

Іванісик Анатолій Іванович 1104

Ми екзамени будемо давати з питань, які
розглядалися на лекції.
Тобто без допоміжних матеріалів!!!

Біофізика — це наука про фізичні механізми і фізико-хімічні процеси, які лежать в основі життєдіяльності біологічних об'єктів (косток)

Література:

Костюк, Зитя. Біофізика
Вольковштейн В.М. Біофізика
Антонов В.Ф. Біофізика

Клітинні мембрани, будова механізми транспорту

Ліпиди — найважливіший компонент мембран (жири, жирні кислоти, фосфоліпиди)

Жири — складні ефіри тріацільного спирту (3 групи OH)

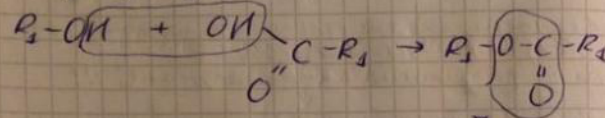
Спирти: $\text{CH}_3\text{-OH}$, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ — одноатомні.

Етиленгліколь: $\begin{matrix} \text{CH}_2\text{-OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{matrix}$ } двоатомний

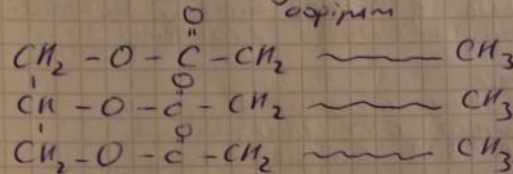
Глицерин: $\begin{matrix} \text{CH}_2\text{-OH} \\ | \\ \text{CH-OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{matrix}$ } тріацільний спирт

Карбонові кислоти: $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}$
(де R — це аліфатична група)
вуглеводневий радикал

Етерифікація:



група, приєднана до карбонильного атома



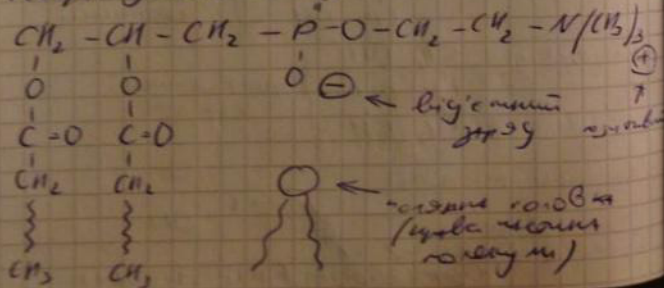
Молекули жиру є гідрофобними (не розчиняються у воді).

Модифікації жирів - ліпідів. Поверхні жири, які розчинні у воді.

У мношці організмів є фосфоліпиди.

Жир естерифікований не карбоною, а фосфорною кислотою.

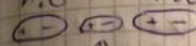
Фосфоліпиди:



жирова група (це частина молекули)

Така молекула є амфібільною.

Але ми розглянемо дану молекулу у воді, то виникне гідрофобний ефект.



звідси легко можна уявити полярну головку (однорідну частину)

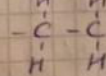
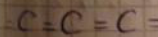
Мембрана складається з ліпідного бімору:



міксом

це розриває зв'язки, водні молекули величезно перекриваються (за рахунок полярності водневих зв'язків)

Якщо дивитися поперечний розріз, то бімору має вигляд:



В ненасичених кислотах багато подвійних зв'язків (боки нерівні, є асиметричний бімору).



це не секрет, а ліпідна мембрана

Транс-ненасичений жир

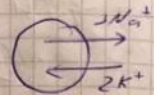
(беруть участь в перенесенні речовин)

$$j_{n1} = -D_1 \frac{dc_1}{dx} - D_1 c_1 \frac{e}{kT} \frac{d\varphi}{dx} \leftarrow \text{для } n\text{-на иона калия}$$

$$j_{n2} = -D_2 \frac{dc_2}{dx} - D_2 c_2 \frac{e}{kT} \frac{d\varphi}{dx}$$

Переходим к р. в. в. Томаса (возьмем
р. в. в. с концентрацией z - потенциал ϕ).
Б. в. в. закон Фарадея что вводит активный
транспорт.

