

**Нормальная физиология** - наука о  
процессах жизнедеятельности  
целостного организма и  
механизмах ее регуляции для  
оптимального приспособления к  
меняющимся условиям  
окружающей среды

**ЦЕЛЬ** курса нормальной физиологии в медицинском вузе:

- **ОВЛАДЕТЬ СОВРЕМЕННЫМИ ТЕОРЕТИЧЕСКИМИ ЗНАНИЯМИ О ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЯХ И МЕТОДАХ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАУЧИТЬСЯ ОТЛИЧАТЬ НОРМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОТ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ И УМЕТЬ РЕШАТЬ ЗАДАЧИ, СВЯЗАННЫЕ С ВЫЯСНЕНИЕМ ВОПРОСОВ О ПРИЧИНАХ ОТКЛОНЕНИЙ ФУНКЦИЙ И НАРУШЕНИЯХ ИХ РЕГУЛЯЦИИ.**

# ФИЗИОЛОГИЯ

```
graph TD; A[ФИЗИОЛОГИЯ] --> B[РАСТЕНИЙ]; A --> C[ЖИВОТНЫХ]; A --> D[ЧЕЛОВЕКА]; D --> E[НОРМАЛЬНАЯ]; D --> F[ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ]; D --> G[КЛИНИЧЕСКАЯ];
```

РАСТЕНИЙ

ЖИВОТНЫХ

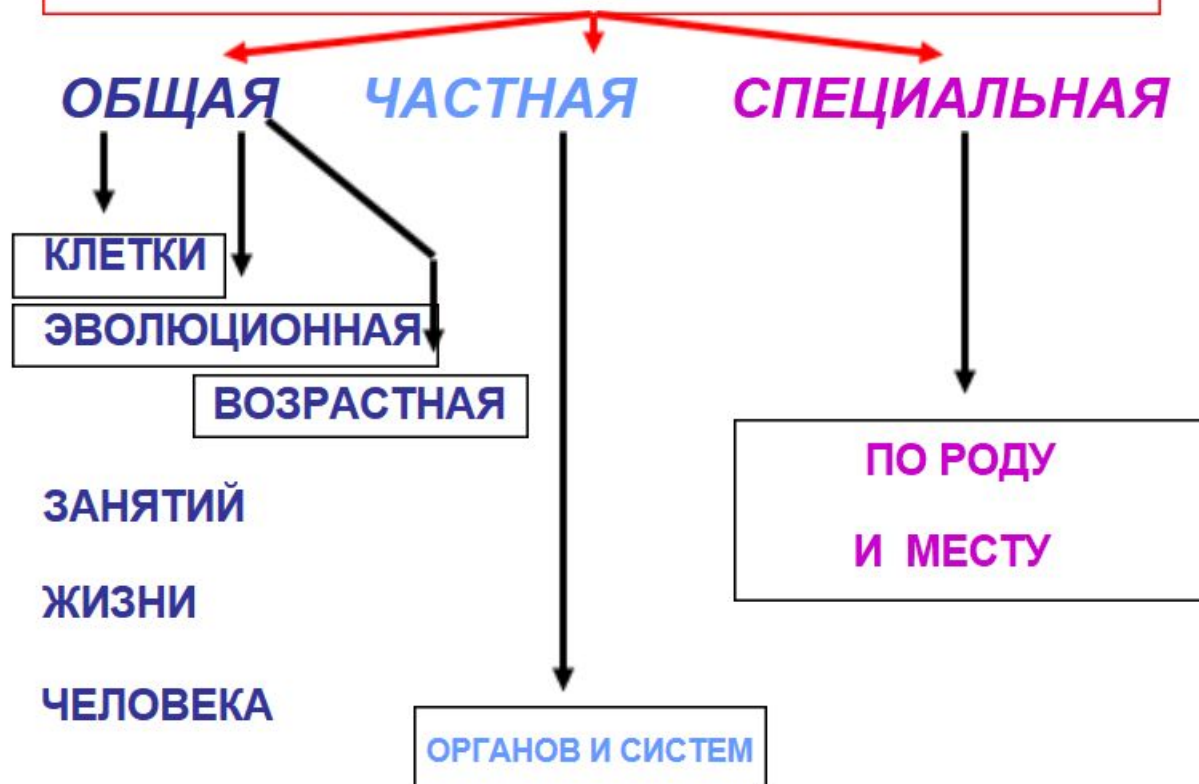
ЧЕЛОВЕКА

**НОРМАЛЬНАЯ**

**ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ**

**КЛИНИЧЕСКАЯ**

# НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ



# ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- **Физиология** - наука о функциях организма и отдельных его частей
- **Организм** – самостоятельно существующая единица органического мира, существующая при постоянном взаимодействии с внешней средой и способная самовозобновляться в процессе такого взаимодействия
- **Функция** - специфическое проявление жизнедеятельности биологической системы, имеющее приспособительное значение.

## *Организм-*

- Это саморегулирующаяся система
- Это система, которая существует лишь при взаимодействии с окружающей средой
- Это система, которая реагирует как единое целое на различные изменения внешней среды
- Это система, которая в процессе взаимодействия с внешней средой способна самообновляться

## Основные проявления жизнедеятельности

- Физиологический покой
- Физиологическая активность



## **ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

- Принцип целостности
- Принцип структурности
- Принцип единства с внешней средой
- Принцип детерминизма
- Принцип надежности: *избыточность, резервирование функции, периодичность функционирования, дублирование*
- Принцип приспособления



# Понятия нормы

- **Средние: видовая, групповая, возрастная, половая**
- **Индивидуальная норма**
- **Физиологическая норма - биологический оптимум процессов жизнедеятельности**



# ГОМЕОСТАЗИС

- Гомеостазис - относительное динамическое постоянство внутренней среды и устойчивость физиологических функций
- Жесткие константы - рН, концентрация ионов и др.
- Пластичные константы - концентрация глюкозы, липидов, остаточного азота....

***Регуляция-это направленное изменение функций, адекватное внешней и внутренней среде.***

***Принципы регуляции :***

- **Все функции в организме регулируются**
- **Регуляция осуществляется нервной системой и гуморально**
- **Регуляция осуществляется по принципу саморегуляции**

## определение

- **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА –  
СОВОКУПНОСТЬ РАЗНОРОДНЫХ  
ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ,  
ОБЪЕДИНЕННЫХ НА  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ  
ДОСТИЖЕНИЯ КАКОГО-ЛИБО  
ПОЛЕЗНОГО РЕЗУЛЬТАТА**

Возбудимые ткани

- **Возбуждение** - формирование специфической ответной реакции ткани на раздражение
- К возбудимым тканям относят: **нервную, мышечную, секреторную**

# ВОЗБУДИМОСТЬ

- **Это способность ткани отвечать на раздражение возбуждением (генерацией потенциала действия – ПД)**



В основе всех реакций организма лежит **раздражимость** - способность реагировать на действие различных факторов изменением функции.

