



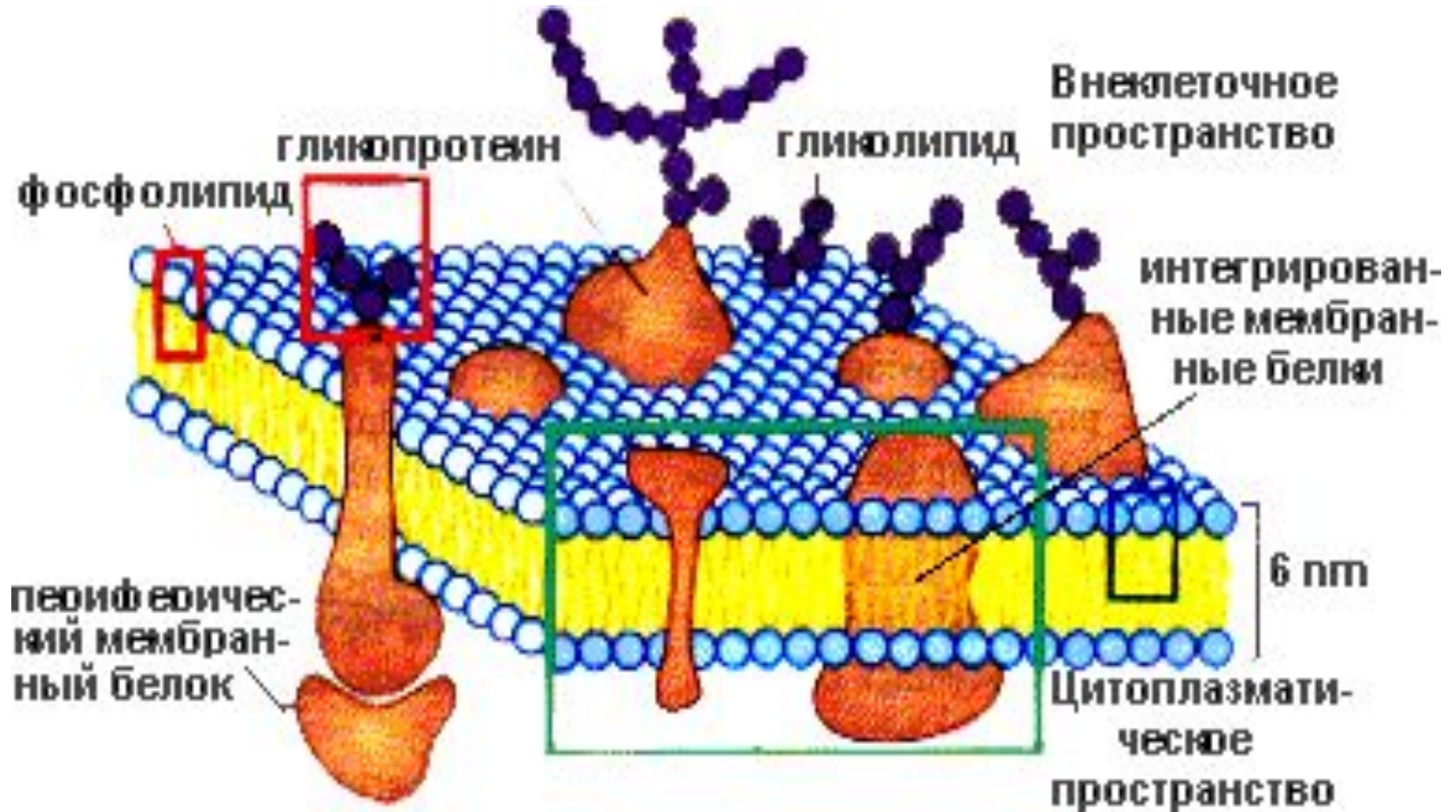
БИОЛОГИЧЕСКИ Е МЕМБРАНЫ

Лекция 7

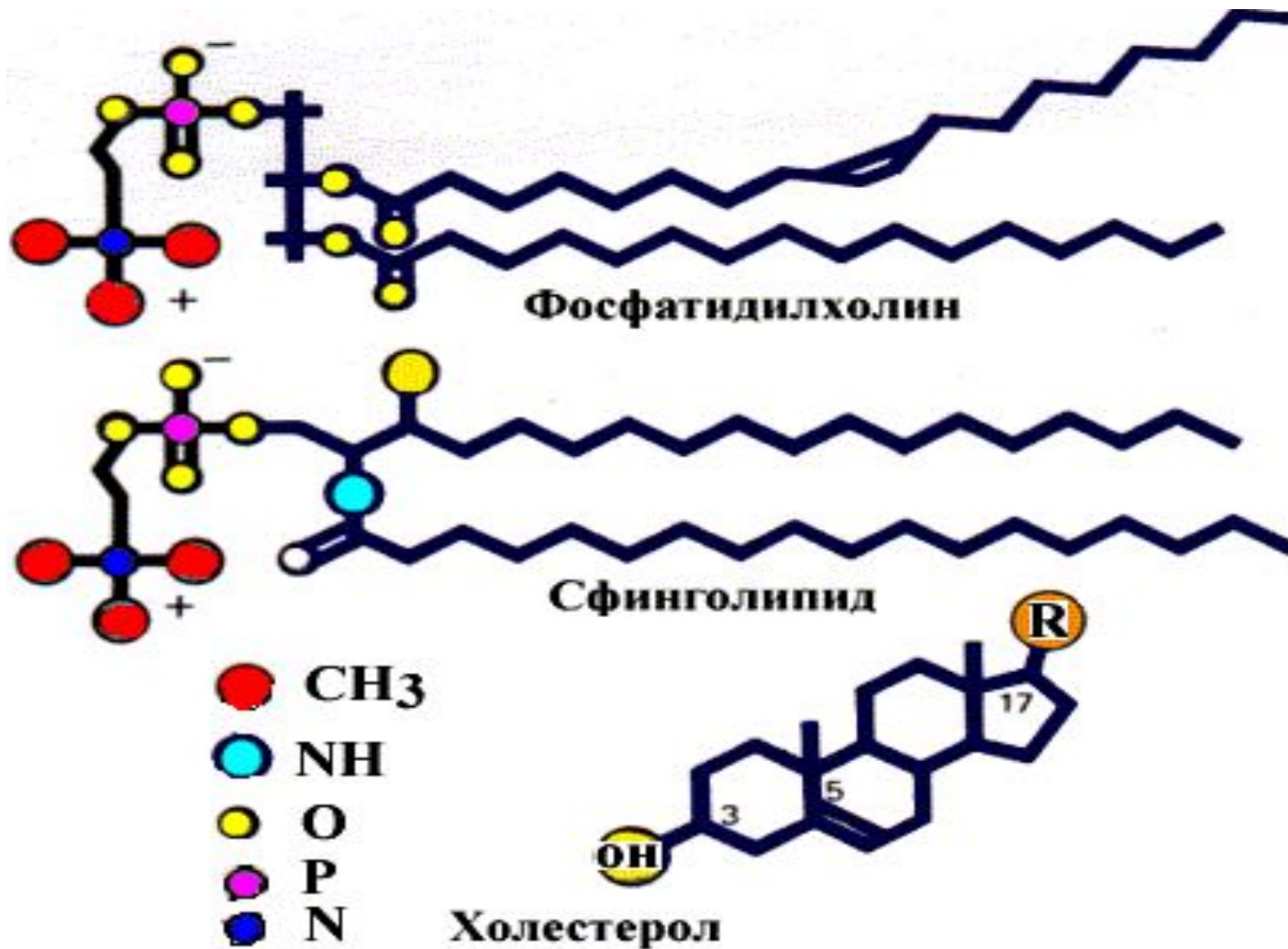
План лекции

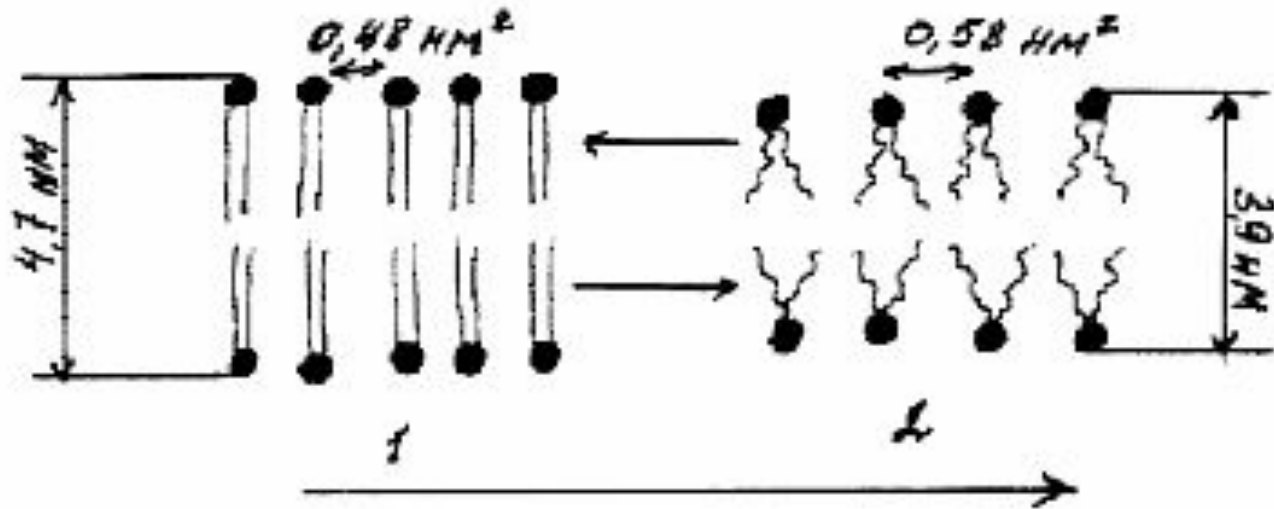
- Строение мембраны
- Модели мембраны
- Транспорт веществ через мембрану
- Диффузия через мембрану
- Уравнение Нернста-Планка
- Мембранный потенциал
- Потенциал покоя
- Биопотенциал действия

Строение мембраны



СТРОЕНИЕ МЕМБРАНЫ



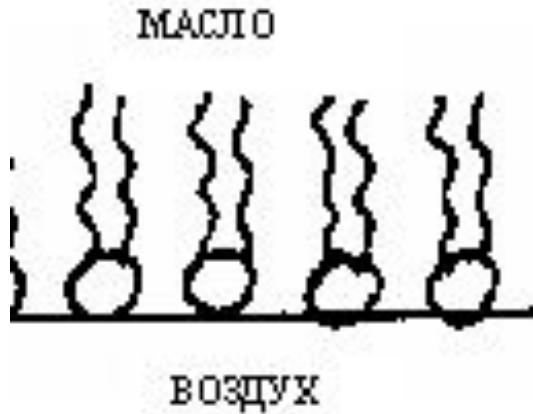


- Переход из кристаллического в жидкокристаллическое состояние (температура повышается)

Функции мембраны

- **Транспортная функция-** перенос различных веществ
- **Барьерная функция-** защита клетки от проникновения нежелательных частиц
- **Матричная функция-** основа для удержания белков, ферментов.

