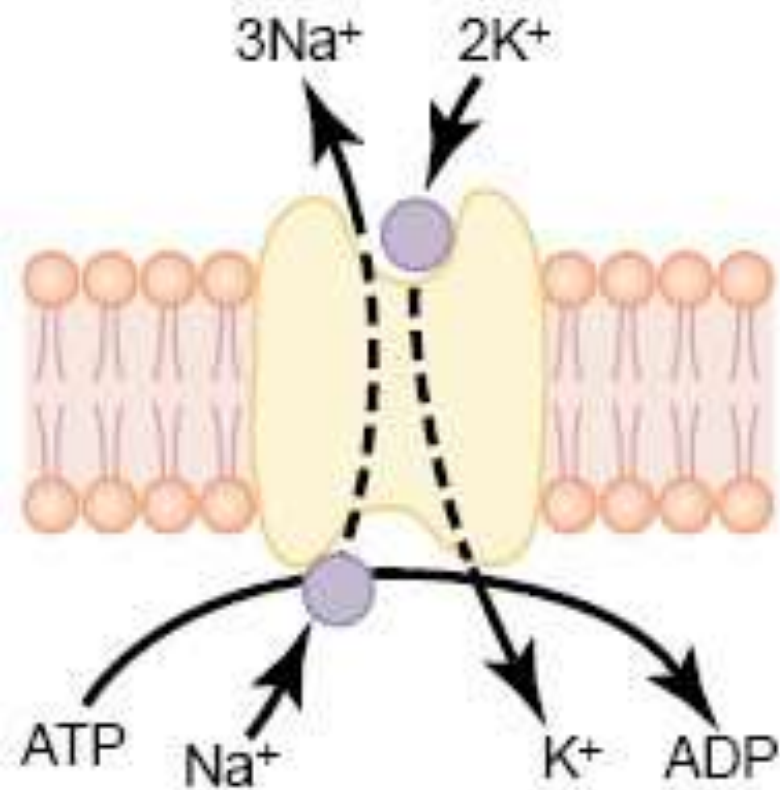


- градиент гидростатических давлений

- градиент осмотических давлений

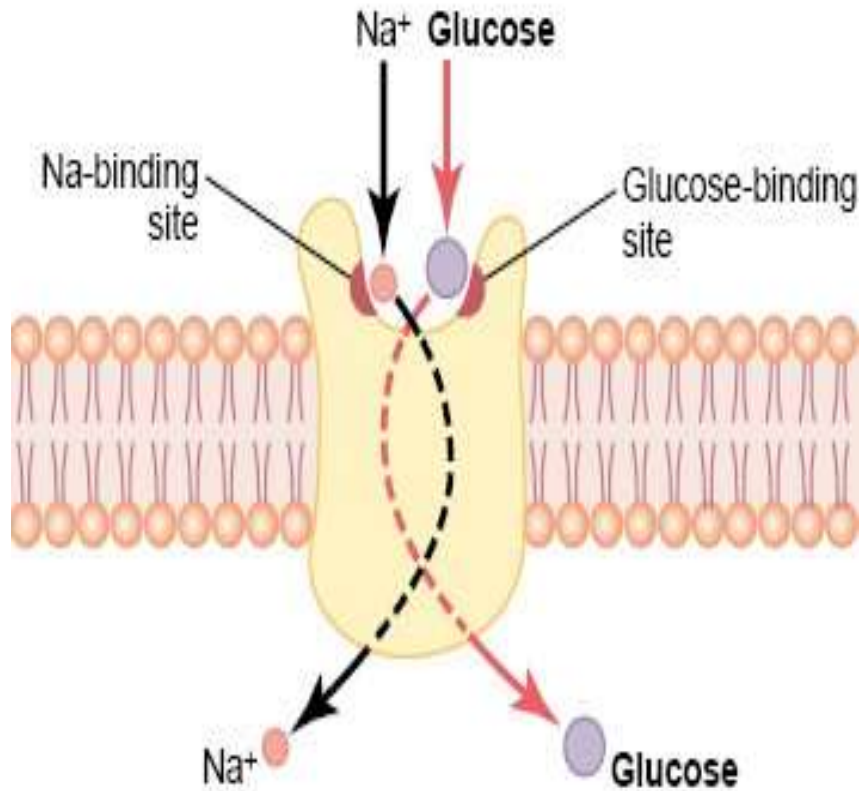
Первичный активный транспорт натрий-калиевый насос