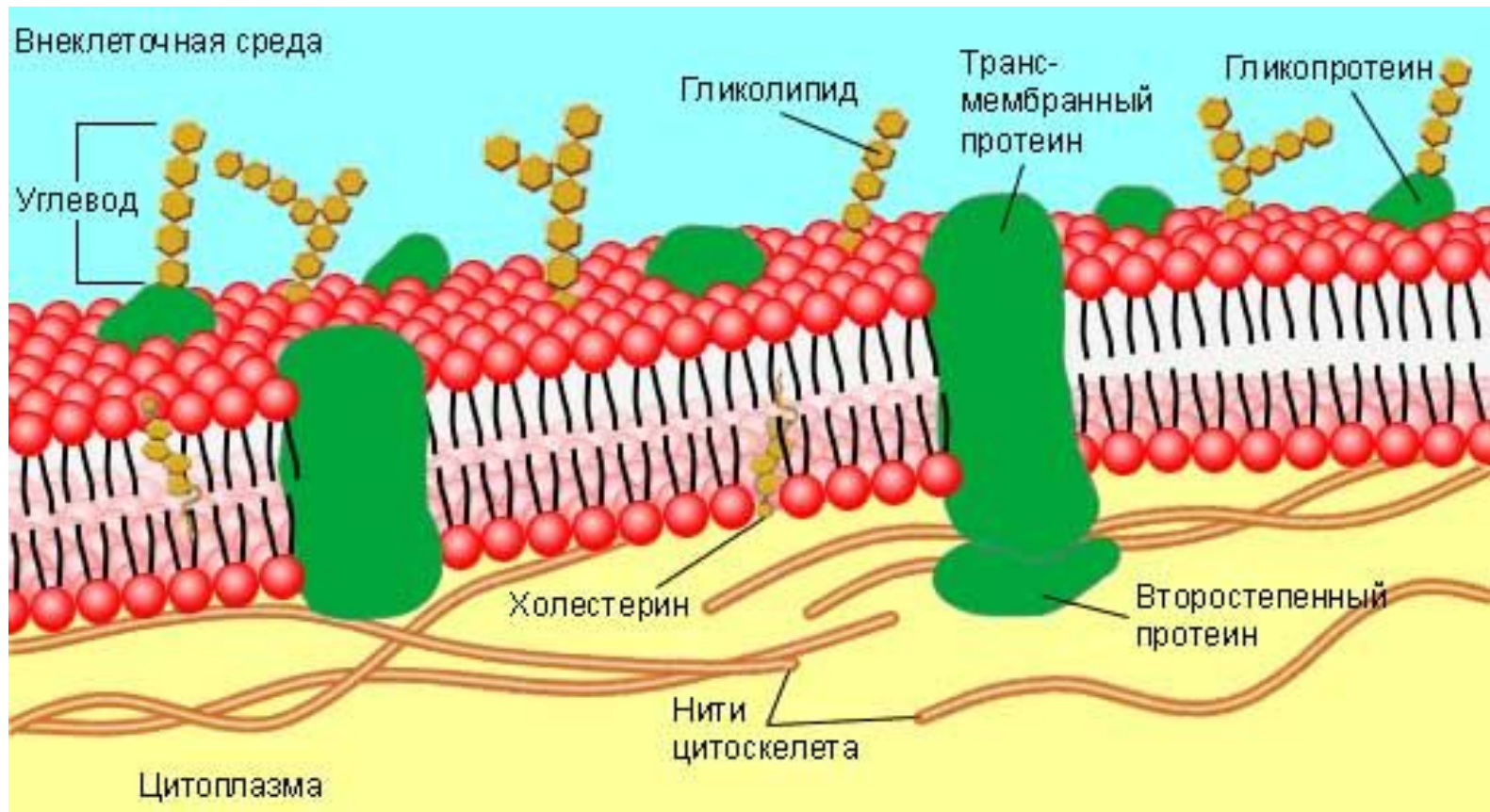
- **Возбудимость** - способность отвечать на действие раздражителя возбуждением. В электрофизиологии термином «возбуждение» обозначают 2 процесса:
  - **1. Процесс временной деполяризации** мембраны клетки, т.е. генерацию потенциала действия (ПД).
  - **2. Специфический ответ ткани** на возникший в ней ПД (сокращение мышцы, выделение секрета железой, проведение нервного импульса).
- **Проводимость** – способность передавать возбуждение на расстояние.
- **Раздражители** (стимулы) – различные факторы, способные вызывать возбуждение.
- Возбудимость различных тканей неодинакова. Ее величину оценивают по **порогу раздражения - минимальной силе раздражителя, которая способна вызвать возбуждение.**
- Потенциал действия (ПД) – электрический разряд такой же как, например, молния, только очень слабый.

# Свойства возбудимых тканей

- 1. **Возбудимость** - способность ткани отвечать возбуждением на раздражение
- 2. **Проводимость** - способность проводить возбуждение
- 3. **Сократимость** - способность развивать силу или напряжение при возбуждении
- 4. **Лабильность** (или функциональная подвижность) - способность ритмически возбуждаться
- 4. **Секреторная активность** - способность выделять секрет, медиатор

# Строение биологической мембраны

- В основе возбуждения лежит способность ткани изменять проницаемость мембран своих клеток для ионов, формируя специфический ответ в виде распространяющегося потенциала действия

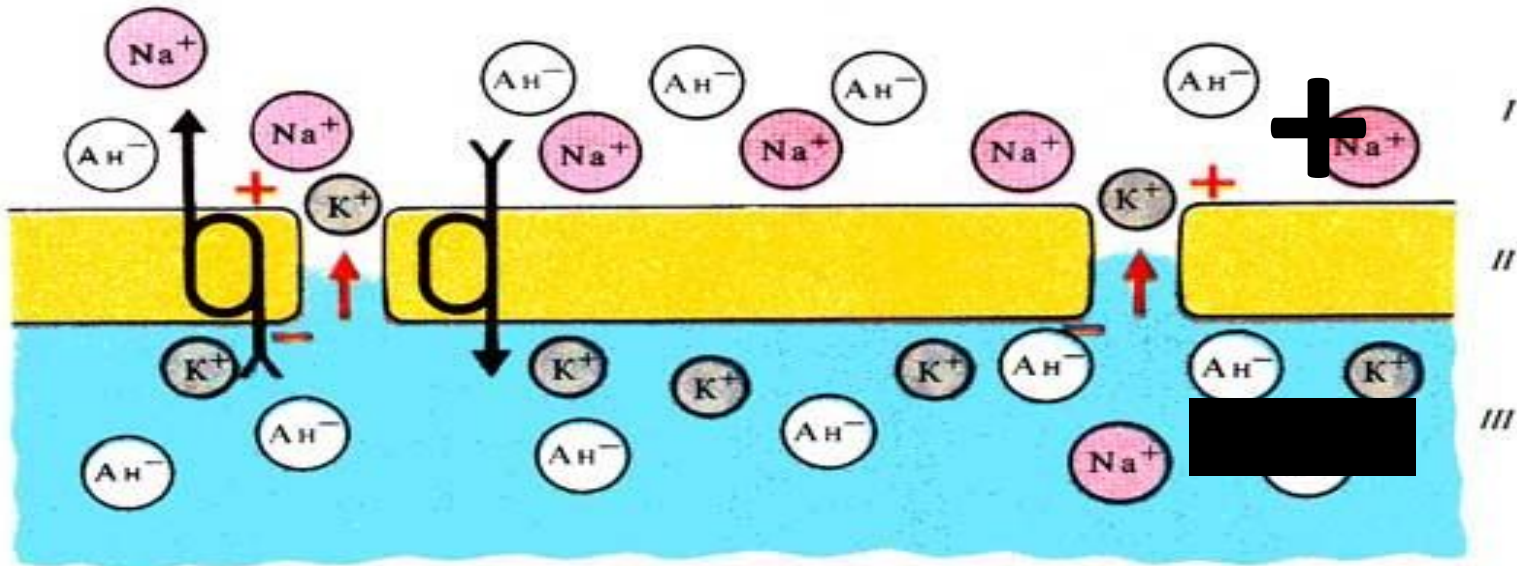


# поляризация

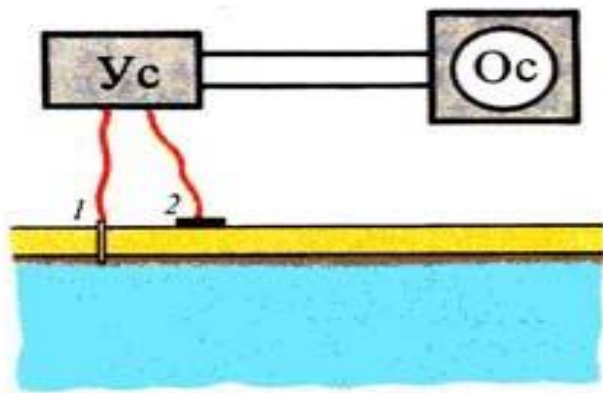
Наличие разных зарядов по обе стороны мембраны:

- Снаружи +
- Внутри –

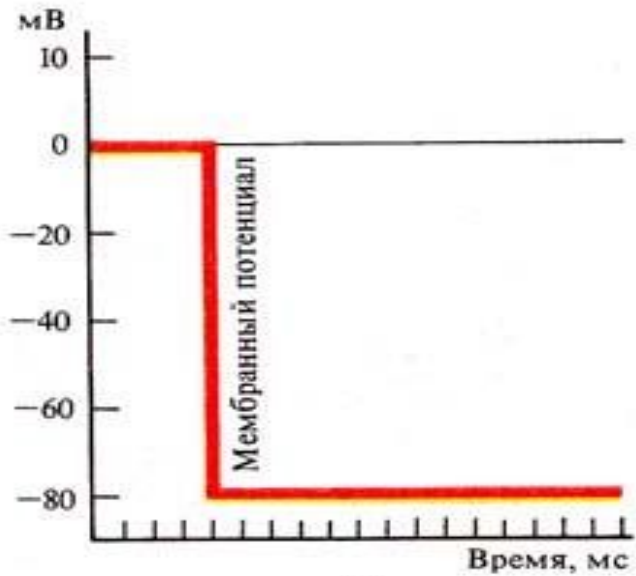
Клетка представляет собой «диполь»



А



Б



В

# Величина МП

- плазмолеммы нервных клеток и кардиомиоцитов варьирует от  $-60$  мВ до  $-90$  мВ
- плазмолеммы скелетного МВ —  $-90$  мВ
- ГМК (гладкомышечные клетки) около  $-55$  мВ

# Градиент

- **Это вектор, показывающий разницу между наибольшим и наименьшим значением какой-либо величины в разных точках пространства, а также указывающий на степень этого изменения.**

# ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ МП

## 1. ИОННАЯ АСИМЕТРИЯ

- Концентрационный градиент калия

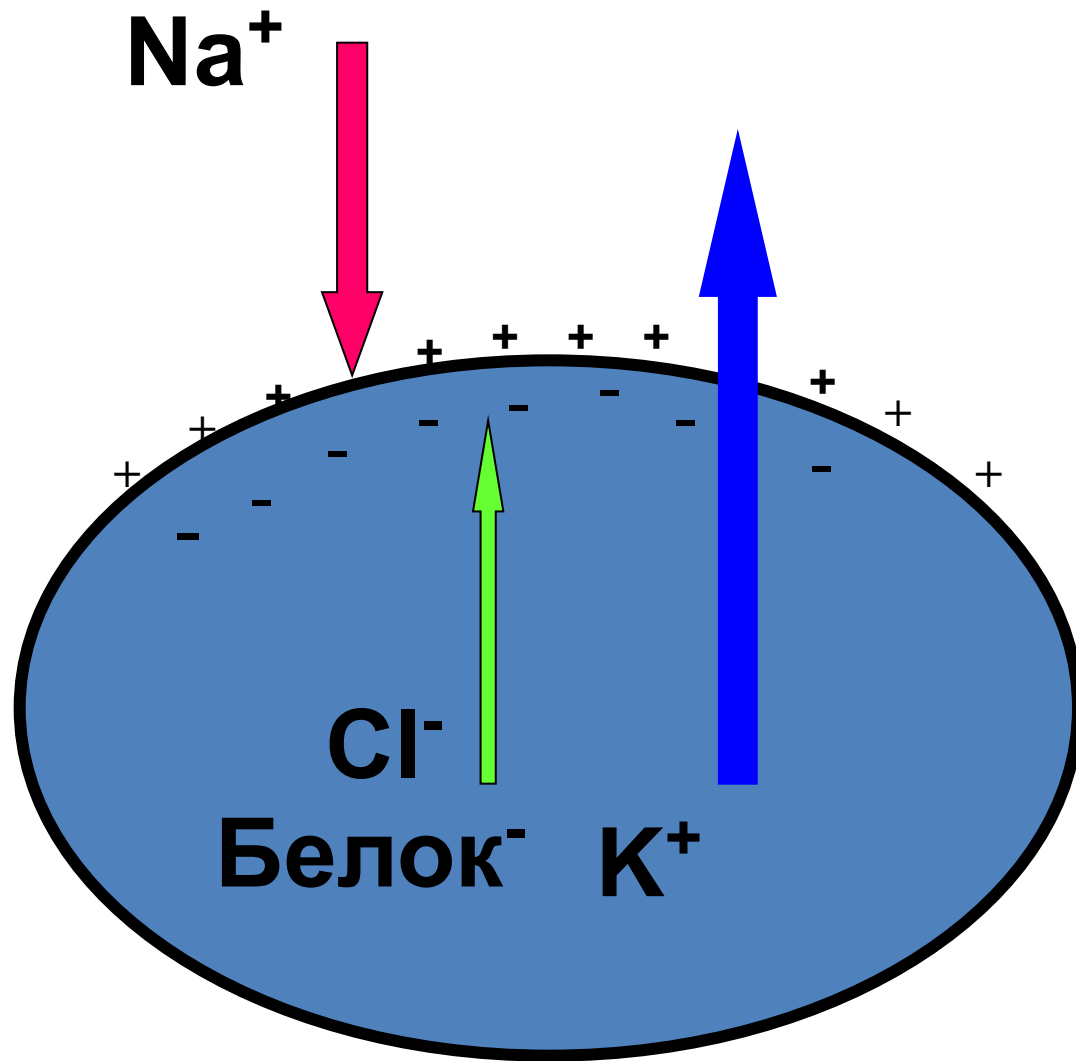
$$\frac{[K_{in}]}{[K_{ex}]} = 20-40 \text{ р}$$

- Концентрационный градиент натрия

$$\frac{[Na_{ex}]}{[Na_{in}]} = 8-10 \text{ р}$$



## 2. Полупроницаемость мембраны



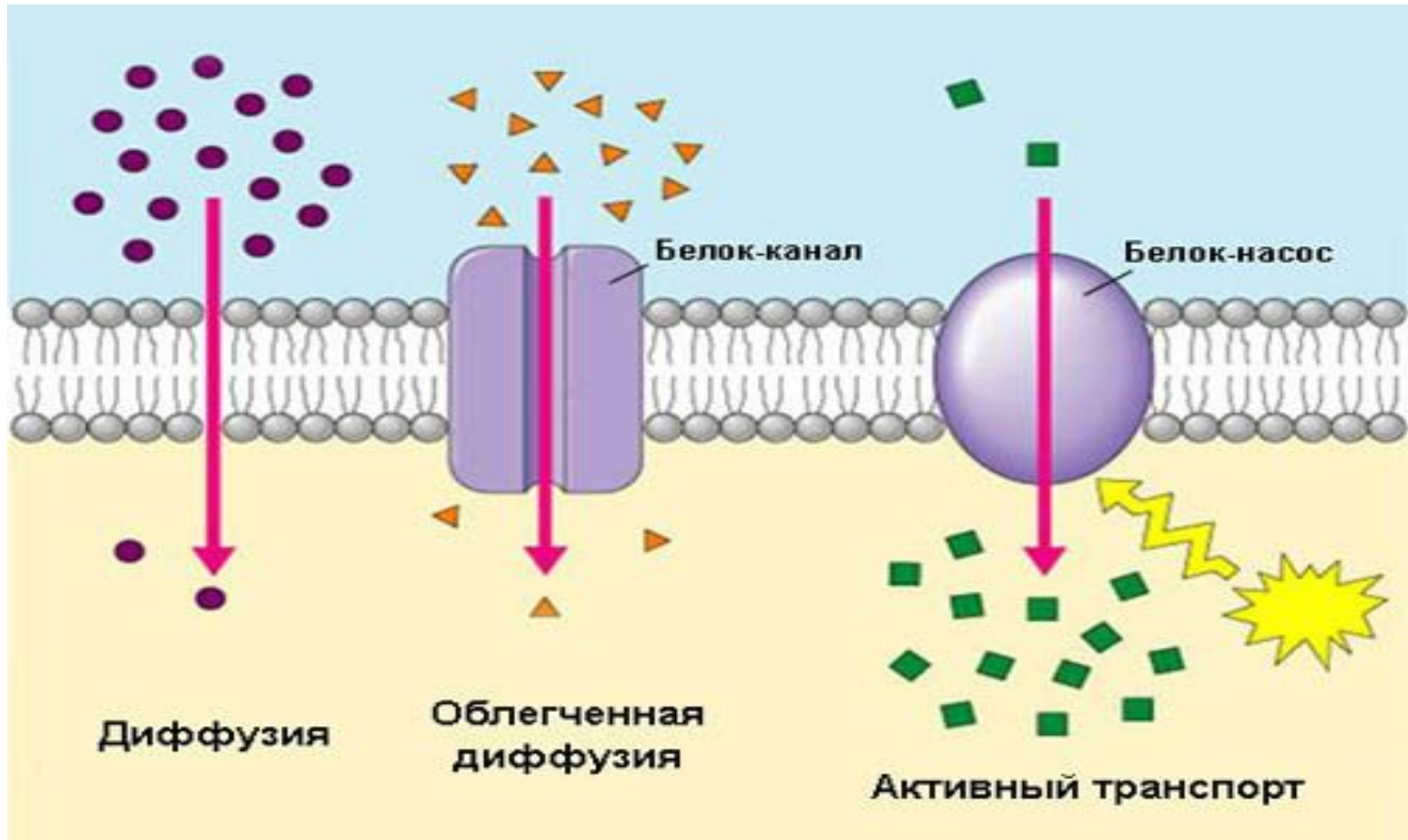
# «Электрический градиент»