Поток в этом случае так:
хорошо активный поток
 j_{n1} и j_{n2} .



$$\frac{j_{n2}}{j_{n1}} = -\frac{3}{2} \quad (6) \quad \text{до маркетизации}$$

для катиона, где достаточный запас АТФ

поэтому заменим $-\frac{3}{2} \rightarrow -m$
деятельный коэффициент

Но так как катион переходит в стационарный
состояние, то потоки активного и пассивного
транспорта уравновешиваются

$$j_{n1} = -j_{n2}; \quad j_{n2} = -j_{n1}; \quad \text{из формулы (6):}$$

$$\frac{j_{n2}}{j_{n1}} = -m \Rightarrow m j_{n1} + j_{n2} = 0$$

Подставим j_{n1} и j_{n2} :

$$\frac{1}{dx} \left(m D_1 c_1 + D_2 c_2 \right) + \left(m D_1 c_1 + D_2 c_2 \right) \frac{e}{kT} \frac{d\varphi}{dx} = 0$$

Дополним на dx :

$$d \left(m D_1 c_1 + D_2 c_2 \right) + \left(m D_1 c_1 + D_2 c_2 \right) \frac{e}{kT} d\varphi = 0$$

$$d\varphi = -\frac{kT}{e} \frac{d \left(m D_1 c_1 + D_2 c_2 \right)}{m D_1 c_1 + D_2 c_2}$$

$$\varphi^{(1)} - \varphi^{(0)} = \Delta\varphi = \frac{kT}{e} \ln \left[\frac{m D_1 c_1^{(0)} + D_2 c_2^{(0)}}{m D_1 c_1^{(1)} + D_2 c_2^{(1)}} \right]$$

р. в. в. Томаса

$$\frac{kT}{e} \ln \frac{N_0}{N_1} = \frac{RT}{F}$$

F - число Фарадея
(затрачено электронов)

поэтому, выразим $\Delta\varphi$ в терминах концентрации

$$P = \frac{D}{\Delta x}$$

$$j_n = -D \frac{dc}{dx} \quad ; \quad \int_{(0)}^{(1)} j_n^{(y=0)} dx = \int_{(0)}^{(1)} (-D dc)$$

$$\Delta x \cdot j_n^{(y=0)} = -D \cdot \Delta C \quad \left[j_n^{(y=0)} = -P \cdot \Delta C \right]$$

матрица

Затем мы р. в. в. Томаса, выразим
выражен коэффициент пропорциональности:

$$\Delta\varphi = \frac{RT}{F} \ln \left[\frac{m P_K + C_{K+}^{(0)} + P_{K+} C_{K+}^{(0)}}{m P_K + C_{K+}^{(1)} + P_{K+} C_{K+}^{(1)}} \right]$$

в формулу Бунзига, что используется
в биохимии

Рассмотрим еще р. в. в. Томаса -
Хей-Кинг - Коулс:

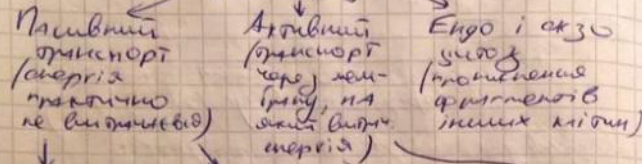
Переходим к н-на:

$$j_{in} = -D_i \frac{dc_i}{dx} - D_i c_i \frac{e}{kT} \frac{d\varphi}{dx}$$

Затем мы выразим в терминах

В живих клітинах таких структур приблизно 15%.

Механізми мембранного транспорту



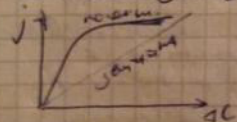
В залежності від того, як чи, найважливішим характером активного руху може змінюватися.

