

**ФИЗИОЛОГИЯ И БИОФИЗИКА
ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ**

**ТРАНСПОРТ ИОНОВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ
ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ
МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОЗБУДИМЫХ
ТКАНЕЙ**

Кафедра нейротехнологий ИББМ НН

Проф. Мухина И.В.

Лекция №1

2024

Содержание лекции

1. История открытия животного электричества
2. Транспорт ионов через мембрану
3. Происхождение мембранного потенциала покоя

1. История открытия животного электричества

- **Раздражимость** – способность живой материи активно отвечать на воздействие внешней и внутренней среды изменением обменных процессов.
- **Раздражитель** – это изменение внешней или внутренней среды организма, воспринимаемое клетками и вызывающее ответную реакцию.
- **Возбудимость** - **способность** ткани отвечать на раздражение быстрой деполяризацией мембраны, т.е. генерацией потенциала действия (ПД).
- Возбудимостью обладают нервная, мышечная и железистая ткани.
- **Возбуждение** – **процесс**, характеризующийся изменением обмена клетки в ответ на раздражение в виде временной быстрой деполяризации мембраны, т.е. генерации ПД.

Ответные реакции биосистемы:

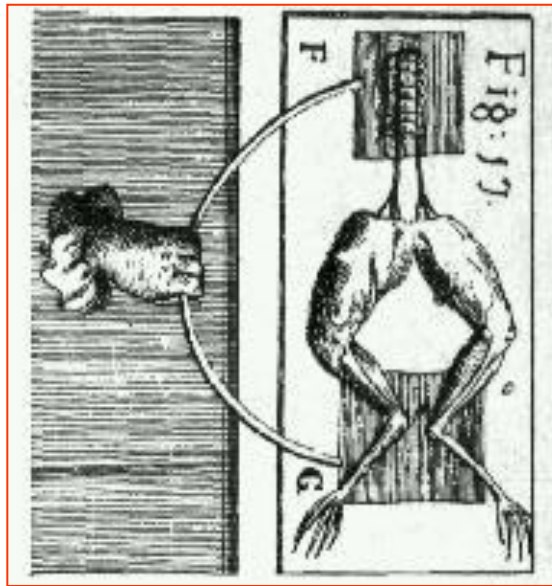
- нервной клетки - проведение нервного импульса,
- мышечной клетки – сокращение,
- секреторной – синтез и выделение биологически активного вещества.

Компоненты возбуждения:

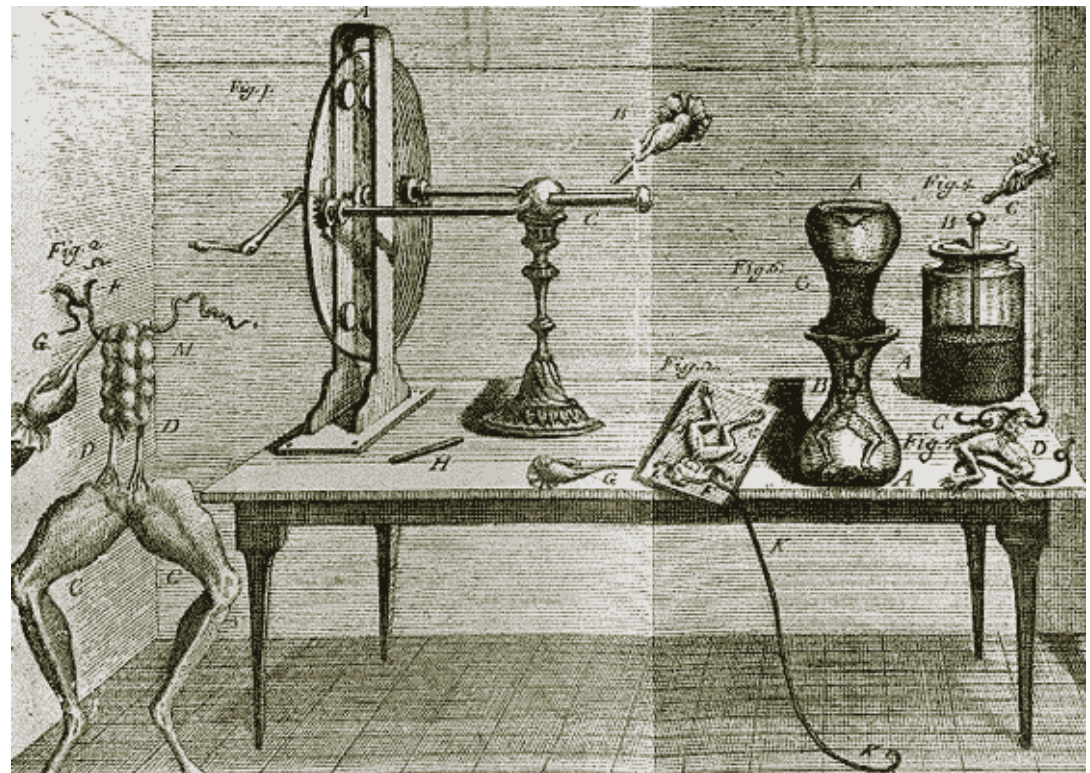
- - Химический;
- - **Физико-химический (ионная проницаемость мембраны);**
- - **Физический (электрические, термические, механические проявления);**
- - **Физиологический (изменение функциональных свойств).**