- Это сила, создаваемая электрическим полем трансмембранной разности потенциалов
- Выход калия наружу уменьшает концентрационный градиент, а электрический – увеличивает.
- В результате величина градиентов выравнивается

# «Электрический градиент»

- Трансмембранная разность потенциалов создает электрическое поле, а следовательно и электрический градиент
- По мере выхода калия наружу концентрационный градиент уменьшается, а электрический – растет.
- В результате наступает выравнивание двух градиентов

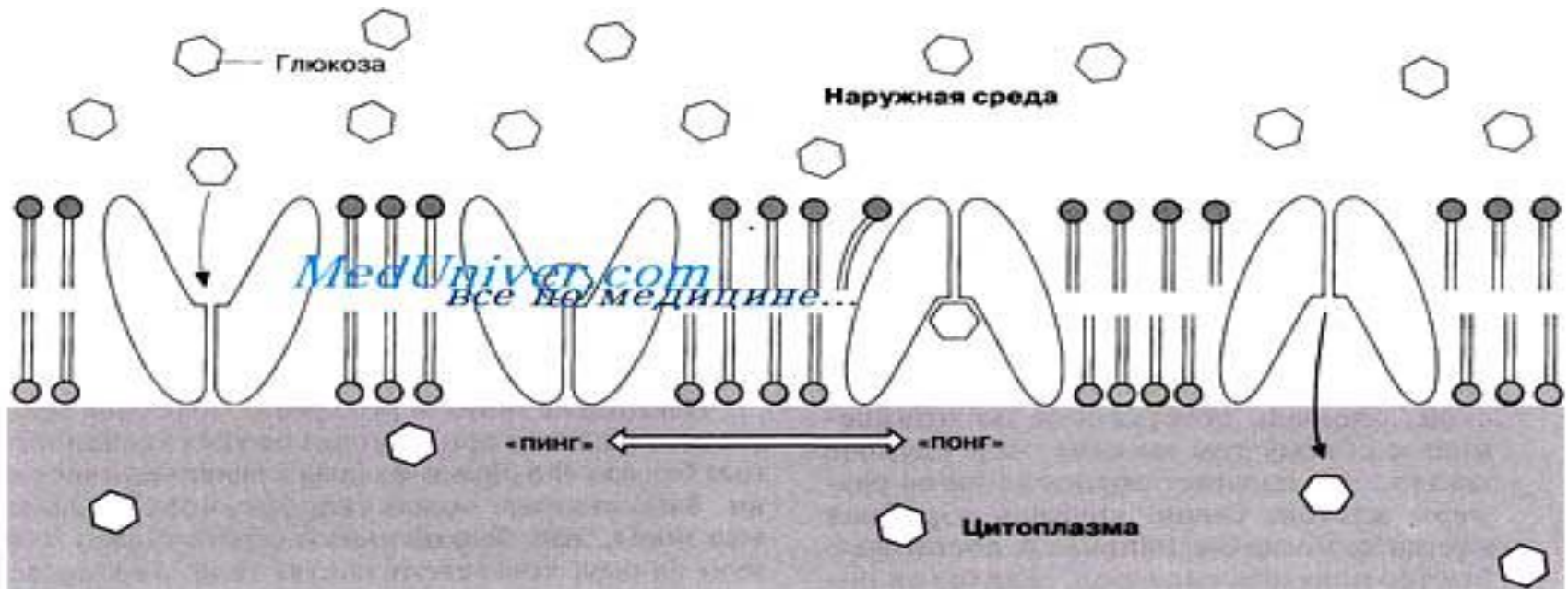
# Виды транспорта через биологическую мембрану



Диффузия и облегченная диффузия идут по градиенту концентрации без затраты энергии, активный транспорт - против градиента, с затратой энергии

# Облегченная диффузия с участием белка-переносчика

- Белок-переносчик пребывает попеременно в одном из двух состояний - «пинг» и «понг».
- Т.к. концентрация глюкозы (шестиугольники) в наружной среде выше, то ее поток направлен по диффузионному градиенту внутрь клетки