Значение $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ - насоса:

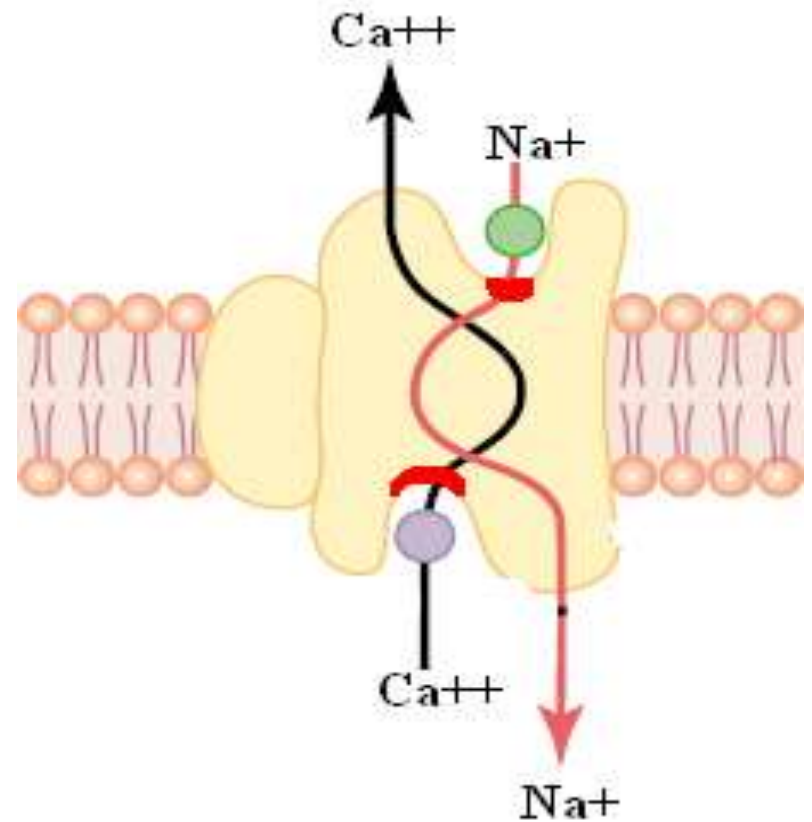


1. Обеспечивает разницу концентраций ионов Na^+ и K^+ в клетке и внеклеточной среде.
2. Создает электрический потенциал на клеточной мембране. Электрогенность насоса связана с неэквивалентным переносом зарядов во время его работы (с клетки выносятся 3 положительные заряды (3Na^+), а вносится 2 (2K^+)). За один цикл работы насоса клетка теряет один положительный заряд.
3. Соблюдение постоянства объема клетки. Как бы этот насос не работал, то большинство клеток отекала бы.

симпорт



антипорт



Электрофизиология

Выдающимся достижением XVIII в. оказалось открытие биоэлектрических явлений ("животного электричества") в 1791 итальянским анатомом и физиологом **Луиджи Гальвани** (Galvani, Luigi Aloisio, 1737-1798), что положило начало электрофизиологии



Потенциал покоя нервных и мышечных волокон

Мембранный потенциал (МП) –

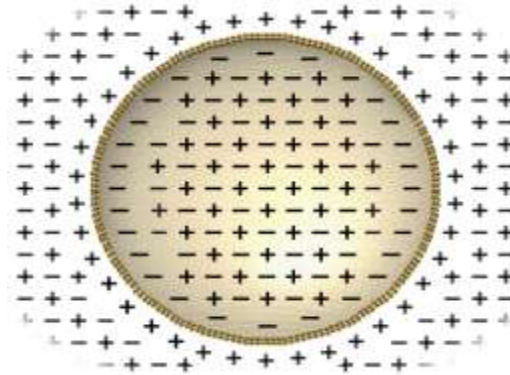
трансмембранная разница потенциалов между внешней и внутренней поверхностями плазматической мембраны