Модели мембраны



Монослой фосфолипида



Билипидная мембрана
(БЛМ)

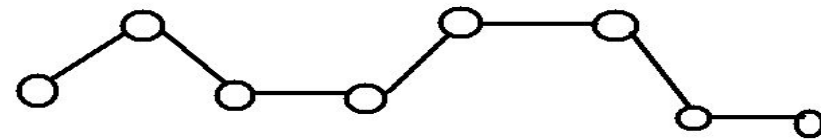


Липосома

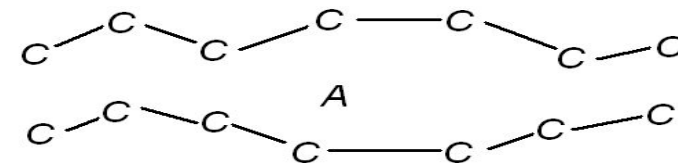
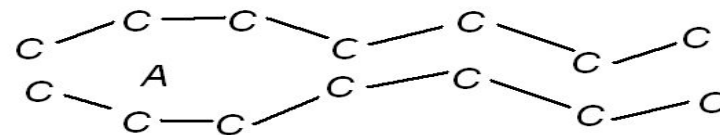
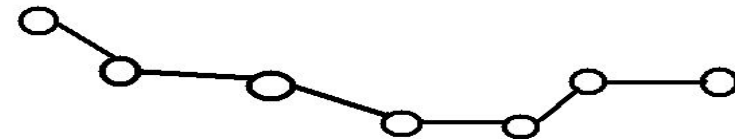
«Кинки»

В жидкой фазе
молекулы
фосфолипидов
образуют полости
«КИНКИ»

Происходит
диффузия
молекул поперёк
мембран.



"Кинки"



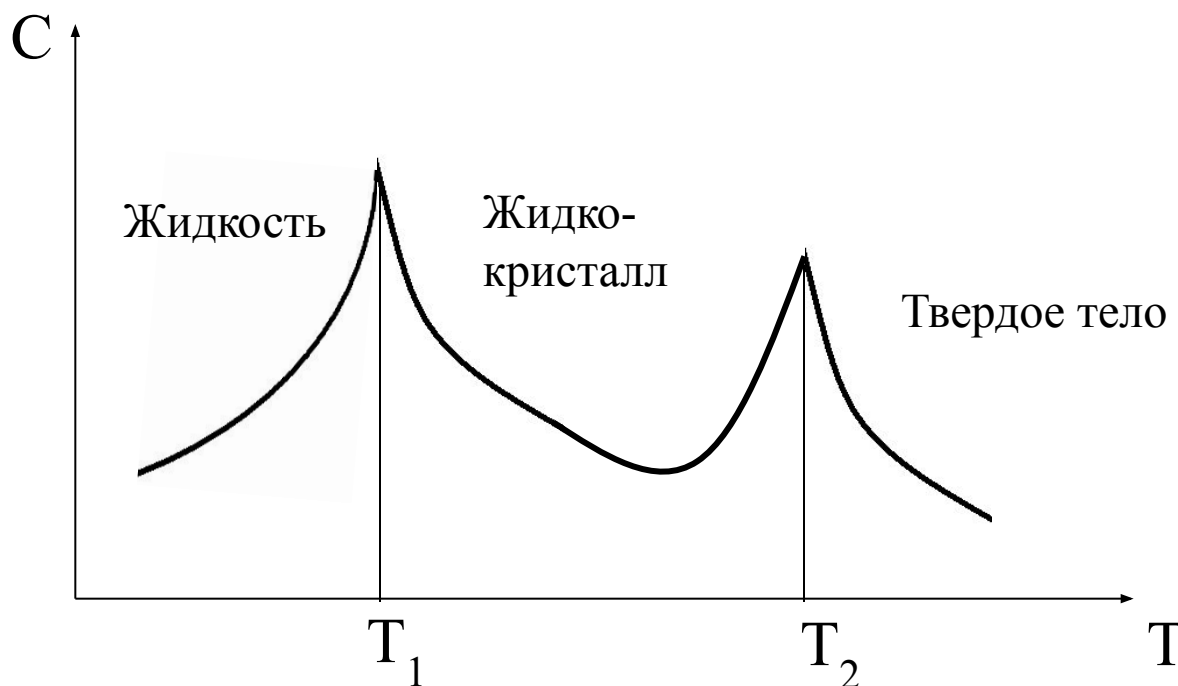
Физические свойства мембран

Жидкокристаллическое состояние

Вязкость липидного слоя 30-100 мПа/с

Поверхностное натяжение 0,03-1 мН/м

Электрические свойства - диэлектрик



ЯВЛЕНИЕ ПЕРЕНОСА

- – необратимые процессы, в результате которых в физической системе происходит пространственное перемещение (перенос) массы, импульса, энергии, заряда или др. физической величины.

ВИДЫ ПЕРЕНОСА:

- Диффузия (перенос массы)
- Вязкость (перенос импульса)
- Теплопроводность (перенос энергии)
- Электропроводность (перенос заряда)