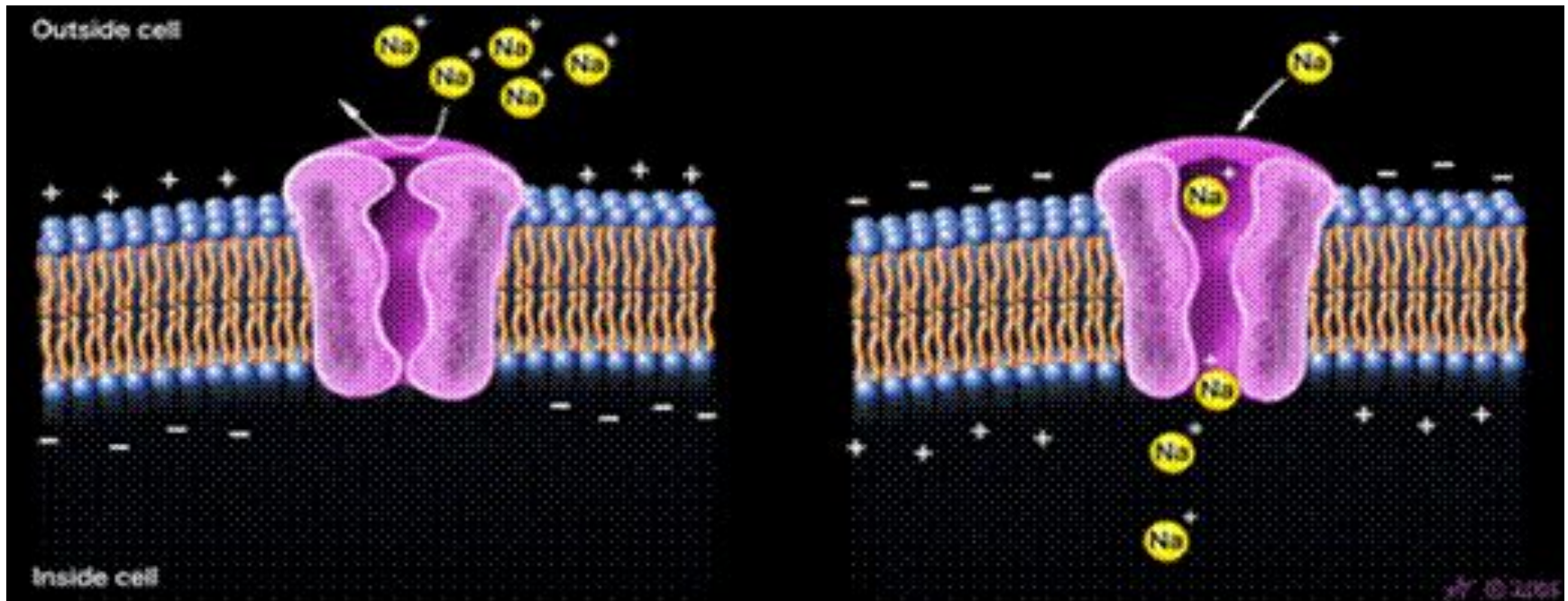


# Ионные каналы

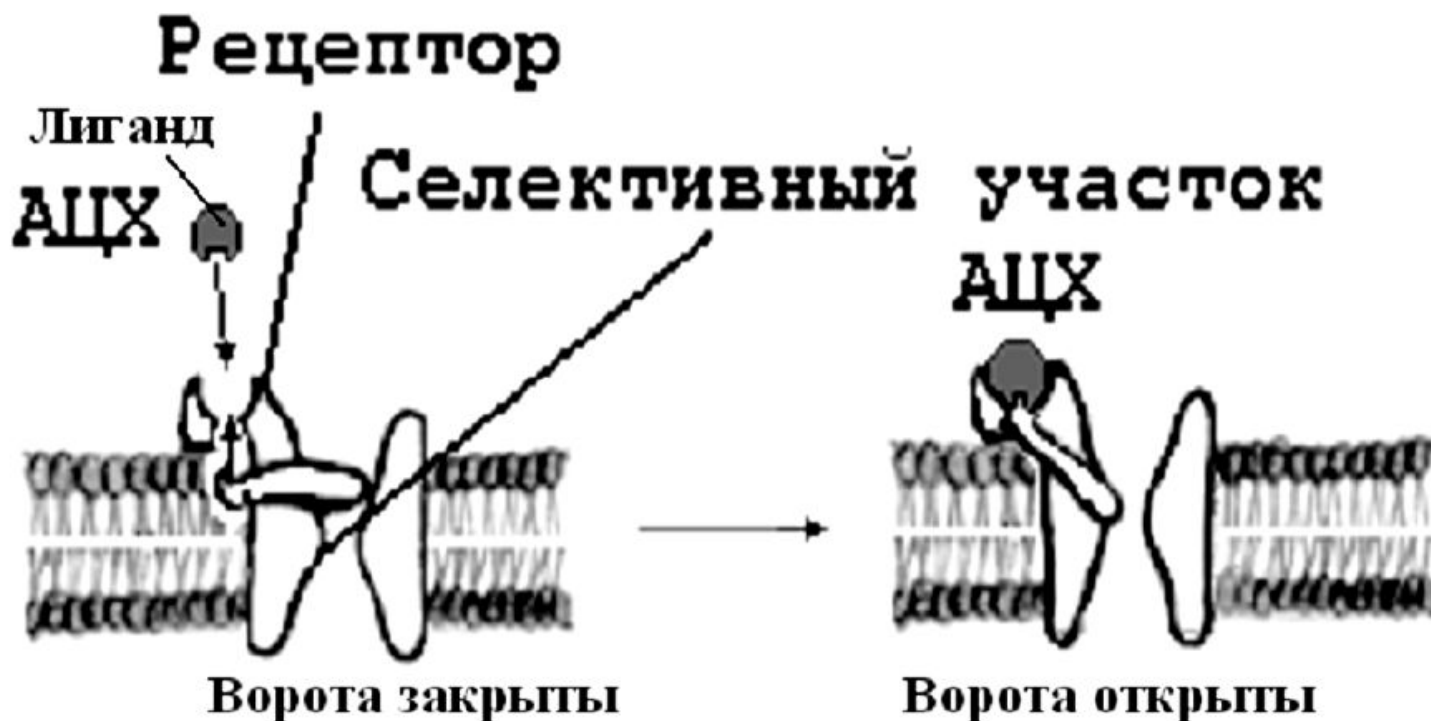
- Это пути с воротами, которые могут находиться в открытом или закрытом состоянии и регулировать скорость потока через мембрану.
- Функцию ворот выполняют специализированные белки клеточной мембраны, образующие гидрофильный проход, по которому заряженные ионы могут пересекать клеточную мембрану по электрохимическому градиенту

# Конформационные состояния ионного канала

- Ионный канал может находиться в состоянии покоя, активации и инактивации.
- **Состояние покоя** - канал закрыт, но готов к открытию в ответ на электрический или химический импульс.
- **Состояние активации** - канал открыт и обеспечивает прохождение ионов.
- **Состояние инактивации** - канал закрыт, не способен к активации



Интегральный белок  
Лиганд-зависимый канал (калиевый, кальциевый)  
имеющий одни (активационные) ворота

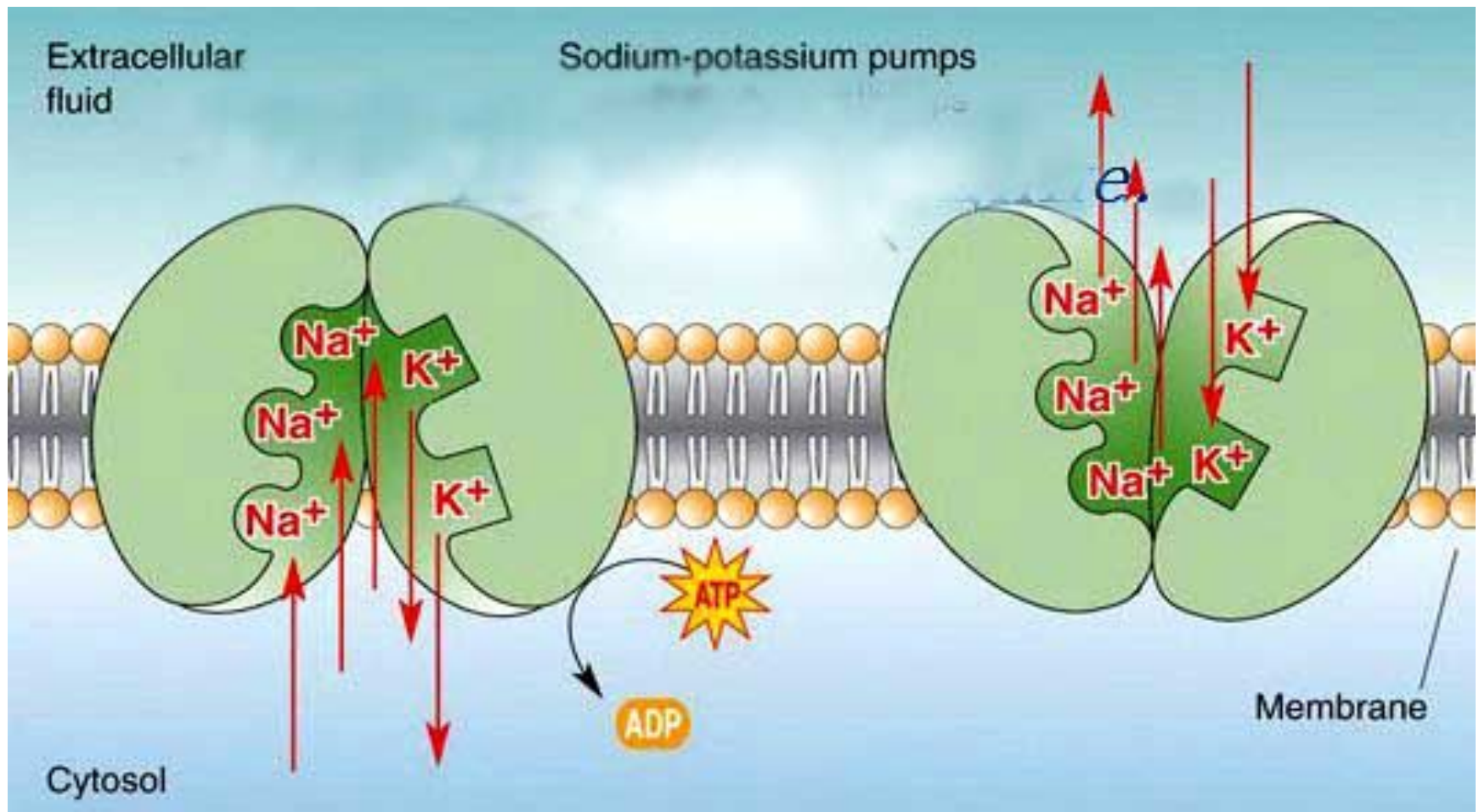




# Причины наличия мембранного потенциала

- 1 - концентрация ионов калия и натрия по обе стороны мембраны различна: внутри клетки калия в 50 раз больше а натрия в 30 раз меньше, чем снаружи.
- 2 - проницаемость мембраны для ионов натрия и калия различна. В состоянии покоя мембрана хорошо проницаема для калия, и плохо - для натрия.
- 3 - поддержание неравенства концентраций ионов натрия и калия внутри и снаружи клетки обеспечивает Na-K насос.