История развития учения о биотоках

- Луиджи (Алоизий) Гальвани (1737-1798)



Первый опыт Гальвани



Лягушка, препарированная для опытов с электрофорной машиной и лейденской банкой. Рисунок из трактата Гальвани 6

Алессандро Вольта (1745-1827)



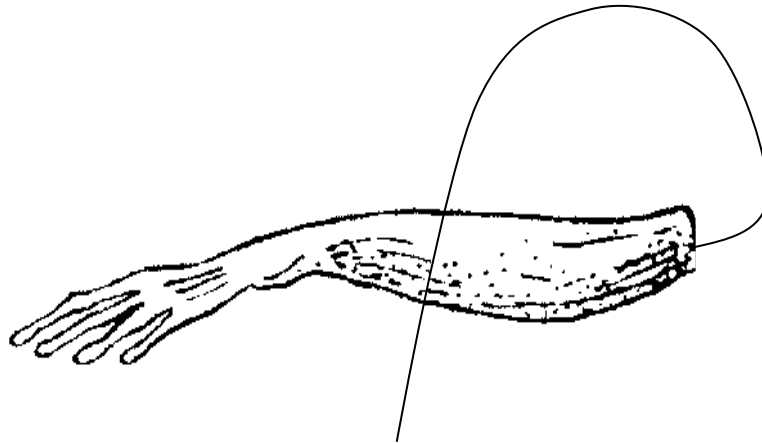
Вольта демонстрирует перед Наполеоном свое изобретение - Вольтов столб. Художник Дж. Бертини. 1801 год.



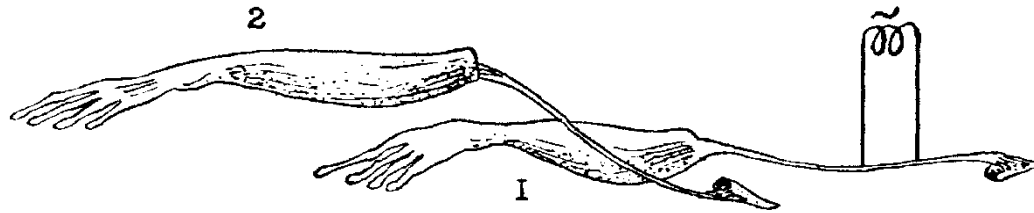
Вольтов столб, состоящий из металлических дисков, разделенных кружками мокрой ткани

Второй опыт Гальвани

- **Ток покоя** - ток между поврежденным и неповрежденным участком мембраны;



- **К. Маттеуччи (1811-1868) (вторичный тетанус).**



- **Ток действия** - ток между возбужденным и невозбужденным участком мембраны.

- Э. Дюбуа-Реймон:

Поврежденный участок мембраны – заряжен «-», а неповрежденный – «+».

- Мембранно–ионная теория (Ходжкин, Хаксли, Катц (1949-1952)). Нобелевская премия в 1963 году.

Мембранный потенциал покоя (МПП) - разность потенциалов между наружной и внутренней сторонами мембраны.

