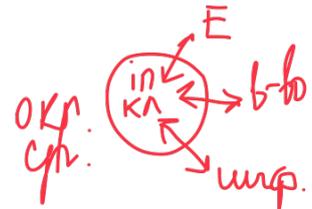


## Лекция 5. Биологические мембраны. Биоэлектrogenез

Биологические мембраны их физические свойства

В каждой клетке есть плазматическая мембрана, которая ограничивает содержание клетки от наружной среды и внутренней мембраны, которая формирует органоиды клетки.

Через биологическую мембрану происходит обмен. БМ — кожа клетки. Клеточные сообщества существуют только благодаря передачи информации от клетки к клетке. Если информационные процессы угнетены → онкозаболевания → организм нажимает на кнопку самоуничтожения.



### Функции биологических мембран

Общие: механическая, барьерная, матричная.

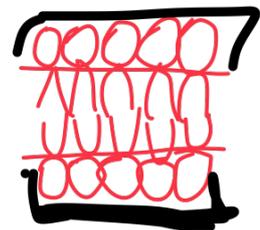
Специфические: транспортная, рецептурная, генерация БП, принимает участие в информационных процессах в живой клетке.

### Структура биологических мембран

БП=липиды 40%+белки 20—80%

Из липидной части наиболее важны для структуры фосфолипид.основа фосфолипид — трехатомный глицерин. К нему присоединяются жирные кислоты. Полярная часть, где фосфатная группа, любит воду, гидрофильная часть. Гидрофобная часть, хвосты не любят взаимодействовать с водой. Физико—химическое свойство фосфолипид — амфифильность.

В воде молекулы фосфолипид автоматически собираются в бислою — bilayer. Бислою — это каркас для БМ. Самосборка и самовосстановление.



Мембранные белки (большие глобулы) бывают периферические (гидрофильные) и собственные=интегральные (гидрофобные).

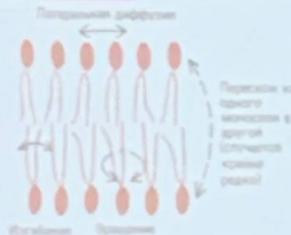
### Схематическое строение БМ



## Различные формы молекулярного движения в БМ

**Латеральная диффузия**

Перемещение молекул в пределах одной стороны бислоя.



**Вращение**

**Трансмембранная Диффузия =**

**ФЛИП-ФЛОП =** перемещение молекул поперек БМ. Один раз в 2 недели. В  $10^9$  медленнее

## Физические свойства БМ

Жидкокристаллическая структура

Вязкость  
 $\eta = 100 \text{ мПа} \cdot \text{с}$   
(оливковое масло)

$C = 1 \text{ мкФ/см}^2$   
БМ - конденсатор

Текучность  $\approx \text{const}$

Электросопротивление  $10^5 \text{ Ом/см}^2$  гораздо больше, чем у технических изоляторов

Поверхностный заряд **Отрицательный**. Препятствует слипанию клеток крови

$\epsilon_{\text{диэлектрик}} = 2,2$

Плотность липидного бислоя  $800 \text{ кг/м}^3$ .  
Меньше, чем у  $\text{H}_2\text{O}$

Модуль упругости  $E = 10^9 \text{ Па}$

### Жидкокристаллическая структура (ЖК)

транспорт

скелет

Жидкий кристалл  $\longleftrightarrow$  Твердый кристалл

Мембрана сохраняется в ЖК состоянии благодаря температуре клетки и химическому составу жирных кислот.

Обусловлена необычайно **высокой подвижностью** мембранных компонентов.

**Фазовый переход при температуре  $37^\circ \text{C}$**

**2. Текучность  $\approx \text{const}$**

БМ КАК ЖК структура характеризуется определенной вязка Тьюринга. На вязкость клеточных мембран влияет содержание в них холестерина.

**4. Поверхностный заряд на мембране.**  
 Продуктивность клетки, т.е. ее энергия является измеряемой величиной. **Здоровая клетка обладает напряжением 70-90 мВ.**