Потенциал покоя (ПП) – мембранный

потенциал возбудимых структур в состоянии покоя

Физические характеристики ПП

- Полярность



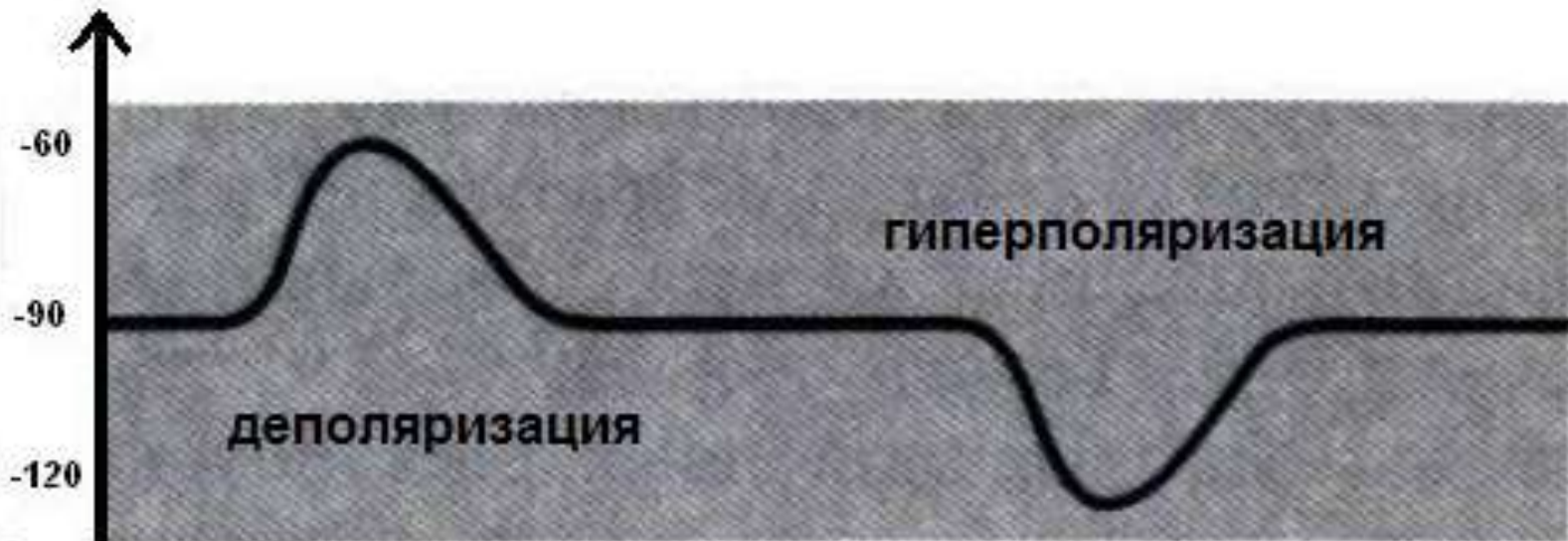
- Постоянство величин

Абсолютные значения:

- **Нервные волокна - 90 мВ**
- **Скелетные мышечные волокна - 90 мВ**
- **Гладкие мышечные волокна -50-60 мВ**
- **Нейроны ЦНС -40-50 мВ**