# Работа натрий-калиевого насоса



- **Поляризация** - поддержание разницы потенциалов по обе стороны мембраны
- **Депольаризация** - уменьшение величины мембранного потенциала
- **Гиперполяризация** - увеличение величины мембранного потенциала

# деполяризация

- Возникает при открытии натриевых каналов
- **Натрий входит в клетку:**
  - ❖ уменьшает отрицательный заряд на внутренней поверхности мембраны
  - ❖ уменьшает электрическое поле вокруг мембраны
- ***Степень деполяризации зависит от количества открытых каналов для натрия***

# КРИТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ $E_{кр}$

- Уровень деполяризации, при котором открывается максимально возможное количество натриевых каналов (все каналы для натрия открыты)
- Поток ионов натрия «лавиной» устремляется в клетку
- ***Начинается регенеративная деполяризация***

# Порог деполяризации

- Разность между величиной исходной поляризации мембраны ( $E_0$ ) и критическим уровнем деполяризации ( $E_{кр}$ )

$$\Delta V = E_0 - E_{кр}$$

- При этом ток натрия превышает ток калия в 20 раз!
- Зависит от соотношения активированных натриевых и калиевых каналов

- Локальный ответ – местное возбуждение возникающее на подпороговый стимул

# Свойства ЛО

1. Не подчиняется закону «все или ничего»
2. Амплитуда ЛО зависит от силы стимула
3. Распространяется по мембране затуханием (декрементом)
4. Может суммироваться (в результате амплитуда деполяризации увеличивается)
5. Трансформируется в потенциал действия при достижении уровня критической деполяризации



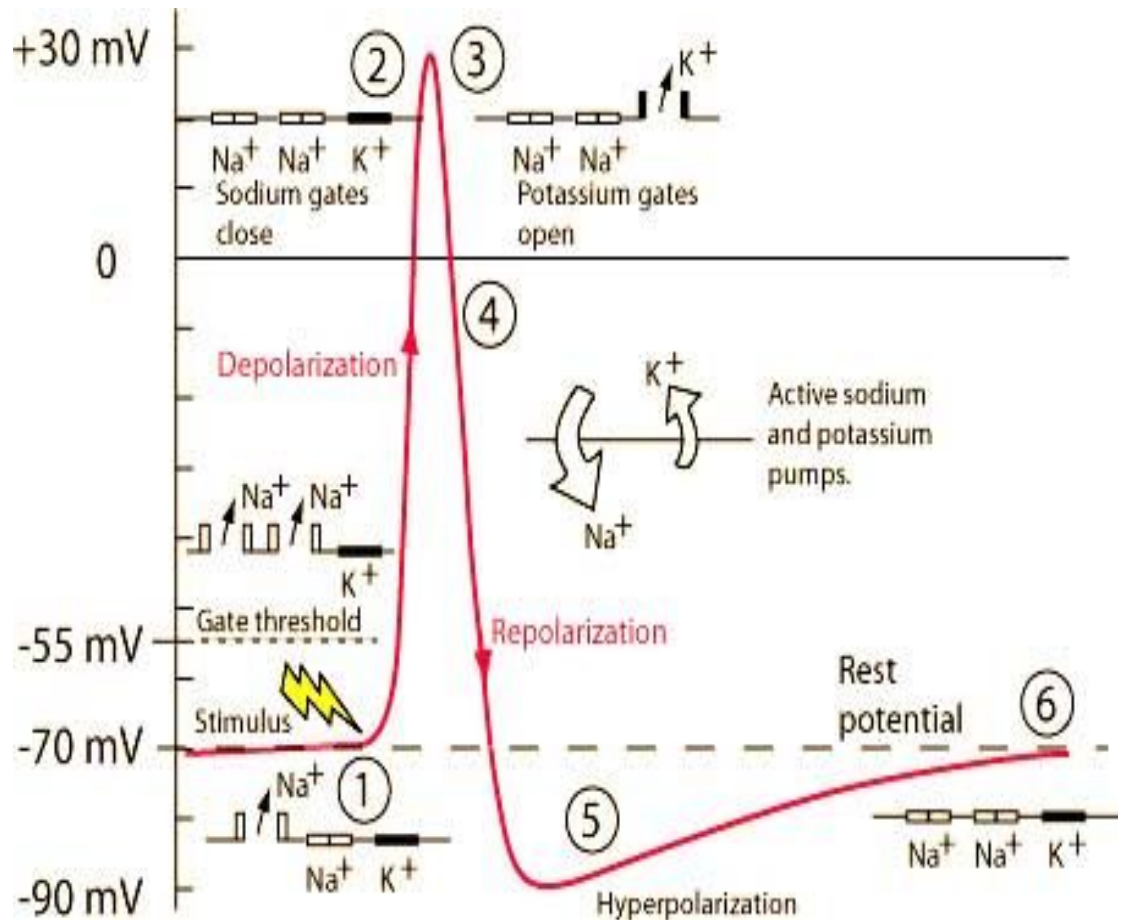
# Потенциал действия (ПД)

- Это разность потенциалов между возбужденным и невозбужденным участками мембраны, которая возникает в результате быстрой деполяризации мембраны с последующей ее перезарядкой.
- *Амплитуда ПД около 120 – 130 мкВ, длительность (в среднем) - 3 – 5 мс (в разных тканях от 0,01мс до 0,3 с).*

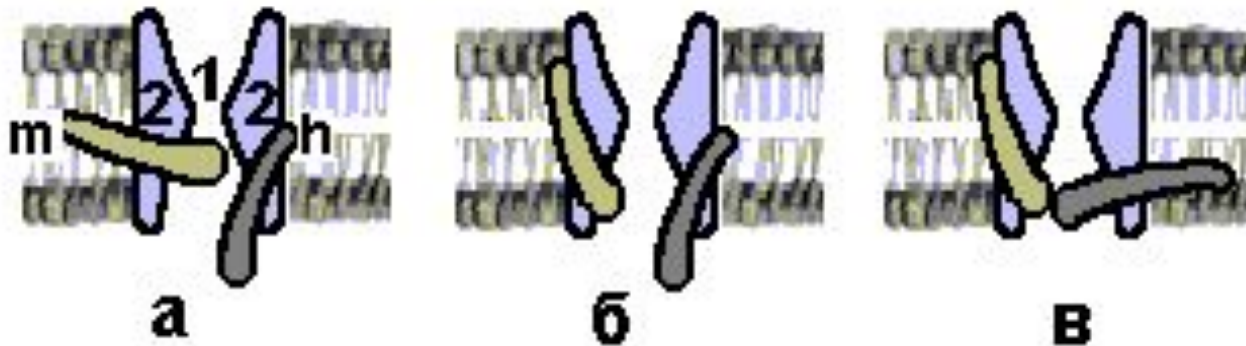
# Потенциал действия (ПД) - кратковременное изменение разности потенциалов между наружной и внутренней поверхностями мембраны, возникающее в момент возбуждения

В ПД выделяют следующие фазы:

- **локальный ответ** (начальный этап деполяризации)
- **фазу деполяризации** (снижение величины МТП)
- **овершут** - перезарядка мембраны
- **фазу реполяризации** (восстановление исходного уровня МТП)
- **следовая гиперполяризация** (временное увеличение поляризованности мембраны)