Транспорт веществ через мембрану

ВИДЫ ТРАНСПОРТА

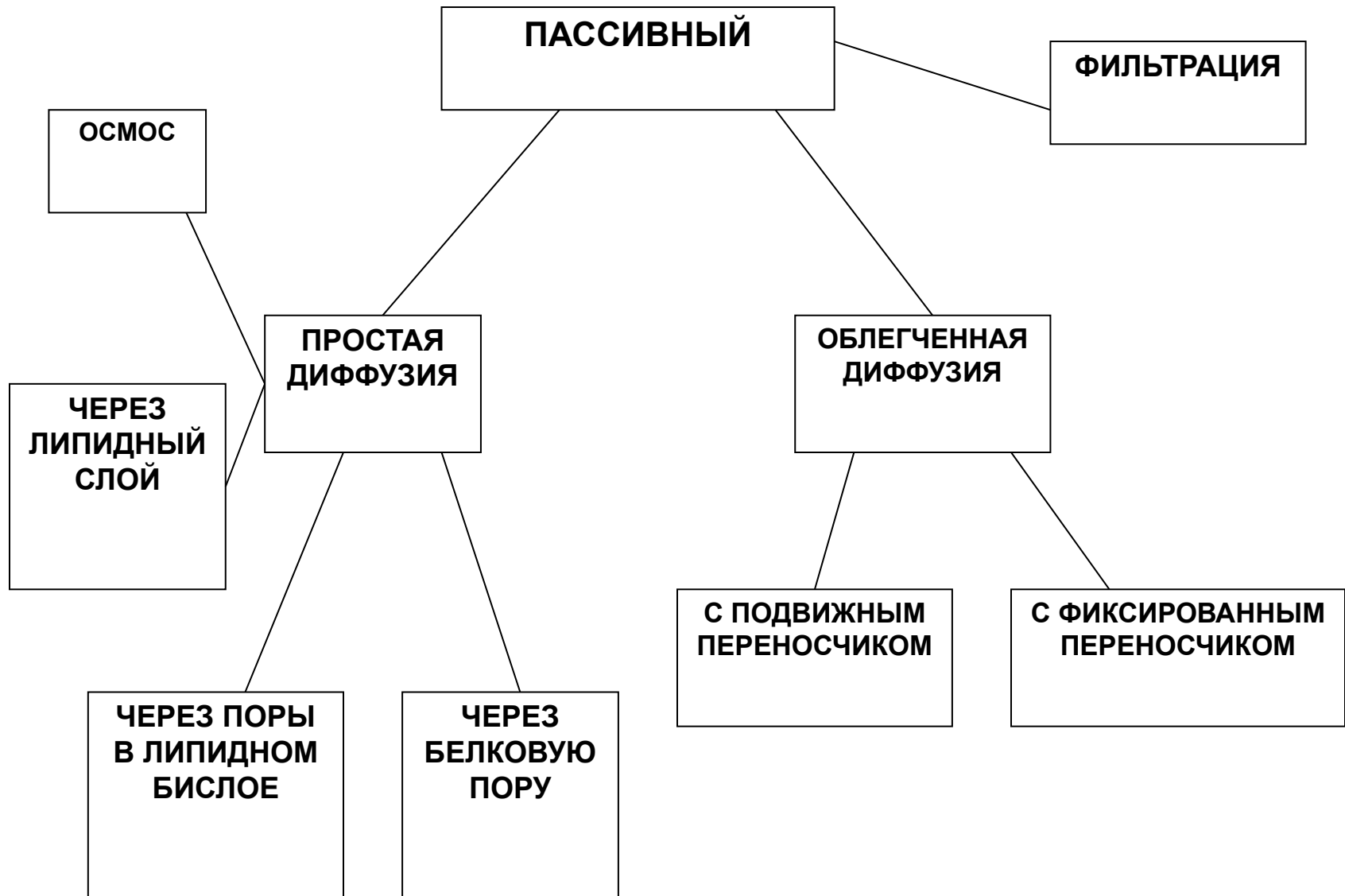
ПАССИВНЫЙ

АКТИВНЫЙ

Пассивный – без затрат энергии клетки

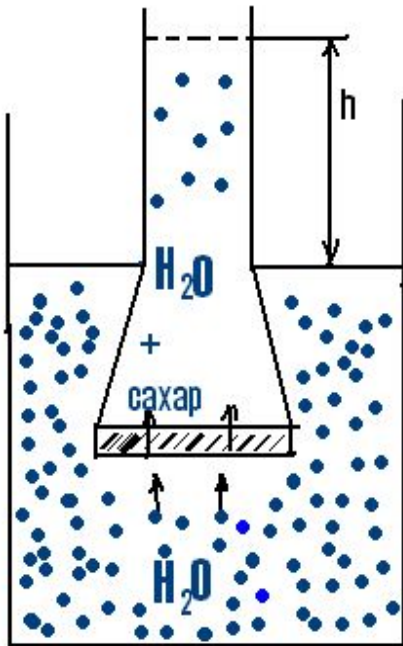
Активный – за счет энергии гидролиза АТФ

Классификация видов пассивного транспорта



ОСМОС.

Диффузия молекул растворителя, через мембрану называется осмосом.



$$\Delta G = \Delta A - RT \ln \frac{c_2}{c_1}$$

↑
Формула Вант–Гоффа

Осмотическое давление

$$P = \rho gh$$

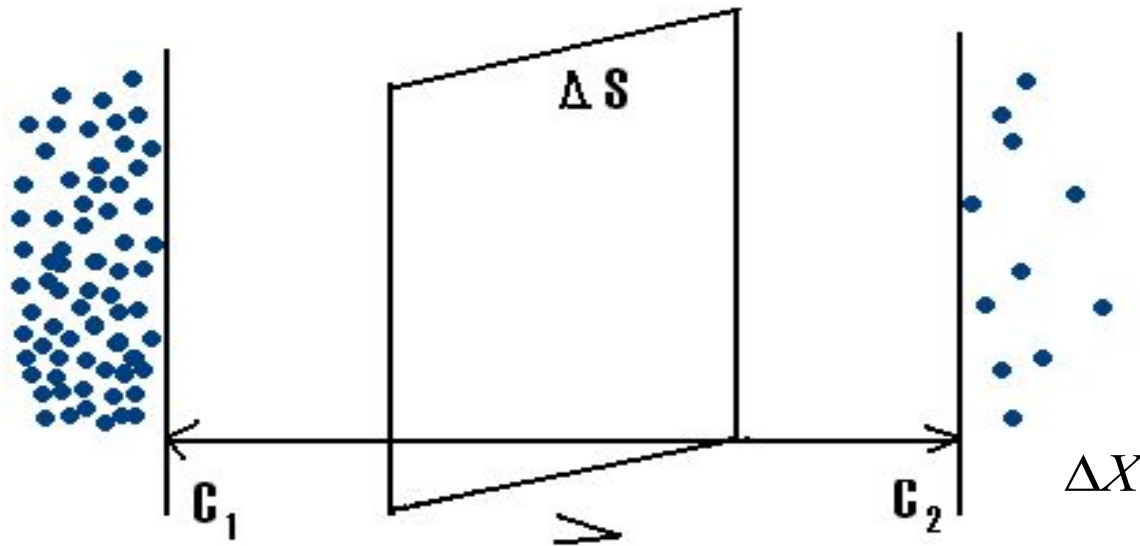
$$P = \frac{m}{M} \frac{RT}{V} = \frac{\nu}{V} RT$$

$$P = CRT$$

Интенсивность потока воды, вызванного градиентом осмотического давления.