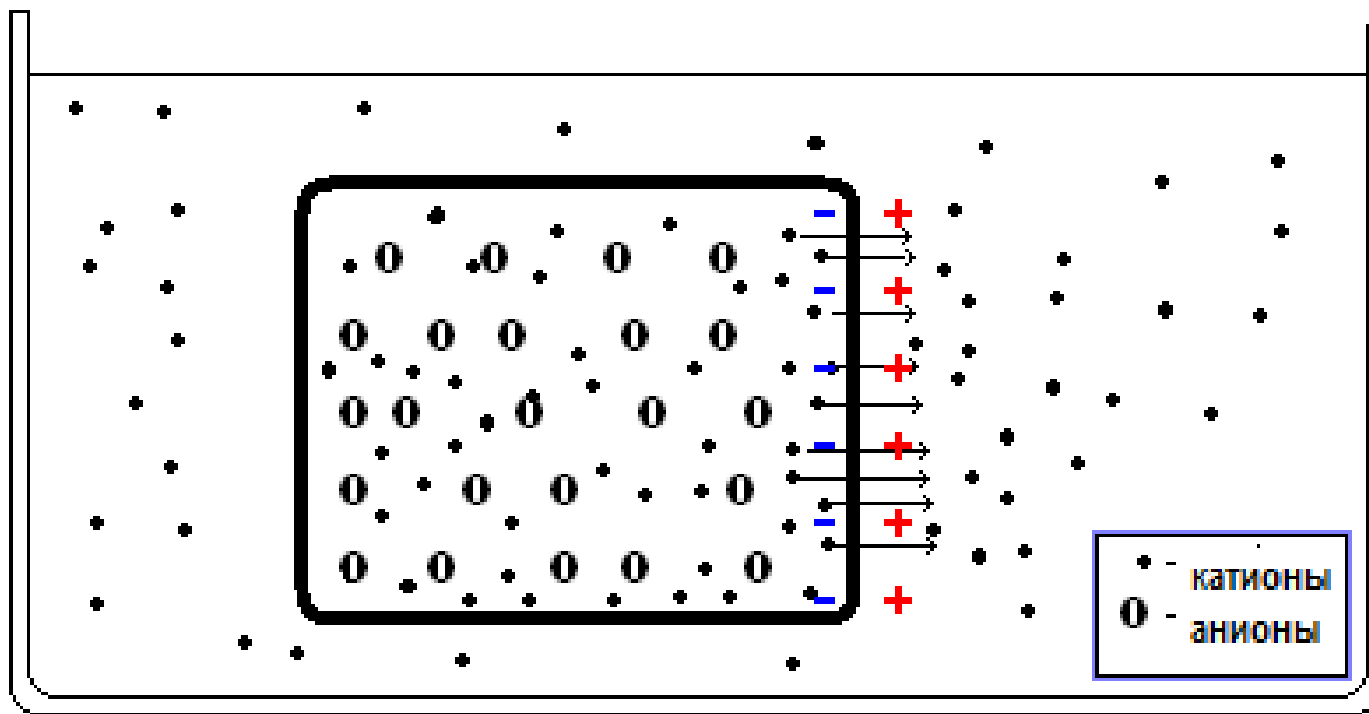
Изменения величин ПП

- **Деполаризация** – уменьшение абсолютной величины ПП
- **Гиперполяризация** – увеличение абсолютной величины ПП



Ионные механизмы происхождения ПП

1896 г. В.Ю. Чаговець – гипотеза о ионном механизме происхождения ПП



Основные ионные механизмы возникновения ПП

Наличие в клетках трансмембранных градиентов концентрации ионов К, Na и др.

Високая проницаемость мембраны в состоянии покоя для ионов калия

Непроницаемость мембраны в состоянии покоя для внутриклеточных белков-анионов

Диффузия ионов калия по градиенту концентрации из клетки

Относительное увеличение концентрации катионов (+ зарядов) на внешней стороне клетки

Относительное увеличение концентрации анионов (- зарядов) в цитоплазме

Возникновение разницы потенциалов между внешней средой клетки и цитоплазмой – потенциал покоя