Закон Фіка: потік речовини (дифузії)

$$j = -D \frac{dc}{dx} \quad \frac{dc}{dx} - \text{градієнт концентрації}$$

D - коефіцієнт дифузії

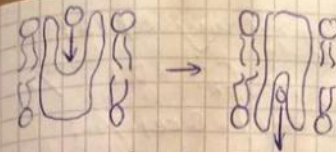
Потенціал дифузії:



За нею визначають потік речовини, який залежить від умов, в яких він рухається. (10 мкм/с)

Вислідом в даному випадку є дифузійний потік.

Концентрація змінюється (деградація вільних молекул).



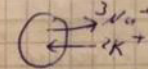
На активний транспорт витрачається ~ 40%.

В мембрані встановлюється різниця потенціалів (АТФ) він виробляє енергію для переносу іонів.

Закон Нернста-Планка: $j = -D \frac{dc}{dx} + A \frac{d\phi}{dx}$

з наявністю різниці потенціалів

$(K^+ - Na^+) - \text{АТФ-аза}$ - pompa, переносить іони.



(можливо протікає проти градієнта концентрації)

Екзо-ендоцитоз:



- тут транспортується вміст клітини

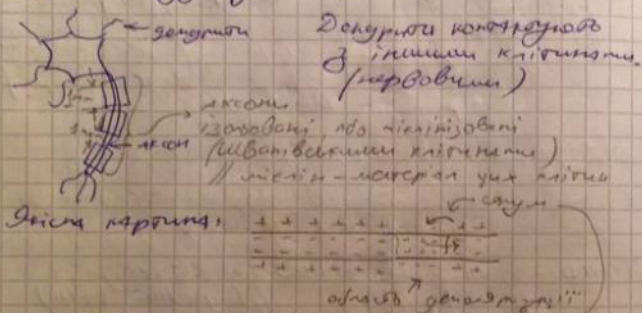
Трансмембранний потенціал клітини

Товщина ліпидного бімору - 10 нм.
Висота потенціалу $\Delta \phi \approx 100$ мВ.

Потенціал: $E = \frac{\Delta \phi}{l} = 10 \frac{\text{мВ}}{\text{нм}}$ - дуже велике

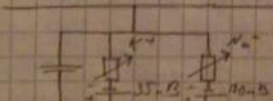
Ліпидний бімору - дуже гарний ізолятор

Задание Судову нейрона:



буде поширюватися
будувати (рутинні дії)
(але це не означає поширювати)

ЗОВИ СЕРДЦЕВИЩЕ



3-minute chip test
on/off battery.
Diagnose - your light
battery.

Гу
Автомат

Розмітнено аксон: $l = 1 \text{ см}$, $S = 1 \text{ мм}^2$

$$R = \frac{L \cdot I_y}{S} = 5 \text{ Гом}$$

— ось симметрии опис.
(аном. — не подходит)
(продольная)

$$\cos \left[\frac{\pi \varphi}{\sin^2} \right] = 1 \leftarrow \text{СИММЕТРИЯ АКСИОН}$$

Договорились про систему подсчета:

Diagram illustrating the current distribution in a parallel circuit with two branches. The total current entering the junction is I_{in} . The current splits into I_{L1} through the first branch and I_{L2} through the second branch. The current recombines at the junction to become I_{out} .

$$\Delta \varphi = \varphi(b) - \varphi(a)$$

I_{II} - суммарный
 i_1 - погоды величина

$$C[\frac{y}{x}], R[\frac{0}{x+1}]$$

Как вычислить значение $\Delta \varphi(x, t)$?

1) $dJ_n = i_L dx$ (здесь i_L — ток в катушке), $i_L = \frac{\partial J_n}{\partial x}$ — ток в катушке, то есть i_L — ток в катушке.