$$I_{oc} = A(P_1 - P_2)$$

Диффузия масс вещества.



$$\Delta m = -D \frac{C_2 - C_1}{\Delta x} \Delta S \Delta t$$

$$\frac{C_2 - C_1}{\Delta x} \approx \frac{dC}{dx}$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta s \Delta t} = -D \frac{dc}{dx}$$

$$I = -D \frac{dc}{dx}$$

Диффузия через мембрану.



$$\frac{C_{MO}}{C_{MI}} = \frac{C_o}{C_i} = \boxed{\times} \quad \frac{C_{MO}}{C_o} = \frac{C_{MO}}{C_i} = K \quad \frac{dc}{dx} = \frac{C_{MO} - C_{Mi}}{l}$$

K- коэффициент распределения вещества между мембраной и окружающей средой.

$$\frac{dc}{dx} = \frac{KC_o - KC_i}{l} = \frac{K}{l} (C_o - C_i)$$

$$I = -\frac{Dk}{l} (C_o - C_i)$$

$$\frac{Dk}{l} = P \quad \text{Коэф.прониц.}$$

$$I = -P(C_o - C_i)$$

Уравнение Нернста-Планка

Сила, действующая на 1 ион $f = qE = zeE = -ze \frac{d\varphi}{dx}$

Сила действующая на 1 моль ион

$$fN_A = -zeN_A \frac{d\varphi}{dx} = -zF \frac{d\varphi}{dx}$$

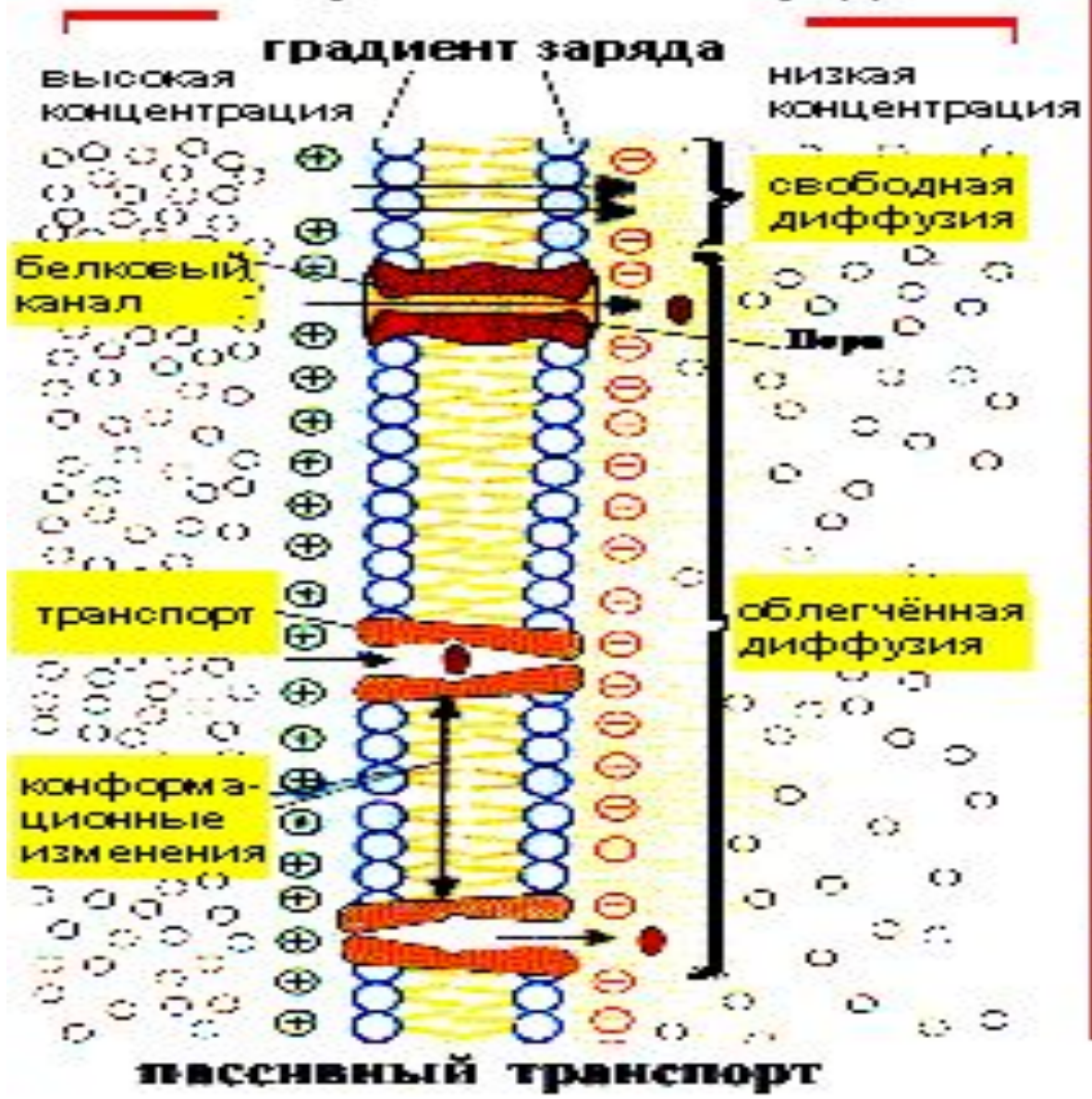
Перенос ионов определяется двумя факторами:

1) Градиентом концентрации

2) Градиентом электрического поля.