Потенциал равновесия

Уравнение Нернста

$$E = -61 \cdot \lg \frac{[K^+]_i}{[K^+]_o}$$

Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца

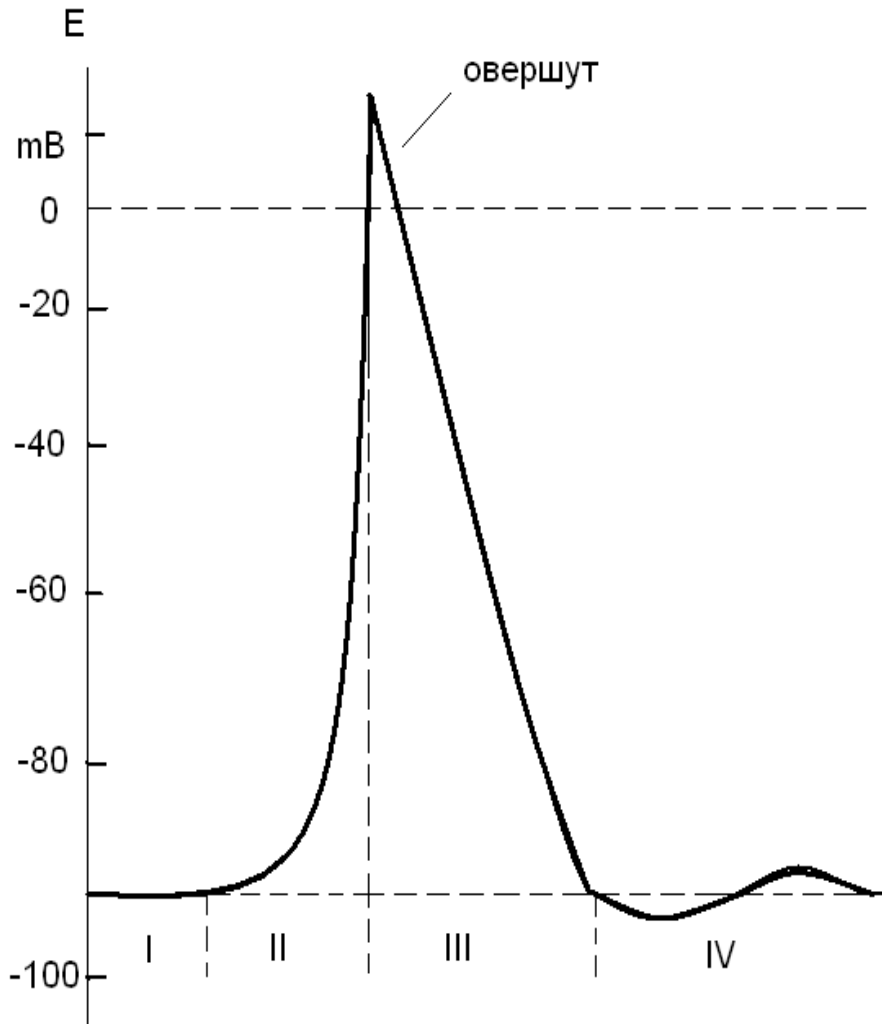
$$E = -61 \cdot \lg \frac{[K^+]_i \cdot P_K + [Na^+]_i \cdot P_{Na} + [Cl^-]_o \cdot P_{Cl}}{[K^+]_o \cdot P_K + [Na^+]_o \cdot P_{Na} + [Cl^-]_i \cdot P_{Cl}}$$

Потенциал действия

Потенциал действия (ПД) –

быстрое, высокоамплитудное изменение мембранного потенциала, которая возникает в возбудимых структурах в ответ на действие раздражителя

Структура ПД



1. Фаза покоя
2. Фаза деполяризации
3. Фаза реполяризации
4. Фаза следовых потенциалов