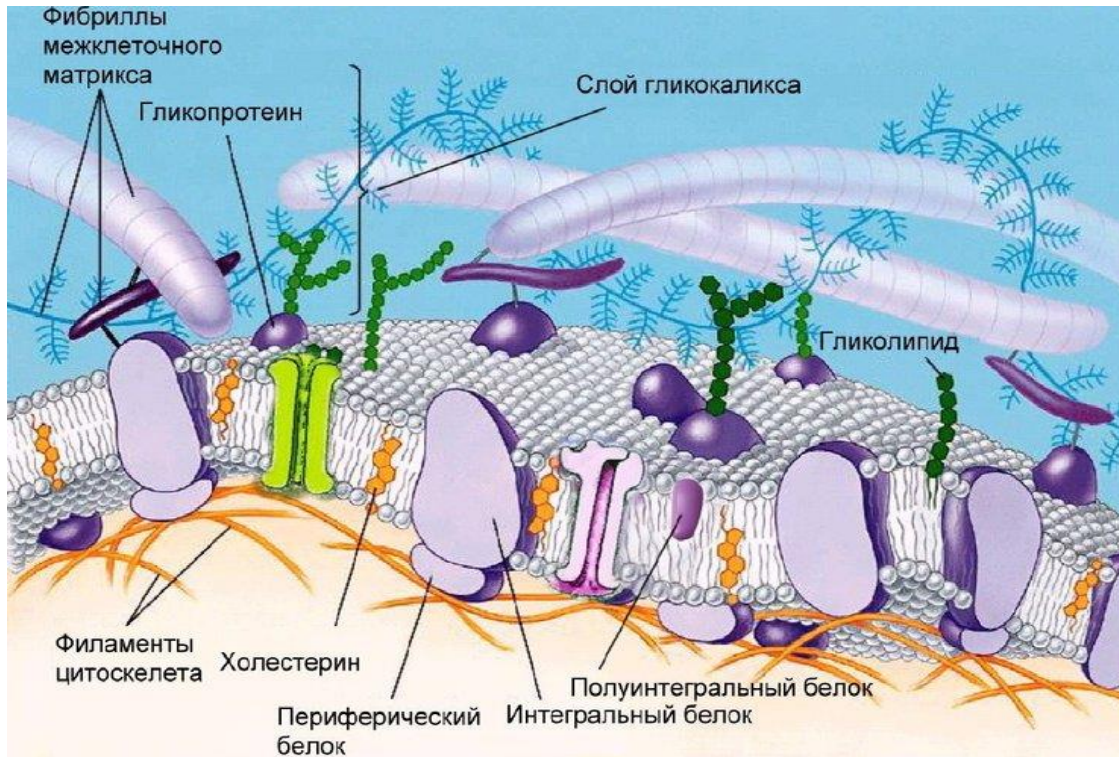
- Суть теории – мембранный потенциал покоя возникает благодаря направленному движению заряженных частиц.
- В основном это диффузия **ионов K^+** через мембрану клетки из внутриклеточной среды во внеклеточную.

При создании мембранного потенциала покоя важную роль играют процессы простой диффузии через белковые каналы в мембране и первично активного транспорта.

2. Транспорт ионов через мембрану

Строение мембраны

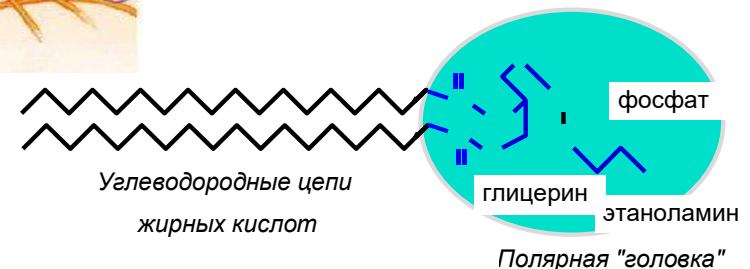
Жидкостно-мозаичная модель – белки погружены в фосфолипидный бислой (С. Синджер и Дж. Николсон, 1972)



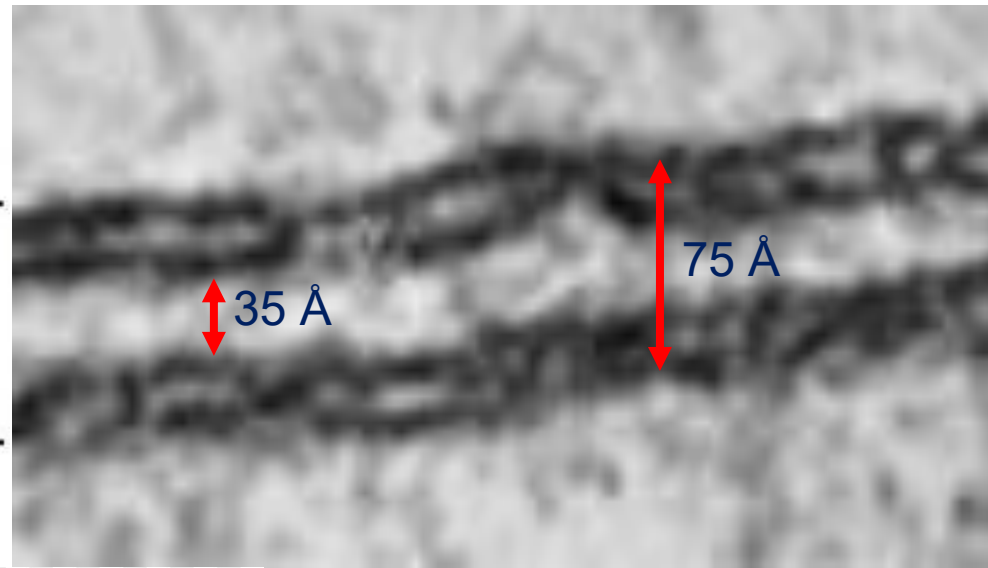
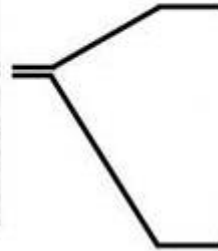
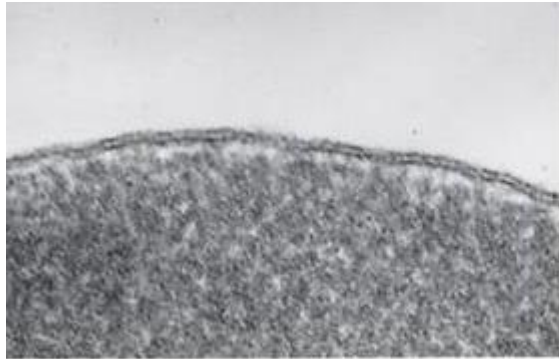
Липидный бислой – Фосфолипиды:

- фосфатидилхолин (лецитин),
- фосфатидилэтаноламин,
- фосфатидилсерин,
- фосфатидилинозит
- Кардиолипин;
- Сфингомиелин;**
- Холестерол;**
- Гликолипиды.**

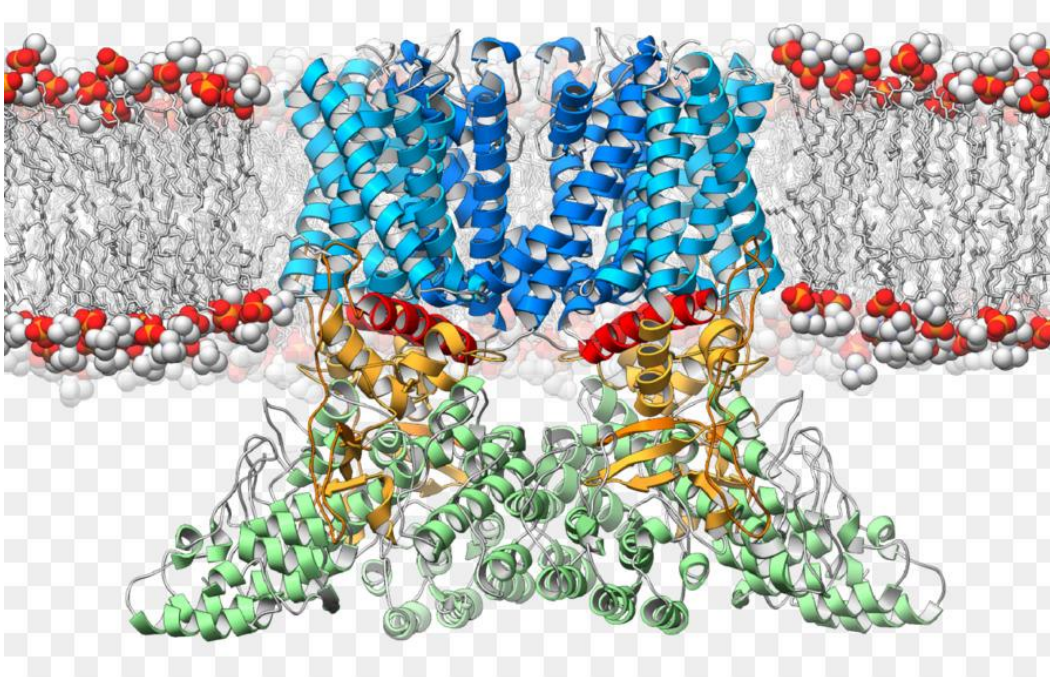
Гидрофильная часть



- Интегральные белки (каналы, переносчики, насосы, рецепторы)
- Периферические белки (цитоскелет, гликокаликс)



Ионный канал в мембране



Мембрана нервной клетки (электронная микроскопия, ув. $\times 400\,000$). Мембрана имеет толщину 75 \AA и видна в виде двух тёмных полос, разделённых более светлой полосой, толщиной 35 \AA .
Две тёмные полосы соответствуют белковому слою модели Даниелли и Даусона, а светлая полоса между ними — липидному слою.

Виды транспорта веществ через мембрану

1. Диффузия:

- *Простая;*
- *Облегченная.*

2. Осмос.