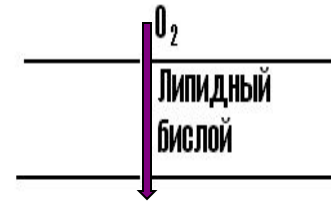
$$j = -D \left(\frac{dc}{dx} + \frac{zFc}{RT} \frac{d\varphi}{dx} \right)$$

электрохимический градиент

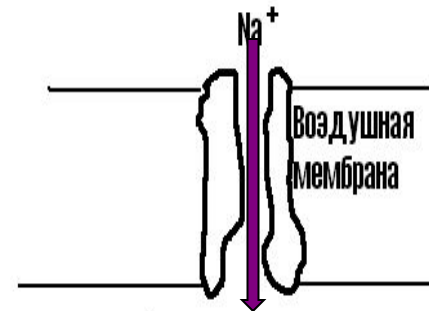


Разновидности пассивного транспорта.

Обычное диффузное уравнение Фика.



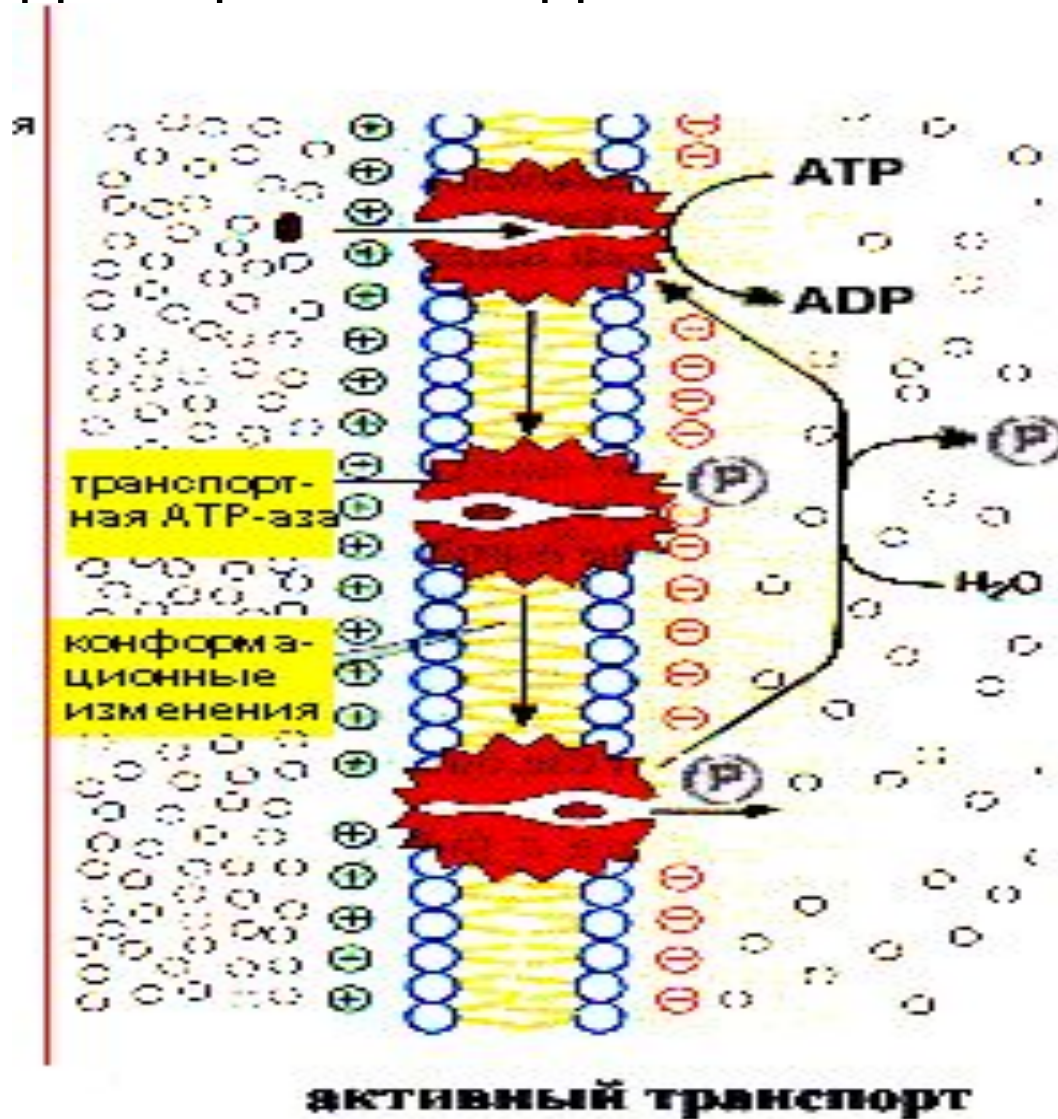
Облегченная диффузия через пору.