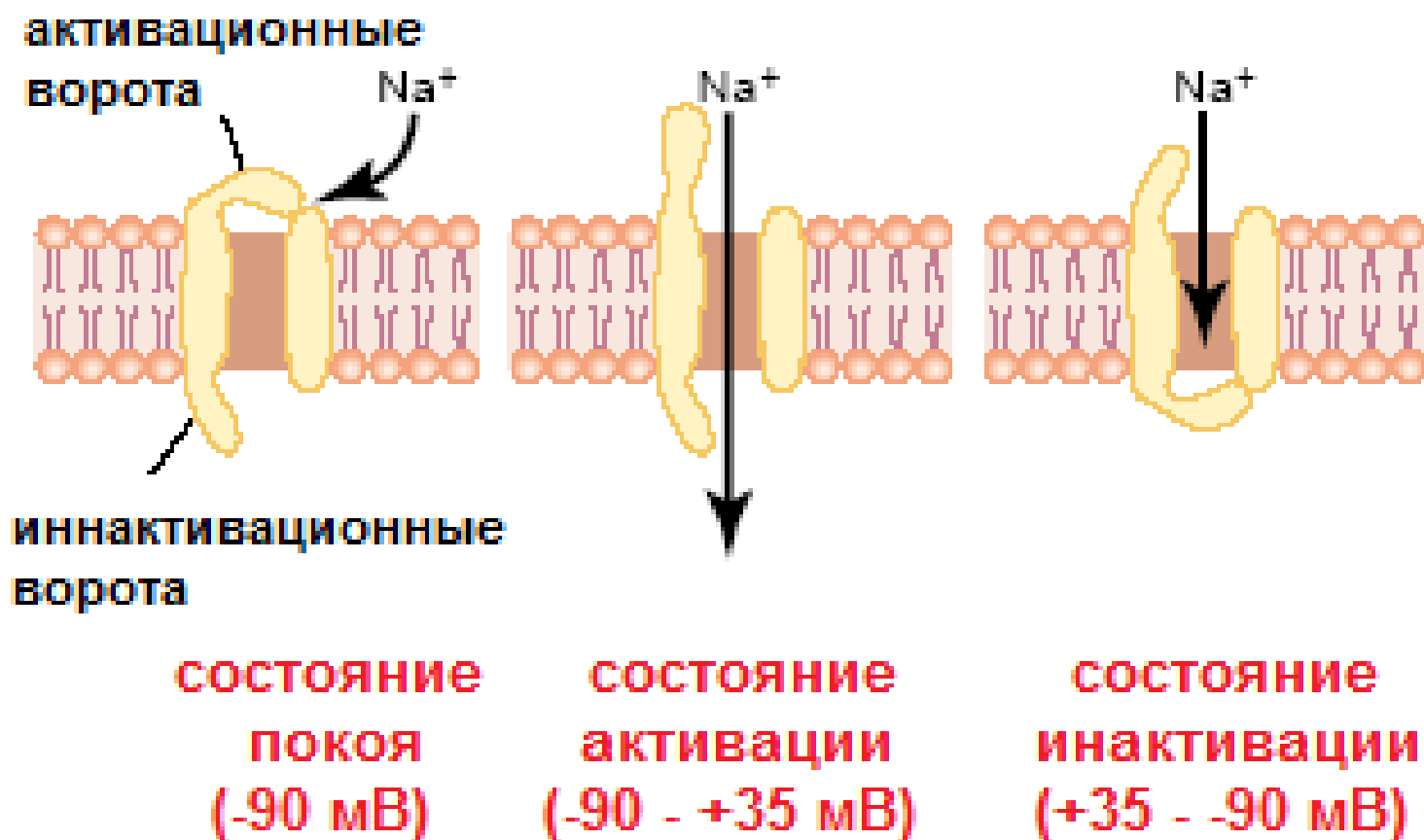
Физические характеристики ПД

- Полярность
- Овершут
- Амплитуда
- Длительность
- Длина волны
- Скорость распространения

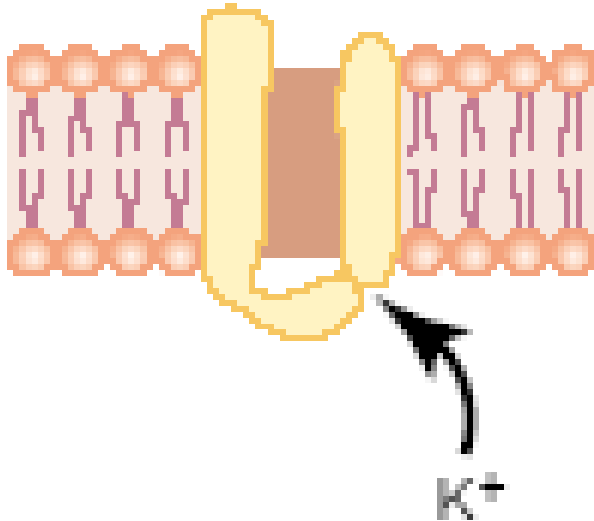
Физиологические характеристики ПД

- Подчиняется закону «Все или Ничего»
- Бездекрементность распространения
- ПД сопровождается рефрактерностью
- ПД не способен к суммации