2) $d(\Delta\varphi) = (R_{dr})J_H$ (Zaron One)

$$I_{11} = \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial(\varphi)}{\partial x}$$

3) Це маючи встановити це рівняння.

$$\frac{\partial I_{II}}{\partial x} = \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial^2 (\phi)}{\partial x^2}, \quad \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial^2 (\phi)}{\partial x^2} = 0$$

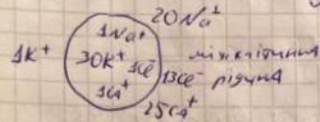
Розглянемо контур $\gamma_1 = 1 - \frac{\partial(\varphi_1, c)}{\partial t}$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = -\frac{1}{RC} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{1}{C} \quad \text{вспомогательное уравнение конденсатора}$$

і - іонний струм

[illegible]

Розглянемо мозову клітину сарая:



$$C_{K^+}^{(i)} = 0.1 \text{ моль/л}$$

i - всередині

$$C_{K^+}^{(i)} = \frac{0.1 \text{ моль}}{1000 \text{ см}^3} \cdot 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 2.1 \cdot 10^{20} \frac{1}{\text{см}^3}$$

Для концентрованих іонів води це не є великим числом, бо для води 56 моль/л.

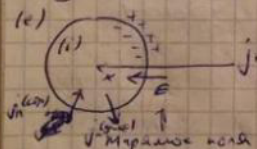
$$C_{H_2O}^{(i)} \approx 3.4 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{см}^3}$$

Заради в тому, щоб зрівняти концентрації, з'являється потенціал.

Подібно до цього р.н. Керста - Планка

Розглянемо клітину:

25.04



Достатньо одної сторони, бо є симетрія.

Клітин є позитивно зарядженою, тому ми зовні знак "+".

j_n - потік латентних іонів
 $j_n^{(out)} + j_n^{(in)} = j_n$ - струмова щільність

$$j_n = -D \frac{dC}{dx} + \frac{i}{q}$$

$$i = \lambda E \leftarrow \text{закон Ома}$$

Для i використаємо фізичну модель:

$$i = q \sigma v, \quad C - \text{концентрація}, \quad v - \text{швидкість}$$

$$v = u E q, \quad u - \text{мобільність}$$

Подіставимо в i :

$$i = q^2 C u E, \quad E = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$i = -q^2 C u \frac{d\varphi}{dx}$$

$$j_n = -D \frac{dC}{dx} - q C u \frac{d\varphi}{dx} \leftarrow \text{рівняння Керста - Планка}$$

и та D пов'язані співвідношенням Ейнштейна

Щоб змійти $\varphi(x)$ розглянемо рівноважний стан, щоб ми не було зупинитися:

$$j_n = 0 \Rightarrow D \frac{dC}{dx} = -q C u \frac{d\varphi}{dx} \quad (A)$$

За рівноваги частини розподілені за законом:

$$C = C_0 \exp\left[-\frac{E_p}{kT}\right]$$

$$E_p = -F x, \quad E_p - \text{потенціальна енергія}$$

$$E_p = x q \frac{d\varphi}{dx}, \quad \text{подіставимо в C.}$$

$$C = C_0 \exp\left[-\frac{x q \frac{d\varphi}{dx}}{kT}\right], \quad \text{подіставимо в (A)}$$

$$D C \left(-\frac{q \frac{d\varphi}{dx}}{kT}\right) = -q C u \frac{d\varphi}{dx} \Rightarrow \left[u = \frac{D}{kT}\right]$$

Введемо індекс:

$$\frac{1}{2} \rightarrow K^+, \quad \frac{1}{2} \rightarrow Na^+$$

Значення статистичного потіку:

сбалансированные: $\sum q_{ij} \ln = 0$
(общий запас приращений)

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta x} \leftarrow \text{назвали теорією}$$