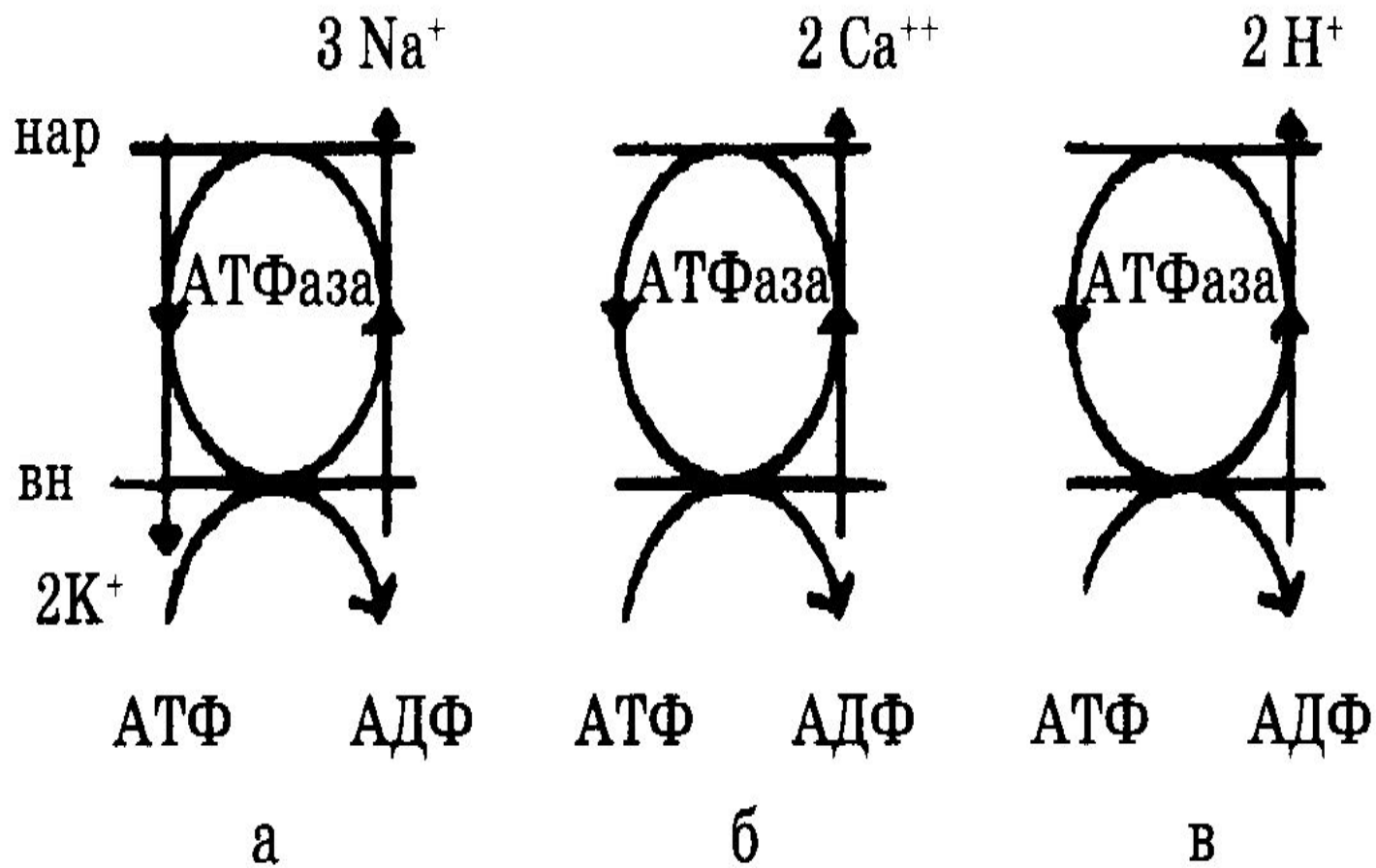


Облегченная диффузия с помощью молекул-переносчиков.



Активный транспорт- происходит за счет энергии, высвобождающейся в ходе химических реакций