3. Активный транспорт:

- *Первично-активный транспорт;*
- *Вторично-активный транспорт.*

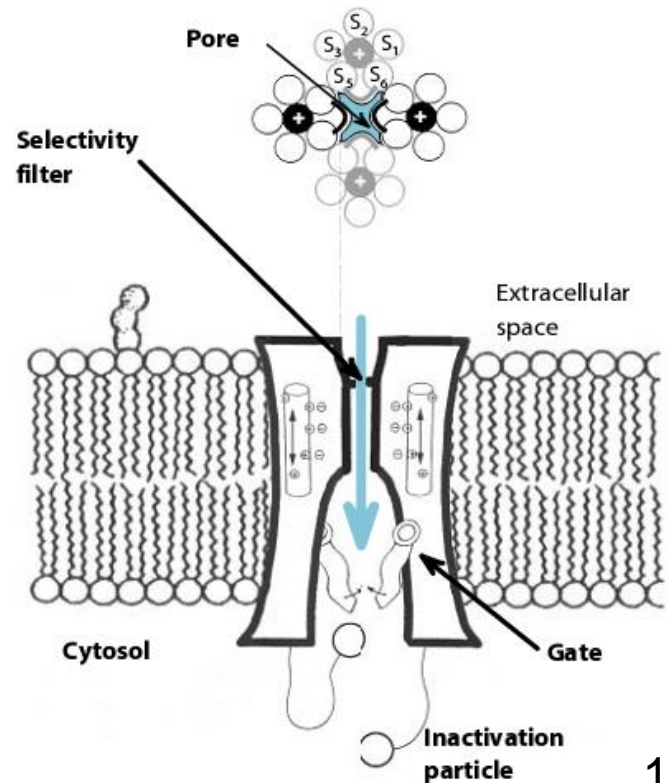
4. Везикулярный транспорт

Диффузия

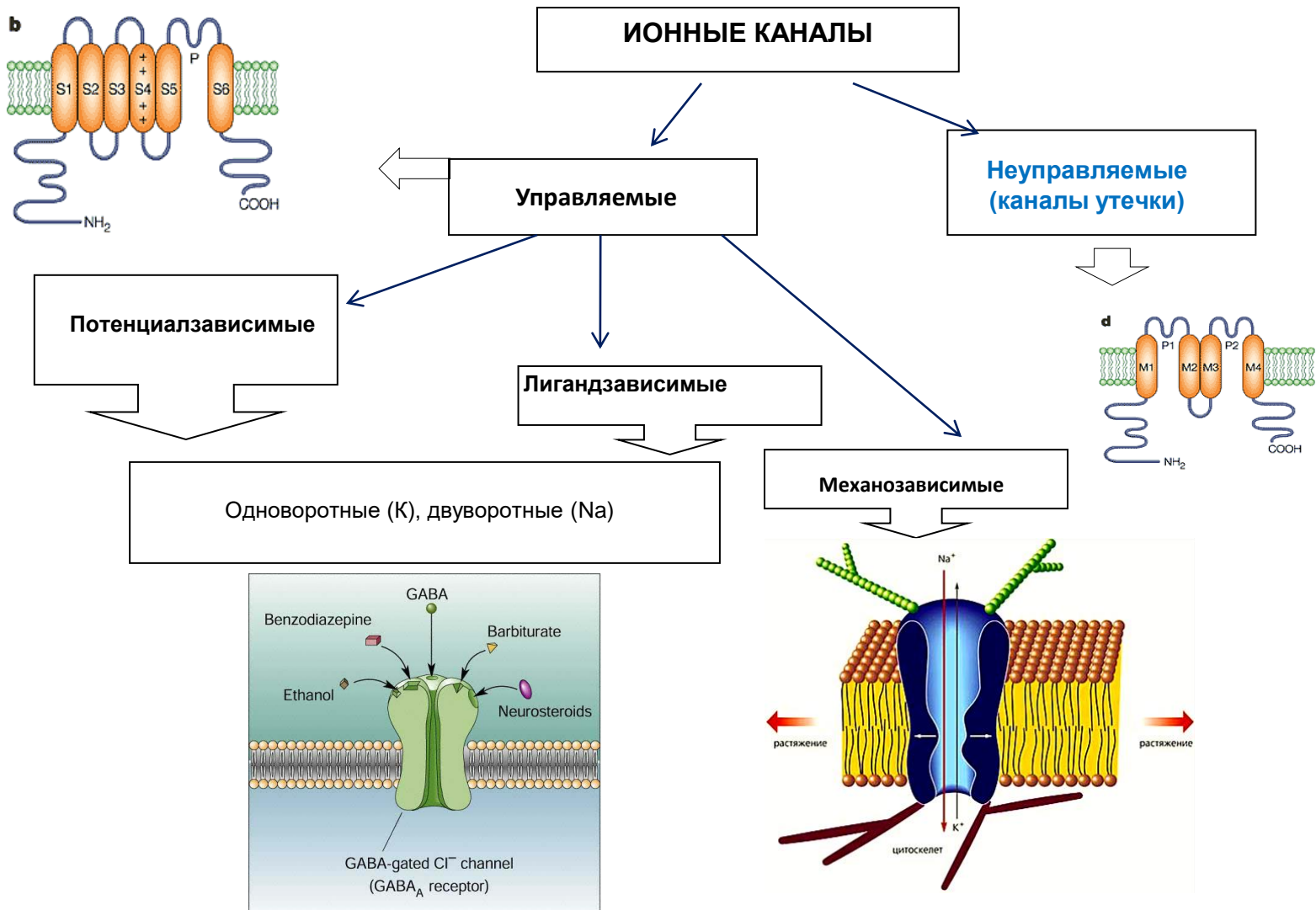
Простая - пассивный процесс движения частиц в растворе по их концентрационному градиенту из области высокой концентрации в область низкой концентрации.