# Функциональные изменения натриевого канала при развитии ПД



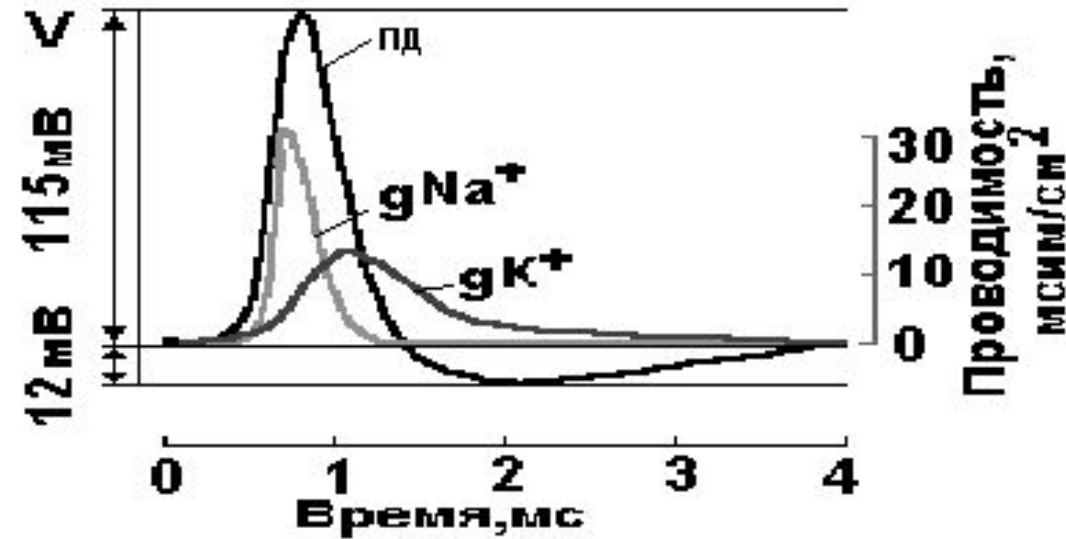
У натриевого канала два типа ворот: активационные и инактивационные. В покое инактивационные ворота открыты, а канал закрыт активационными воротами.

а - закрыты активационные ворота,

б - открыты активационные ворота (под влиянием раздражителя),

в - закрыты инактивационные ворота (канал становится невозбудимым - состояние рефрактерности).

# Состояние проницаемости мембраны к ионам при развитии потенциала действия



При действии раздражителя быстро открываются натриевые каналы. Но они так же быстро закрываются инактивационными воротами.

Одновременно начинают открываться и K<sup>+</sup>-каналы. Но калиевые каналы медленные — они откроются тогда, когда натриевые уже закрыты.

# Условия возникновения ПД

- Деполяризация должна достигнуть критического уровня деполяризации
- Ток натрия в клетку должен превышать ток калия из клетки в 20 раз (*каналы для натрия быстропроводящие, а для калия – медленные*)
- Должна развиться регенеративная деполяризация

# Фазы возбудимости

1. **Супернормальность первичная-локальный ответ;**
2. **Абсолютная рефрактерность – отсутствие возбудимости  
регенеративная деполяризация и реверсия;**
3. **Относительная рефрактерность –реполяризация;**
4. **Супернормальность-следовая поляризация;**
5. **Субнормальность –следовая гиперполяризация**

# Фазы ПД

1. Медленная деполяризация
2. Быстрая деполяризация
3. Инверсия
4. Реверсия
5. Быстрая реполяризация
6. Медленная реполяризация
7. Гиперполяризация

# Первые электрофизиологические опыты.

## Луиджи Гальвани



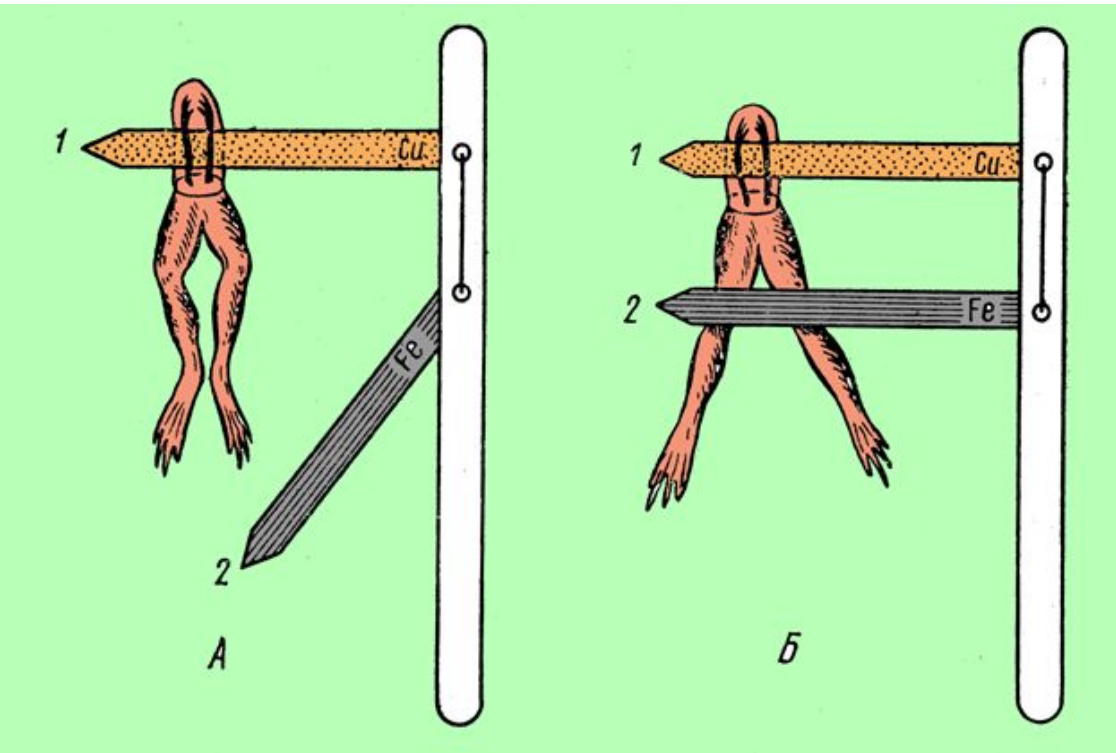
Luigi Galvani, 1737 -1798

- Он обратил внимание на сокращение препарата задних лапок лягушки при прикосновении к ним скальпеля, если рядом вращалась электрофорная машина.
- Решил проверить будет ли аналогично действовать атмосферное электричество.
- Он подвешивал препараты лапок с помощью медных крючков на перилах балкона. Обнаружил, что когда ветер раскачивал лапки и они соприкасались с железными перилами, происходит сокращение мышц (первый «балконный» опыт Гальвани, 1786 г).
- Повторил этот опыт в условиях лаборатории, прикасаясь к препаратам пинцетами, сделанными из различных металлов. Лучший эффект возникал если использовался пинцет сделанный из меди и цинка.





## Первый «балконный» опыт Л.Гальвани (1786 г).



А - одна бранша пинцета (1) контактирует с препаратом в области крестцового нервного сплетения, а другая (2) – не контактирует.

Б - сокращение мышц конечности при контакте с препаратом обеих бранш.

- Гальвани повторил этот опыт в условиях лаборатории, прикасаясь к препаратам пинцетом, сделанными из различных металлов.
- Лучший эффект возникал если использовался пинцет сделанный из меди и цинка.