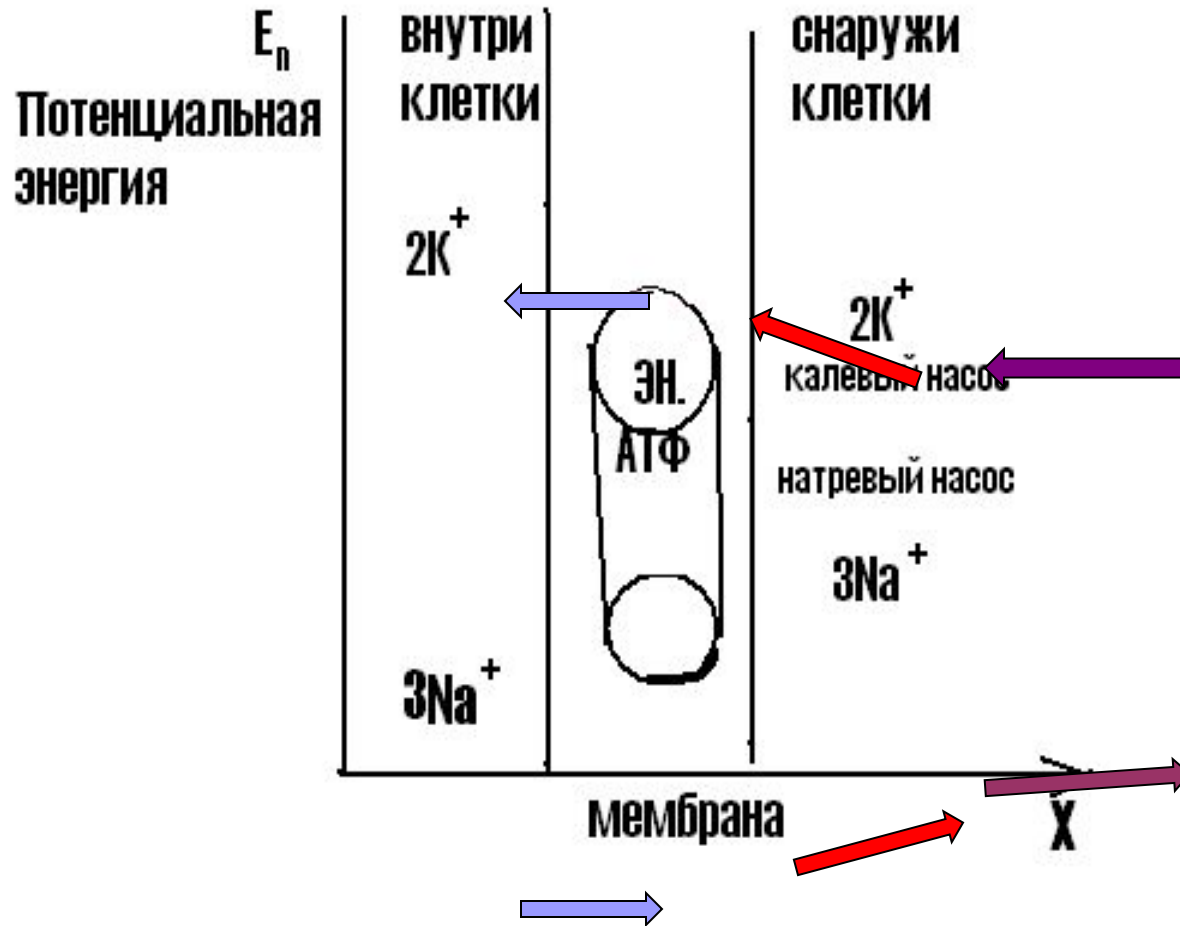


а) K⁺-Na⁺-насос

б) Ca²⁺-насос

в) H⁺-насос (протонная помпа)

Работа К- Na насоса



- Связывание трех ионов Na^+ и фосфорилирование АТФазы на внутренней поверхности мембраны.
- Транслокация комплекса со связанными ионами натрия на наружную поверхность мембраны.
- Перевод ионов натрия в межклеточную жидкость и присоединение из нее двух ионов кальция.
- Гидролиз АТФ с отщеплением молекулы фосфорной кислоты.
- Вторая транслокация: перенос связанных ионов K^+ через мембрану с наружной поверхности на внутреннюю.
- Завершение цикла: отсоединение двух ионов калия, присоединение трех ионов натрия и фосфорилирование молекулы АТФазы.

Активный транспорт

Перенос веществ против соответствующих градиентов (из области C_1 меньшей концентрации в область C_2 большей концентрации

$$A_D = \nu RT \ln \frac{C_2}{C_1}$$

Перенос ионов через электрически поляризованную мембрану

$$A_e = \nu z F (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Результирующие работы.

$$A = \nu RT \ln \frac{C_2}{C_1} + \nu z F (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Мембранный потенциал

$$\nu RT \ln \frac{C_2}{C_1} = \nu ZF (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = E_M = \frac{RT}{ZF} \ln \frac{C_2}{C_1}$$

$$Z = 1$$

$$C_2 = [K]_i$$

внутри клетки

$$C_1 = [K]_o$$

вне клетки

Уравнение Нернста

$$\varphi_M = \frac{RT}{F} \ln \frac{[K^+]_i}{[K^+]_o}$$

φ_M – потенциал Нернста

Потенциал покоя

- Основной вклад в создание и поддержание потенциала покоя вносят ионы

Na⁺, K⁺, Cl⁻

Уравнение

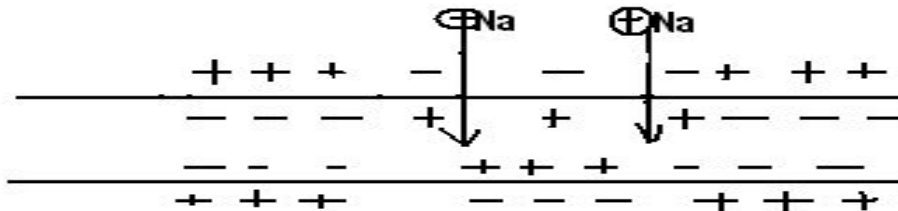
ГОЛЬДМАНА-ХОДЖКИНА-КАТЦА

$$\varphi_m = -\frac{RT}{T} \ln \frac{P_k[K]_i + P_{Na}[Na]_i + P_{Cl}[Cl]_o}{P_k[K]_o + P_{Na}[Na]_o + P_{Cl}[Cl]_i}$$

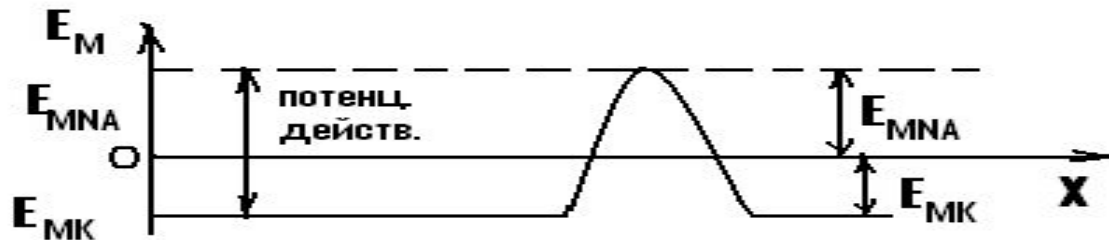
знак минус- внутренняя поверхность мембраны заряжена отрицательно.

Биопотенциал действия

- При раздражении клетки проницаемость ионов Na резко возрастает.



$$E_D = |E_{MK^+}| + |E_{MNa}|$$



Автоволна

- Волна, получающая энергию из среды в процессе распространения, называется **автоволной**.
- Среда дающая энергию автоволне называется **активной**.
- Распространение потенциала действия по нервному волокну происходит в форме автоволны. Активной средой является возбуждение клетки.
- Скорость распространения потенциала действия

$$v \approx \sqrt{r}$$

r- радиус нервного волокна.



 КРАСНОЯРСКАЯ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ
МЕДИЦИНСКАЯ
АКАДЕМИЯ

**БЛАГОДАРЮ
ЗА ВНИМАНИЕ**



Уважаемые старосты!

Вы сдали списки
отсутствующих?