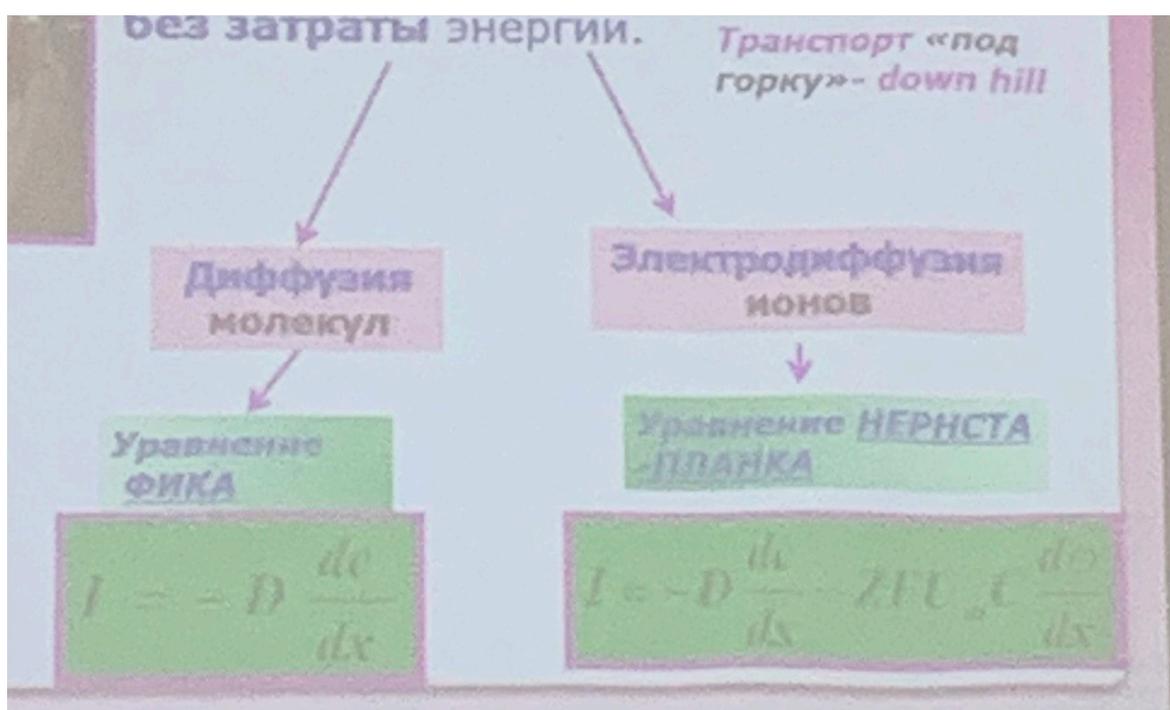
Вся патология на мембранном уровне!

В зависимости от здоровья, напряжение снижается до 20-30 мВ  
 В связи с этим мы чувствуем усталость и изнуренность.

Вязкость меняется при многих заболеваниях, под действием ионизирующего электромагнитного излучения, ряда фармпрепаратов. Уменьшение вязкости БМ — причина разжижения БМ при злокачественных опухолях — при лейкозе. Вязкость бм уменьшается при тиреотоксикозе, а также под действием наркотических средств, например хлороформа.

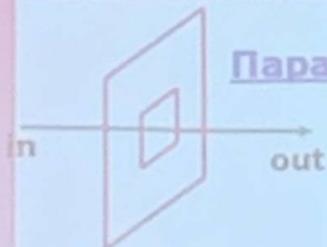
### Виды пассивного транспорта

Пассивный транспорт — это процесс вещества через биологическую мембрану без затраты энергии.



## Уравнения простой диффузии и электродиффузии

Диффузия – это самопроизвольный процесс проникновения массы вещества из области **большой** концентрации в область с **меньшей** концентрацией в результате теплового хаотичного движения молекул.



### Параметры диффузии

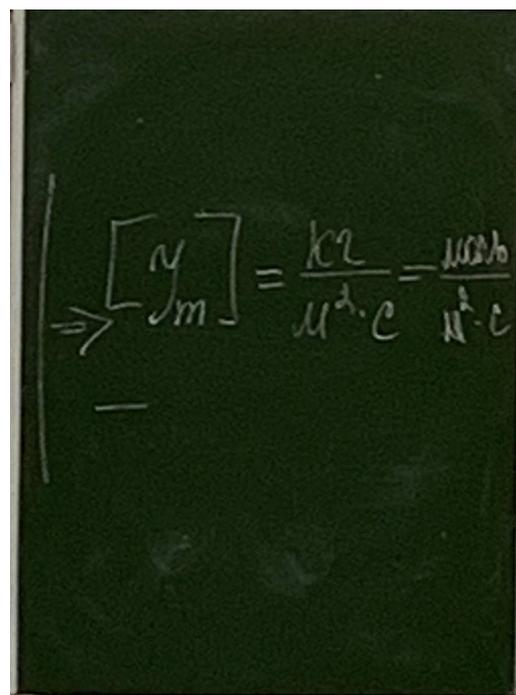
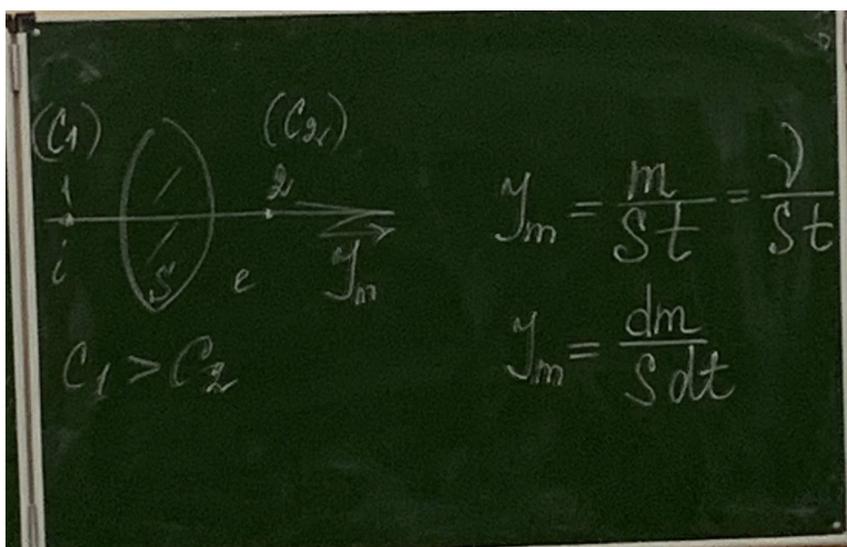
**• ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА ВЕЩЕСТВА:**