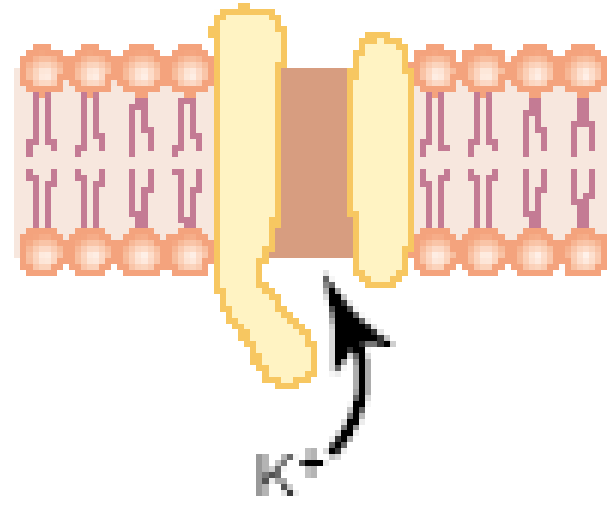
Натриевые каналы



Калиевые каналы



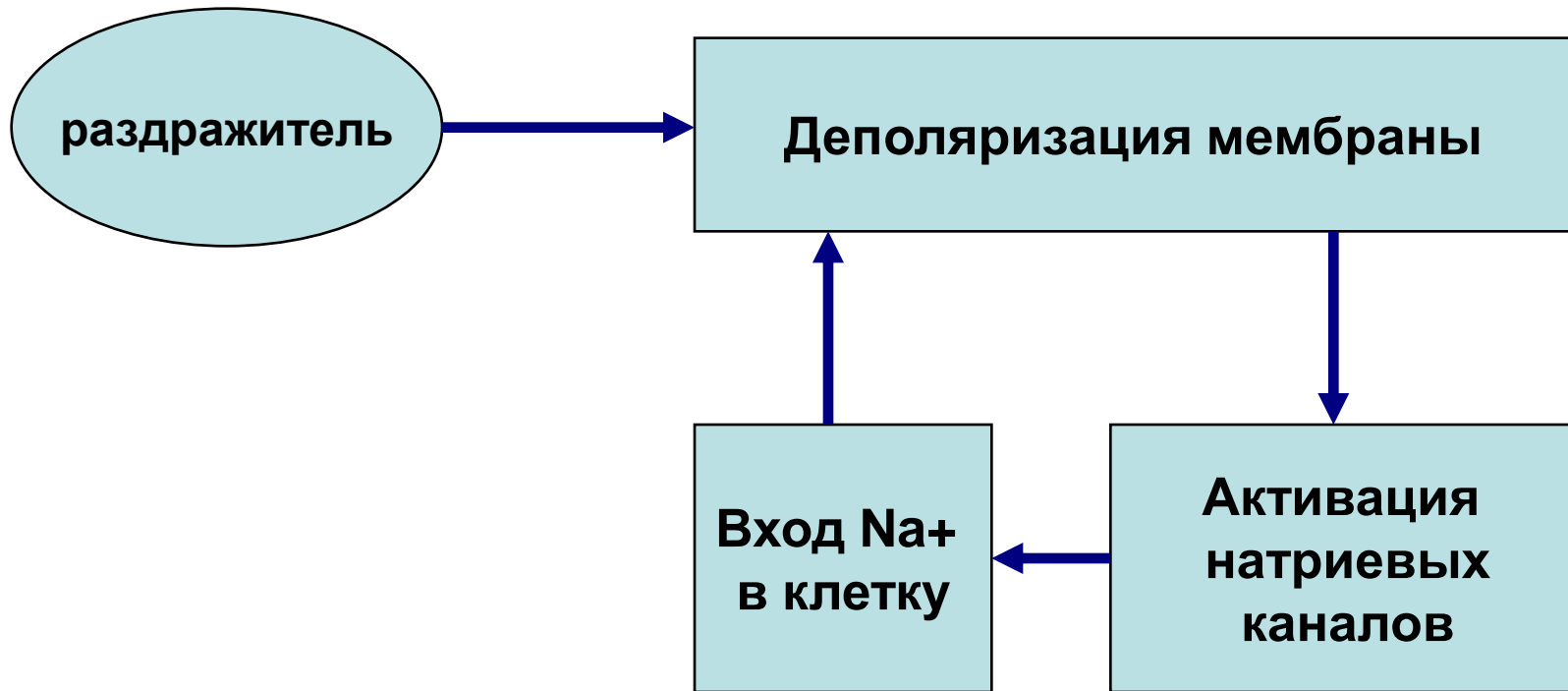
**состояние
покоя
(-90 мВ)**



**состояние
инактивации
(+35 - -90 мВ)**

Ионные механизмы основных фаз ПД

- Фаза деполяризации



- Фаза реполяризации
 1. Инактивация потенциалзависимых натриевых каналов
 2. Активация потенциалзависимых калиевых каналов