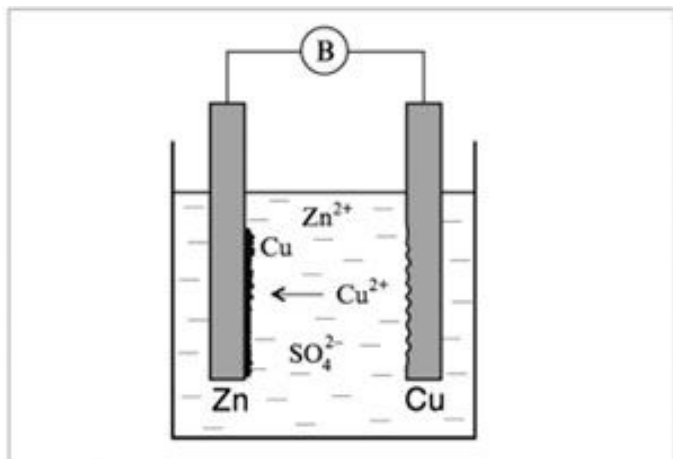
# Алессандро Вольта



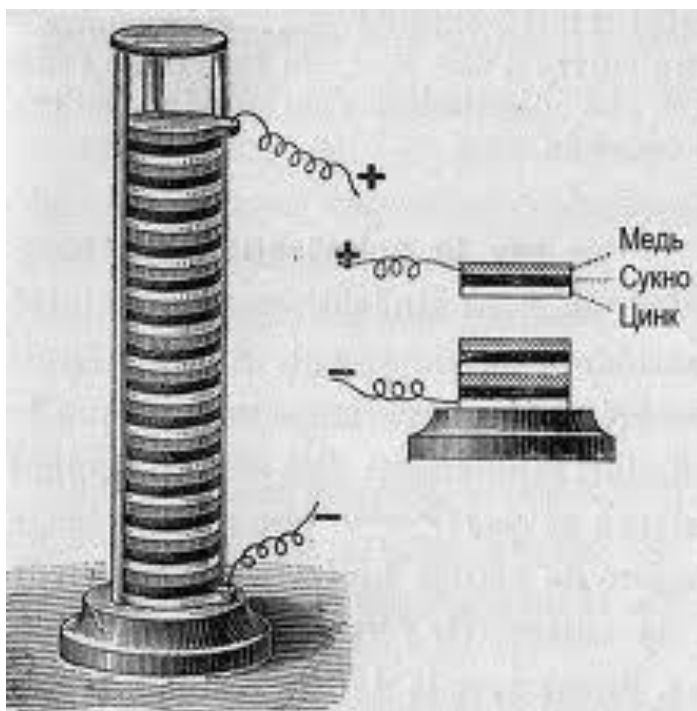
Alessandro Volta,  
1745-1827

- А.Вольта повторил опыт Гальвани, но объяснил, полученные результаты тем, что в цепи из двух разнородных металлов (цинк и медь) и электролита (физиологический раствор) возникает электрический ток, который вызывает сокращение нервно-мышечного препарата.
- То есть источником тока является не живая ткань («животное электричество»), а металлы. Живая ткань является лишь проводником электрического тока.
- Спор о причинах наблюдаемого явления между А.Вольта и Л.Гальвани оказал огромное влияние на развитие физиологии.
- А.Вольта создал генератор электрического тока – гальванический элемент (вольтов столб).
- Ввел понятие об электродвижущей силе, предложил ее единицу – Вольт.

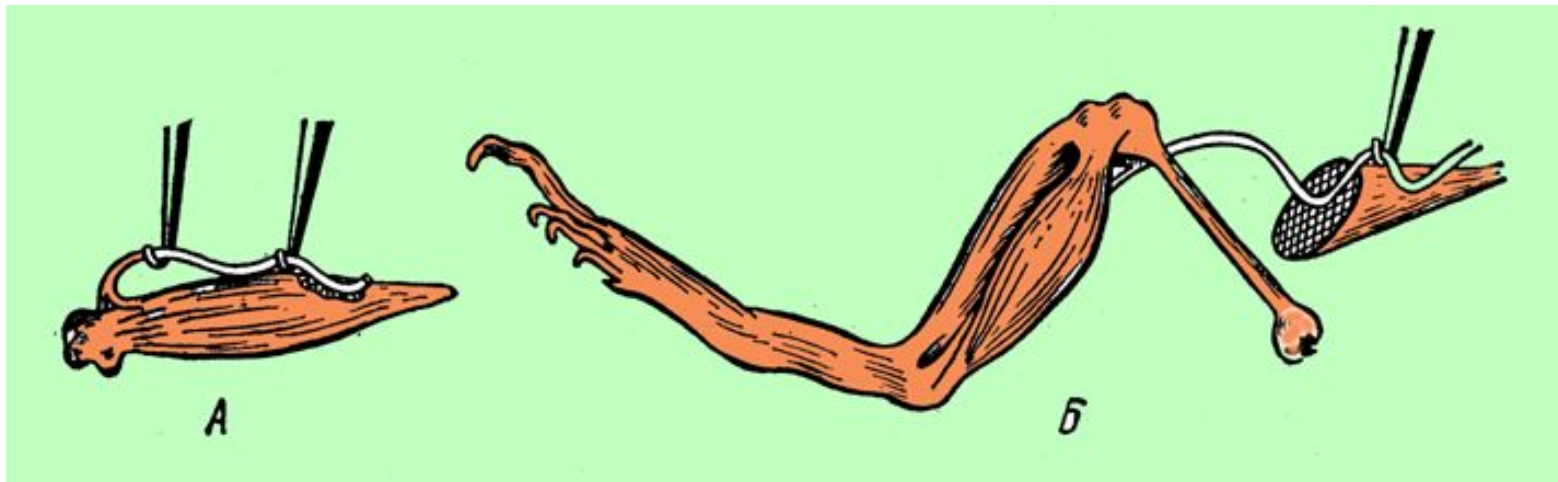
# Гальванический элемент. Вольтов столб



- В 1800 году А.Вольта опустил в банку с кислотой две пластинки — цинковую и медную — и соединил их проволокой. После этого цинковая пластина начала растворяться, а на медной стали выделяться пузырьки газа.
- Вольта показал, что по проволоке протекает электрический ток.
- Так был изобретён «элемент Вольта» — первый гальванический элемент.
- Для удобства Вольта придал ему форму вертикального цилиндра (столба), состоящего из соединённых между собой колец цинка, меди и сукна, пропитанных кислотой. Вольтов столб высотой в полметра развивал напряжение, чувствительное для человека

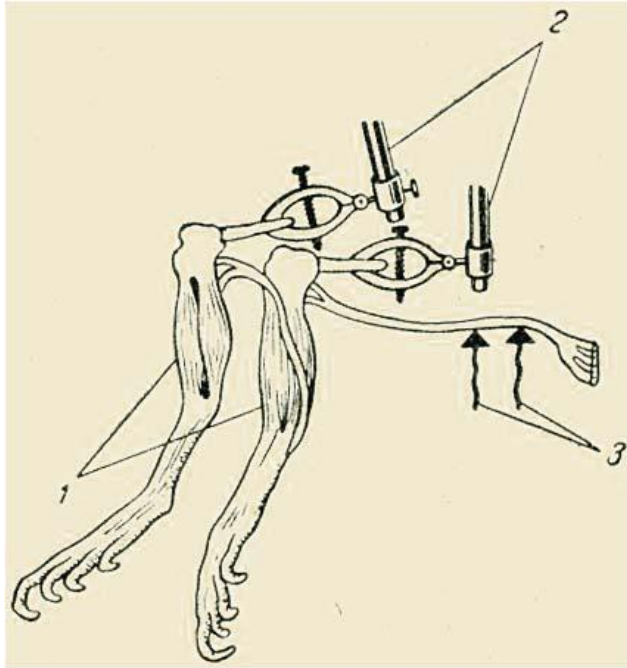


## Второй опыт Л. Гальвани



- Для того, чтобы доказать, что ткани животных тоже способны генерировать электрический ток **Гальвани** исключил из опыта металлы
- Он препарировал седалищный нерв вдоль бедра лапки лягушки, а затем набрасывал его с помощью стеклянного крючка на мышцы голени, что вызывало сокращение этих мышц (**второй опыт Гальвани**).
- В опыты Гальвани повторил немецкий учёный **А. Гумбольдт**, описав их в книге «Опыты над раздражёнными мускульными и нервными волокнами», 1797.

# Дальнейшие исследования XIX век



- В 1838 г. **Карло Маттеуччи** доказал наличие разности электрических потенциалов между поврежденной и неповрежденной частями мышцы.
- Зарегистрировал электрический ток, который течет от ее неповрежденной поверхности к поперечному разрезу.
- Он обнаружил, что мышца при её сокращении создаёт электрический ток, достаточный для раздражения другого нервно-мышечного соединения.

# Открытие потенциала действия



Emile Du Bois-Reymond,  
1818 -1896

- В 1841 г. **Эмиль Дюбуа Реймон** при помощи более совершенной методики подтвердил, что повреждение мышцы или нерва всегда сопровождается появлением разности потенциалов, уменьшающейся при возбуждении.
- Тем самым был открыт потенциал действия - "отрицательное колебание", по терминологии того времени.
- ПД — один из основных видов электрических процессов в возбудимых тканях.