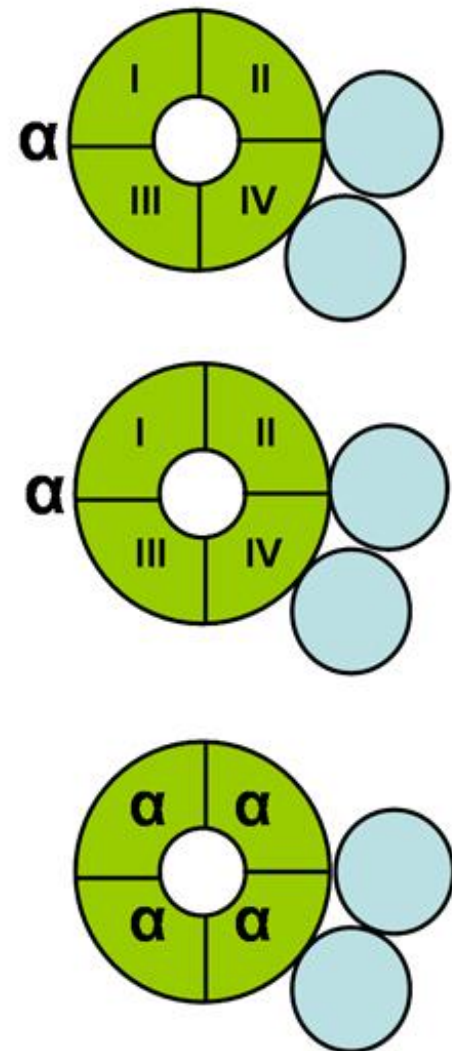
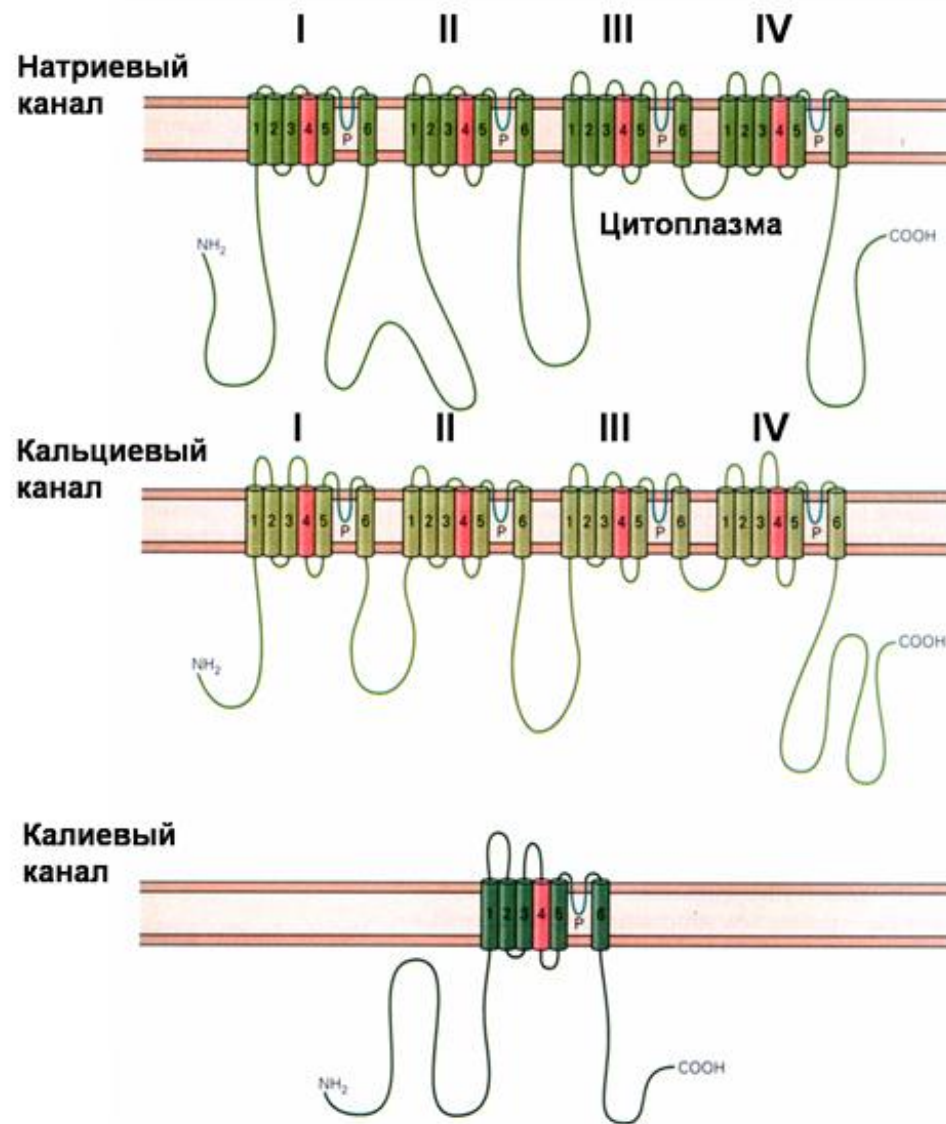
- Проницаемость через мембрану зависит от свойств мембраны и самих растворенных веществ:
- - *Липидрастворимые вещества* диффундируют легко **через липидный бислой** (этанол, кислород, углекислый газ);