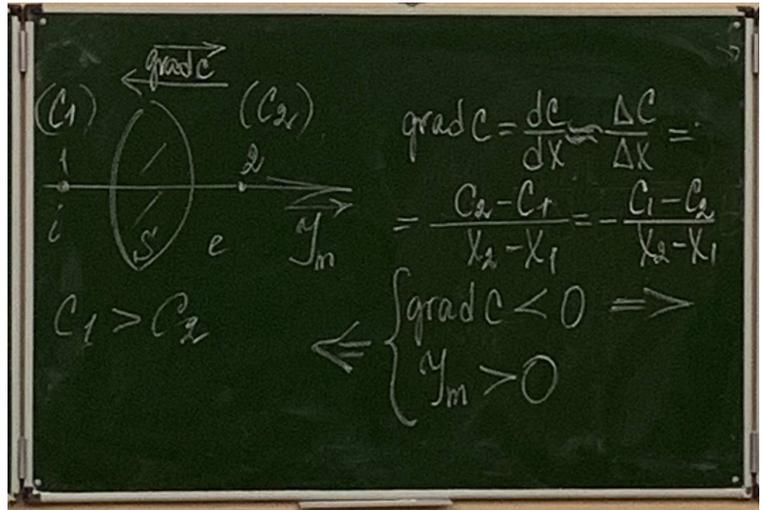
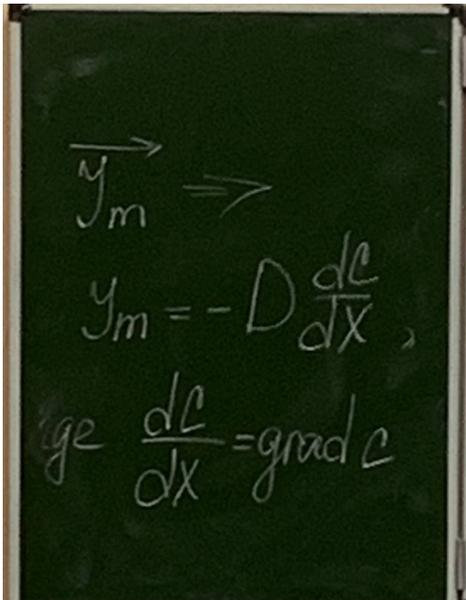
$$I = \frac{v}{S \cdot t}$$

$$I = [\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}]$$

**• Плотность потока вещества** – это количество вещества в единицу времени через единицу площади.

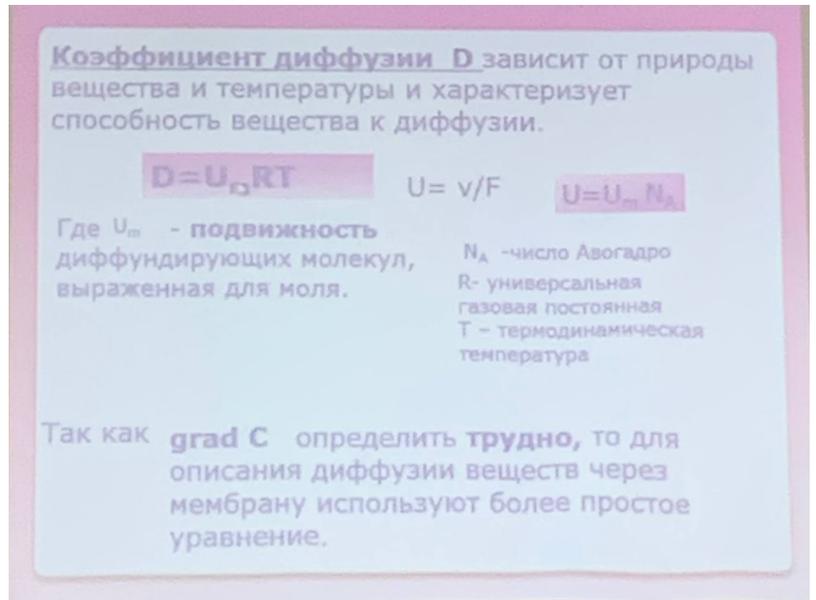
Плотность потока переносимого вещества характеризует скорость переноса вещества через выделенную в пространстве площадь  $S$ . Это векторная величина =  $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с} = \text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .





Две векторные величины различны по знаку следовательно от разнонаправлены. Градиент концентрации направлен в сторону обратную направлению плотности потока переносимого вещества.

Коэффициент диффузии зависит от температуры вязкости и характеризует быстроту переноса вещества в данных условиях



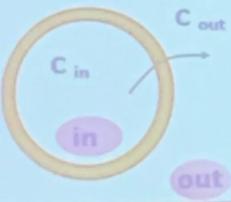
Скорость переноса вещества через биологическую мембрану и следовательно плотность потока вещества пропорциональна разности концентраций внутри и снаружи клетки .

### Уравнение диффузии для мембраны

$$I = p \cdot (C_{in} - C_{out})$$

Это более простое уравнение предложено Коллендером и Берлундом

Где P- коэффициент проницаемости [м/с]



Плотность потока вещества через биологическую мембрану прямо пропорциональна разности концентраций внутри и снаружи клетки.

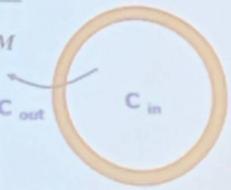
$$[p] = \frac{m}{c \cdot s}$$

### Коэффициент проницаемости

$$p = \frac{D \cdot K}{l} \left[ \frac{m}{c} \right]$$

где l – толщина БМ  
D- коэффициент диффузии  
K- коэффициент распределения между липидной и водной фазами.

P – зависит от температуры, природы вещества, от свойств БМ, ее функционального состояния.

$$K = \frac{C_i}{C_M} \quad K = \frac{C_o}{C_M}$$


Нет проницаемости мембраны вообще, а есть разная проницаемость БМ для тех или иных веществ.

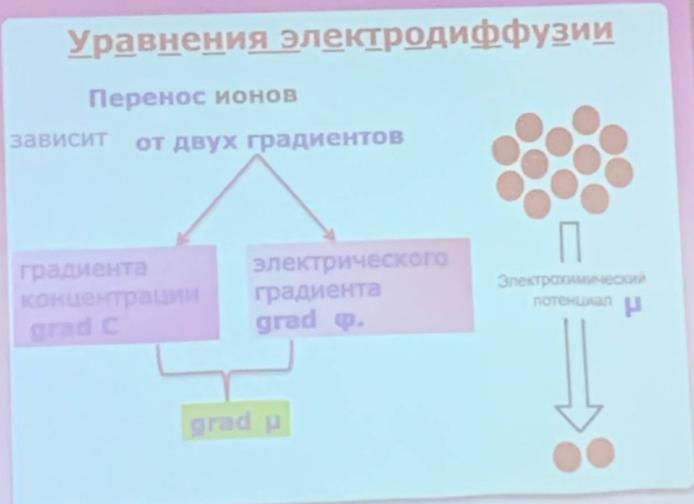
Влияние электропотенциала на рассматриваемые явления:

### Уравнения электродиффузии

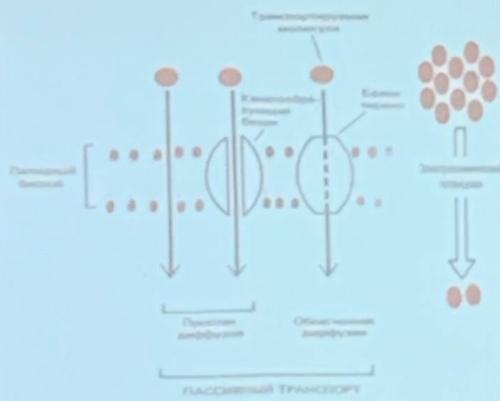
Перенос ионов зависит от двух градиентов

- градиента концентрации grad C
- электрического градиента grad φ.

Электрхимический потенциал μ



## Разновидности пассивного транспорта



1. Простая физическая диффузия ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ , яды, лекарства).
2. Через белок-канал (ионы).
3. Облегченная диффузия (с носителем). (АК, моносахариды, глюкоза)