- *Водорастворимые вещества* диффундируют **через водные каналы**, формируемые специальными трансмембранными белками-транслоказами (ионы с гидратной оболочкой). Проницаемость пропорциональна их молекулярному размеру, форме, заряду.



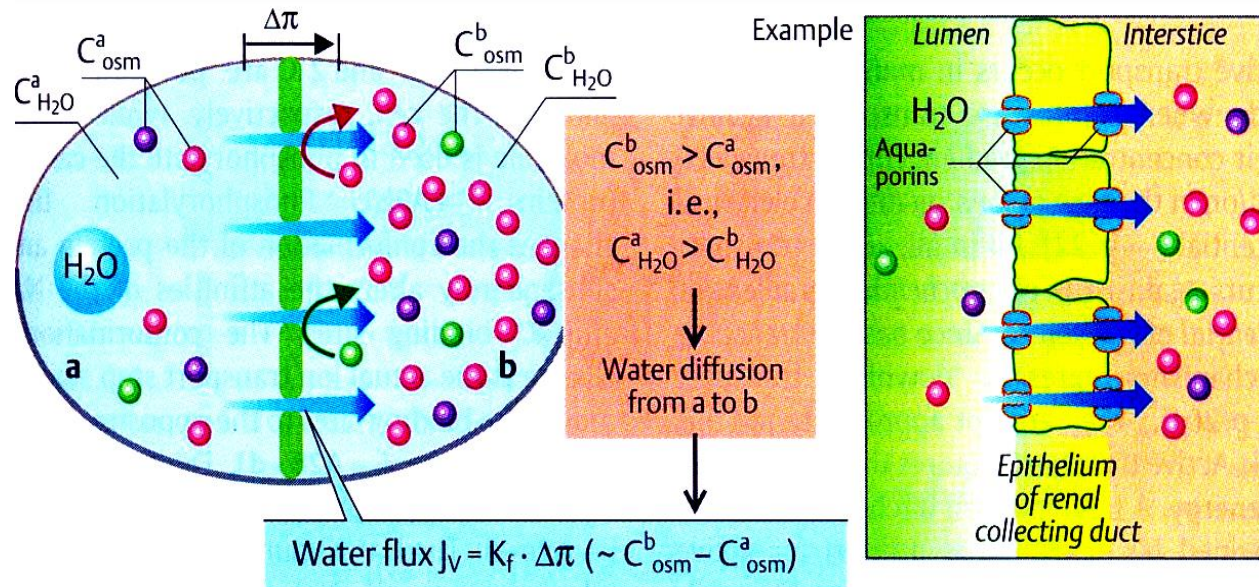
Диффузия ионов через водные каналы





Осмос

- Осмос – пассивное движение воды через полупроницаемую мембрану по градиенту осмотического давления.
- Сила, которая определяет движение растворителя, называется **осмотическим давлением**.
- Осмотическое давление обусловлено количеством растворенных в воде частиц.
- Движение воды осуществляется из области с низкой концентрацией частиц в область с высокой концентрацией частиц.
- Часть осмотического давления, которую создают белки, называют **онкотическим давлением**.
- В плазме крови осмотическое давление – **5600 мм рт.ст.**, онкотическое – **25-30 мм рт.ст**

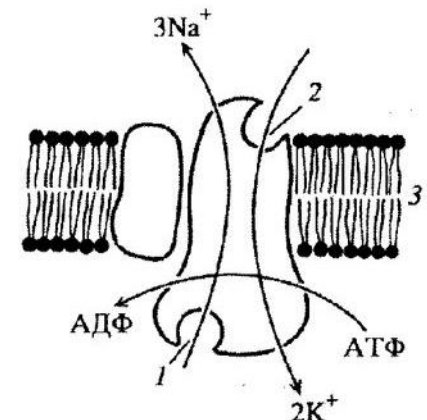
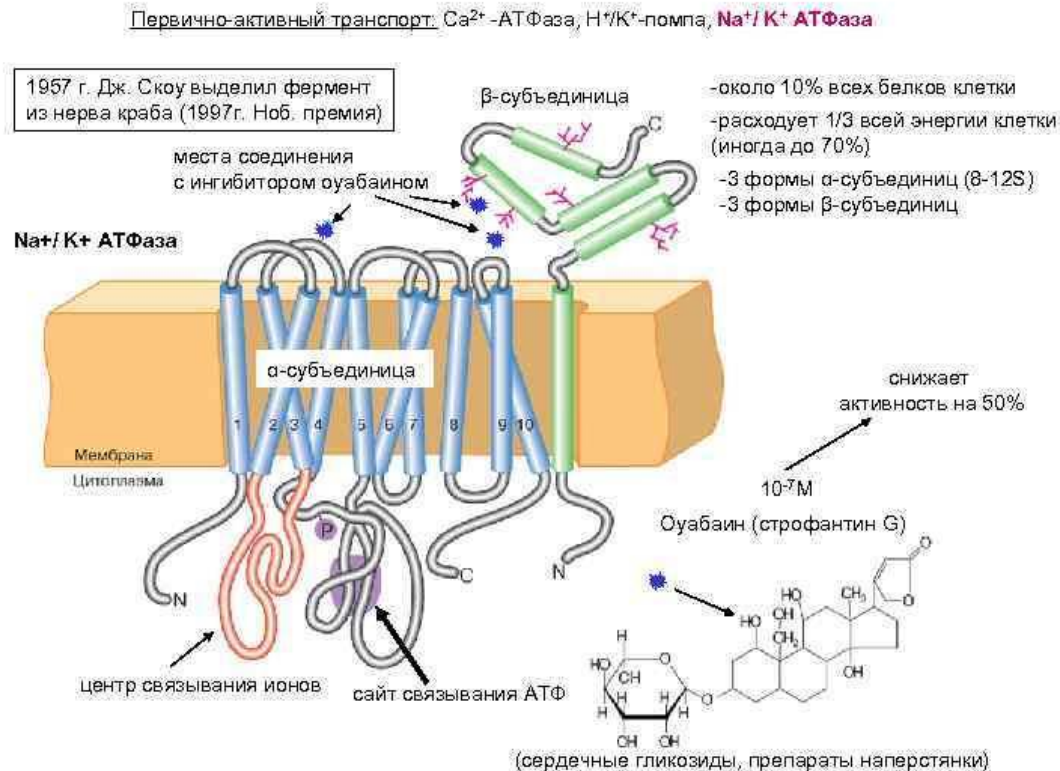


Активный транспорт

Первично активный - транспорт против градиента концентрации, обеспечивается наличием специальных белковых комплексов, именуемых насосами или помпами, и использованием энергии АТФ (**транспортные АТФазы**).

Функция – поддержание постоянства ионного состава.

Na, K – АТФаза; K, H – АТФаза; Ca – АТФаза и др.



1- участок связывания с Na⁺;

2- участок связывания с K⁺;

3- мембрана

Вторично активный - обеспечивает транспорт веществ белками-переносчиками (углеводов и аминокислот, кальция) против концентрационного градиента за счет энергии транспорта Na^+ по концентрационному градиенту.

Поддержание концентрационного градиента для Na^+ обеспечивается Na, K - АТФазой .

Вторично-активный транспорт может быть **однаправленным (симпорт)**, либо **разнонаправленным (антипорт)**.