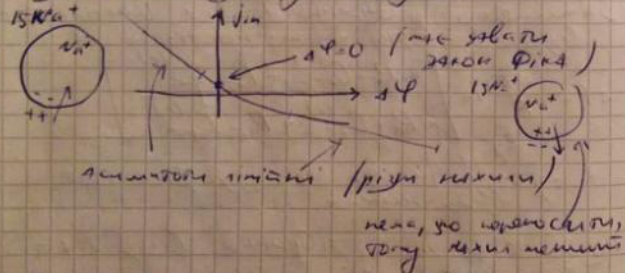
Дополним (с) на dx :

$$\int_{(x)}^{\int} dx = - \int_{(x)}^{\int} \frac{D_i dC_i}{J_{in} + D_i C_i \frac{q_i}{kT} \frac{\Delta \psi}{\Delta x}} \quad \left\{ \begin{array}{l} P_i = \frac{D_i}{\Delta x} \\ \Psi_i = \frac{q_i \Delta \psi}{kT} \end{array} \right.$$

$$j_n = p \cdot \psi_i \cdot \frac{C_i^{(1)} - C_i^{(2)} \exp(-\psi_i)}{\exp(-\psi_i) - 1} \quad \text{вторая поправка}$$

$$j_{in}(C_i^{(1)}, C_i^{(0)}; \Delta\varphi(\text{var}))$$

Розглянемо деякі приклади:



Ясно видно из рисунка K^+ , N_2^+ , Cl^- , PO_4^{3-}

$\sum q_i p_i = 0$ некое извлеченное,
интервал - не имеет смысла.

Основной вопрос р-на Хозяйств -

$$\Delta \psi = \frac{kT}{e} \ln \left[\frac{P_{A^+}(c) + P_{A^+}(c_0) + P_{A^+}(c_1)}{P_{A^+}(c') + P_{A^+}(c_0') + P_{A^+}(c_0'')} \right]$$

$$\Delta\psi = \frac{LT}{e} \ln \left[\frac{mP_{K+}C_{K+}^{(e)} + P_{K+}C_{K+}^{(e)}}{mP_{K+}C_{K+}^{(i)} + P_{K+}C_{K+}^{(i)}} \right] \leftarrow pB_{2015}$$

Р.в. янне Керста: $P_{K+} : P_{K_{n+}} = 1 : 0,04$ ^{То}

Средний ток: $\Delta \Psi = \frac{1}{e} h \left[\frac{C_{\text{ср}}^{(0)}}{C_{\text{ср}}^{(1)}} \right]$

$C_{\text{ср}}^{(0)} = C_{\text{ср}}^{(1)} \exp \left[\frac{e \Delta \Psi}{kT} \right]$

↑
популярный барьер

↑
маленький барьер

↑
большой барьер

↑
трис

$$\Delta\varphi_{к+} \leftarrow \text{рівноважний клієвий потенціал}$$

Кислота може перейти в зуджений стан за
рахунок електричних впливів

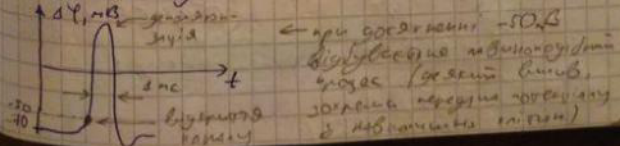
TRND - трансмембранный потенциал глии (звужений стін)

$$P_{x+} : P_{y_{x+}} = 1:20$$

Ду: врівноважити потреби - рвобажати
потребу: а і:

$$\varphi_{\text{Нер}} = \frac{RT}{e} \ln \left[\frac{C_{\text{Na}^+}^{(e)}}{C_{\text{Na}^+}^{(i)}} \right] \rightarrow \text{кислая среда}$$

Другими для нейром



$i(\Delta\varphi, x, t)$ - слагаемые поправки

Первый, что мы можем получить из уравнения:
Ходжкин, Хаксли. Записываем:

$$i = (\Delta\varphi - \Delta\varphi_0) \bar{g}_K n^4 + (\Delta\varphi - \Delta\varphi_0) \bar{g}_{Na} m^3 h$$

\bar{g}_K - величина, когда все каналы открыты
 n^4 - fraction активированных каналов

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(1-n) + \beta_n n \leftarrow \text{возбуждение, которое приводит к открытию, с учетом деактивации}$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m(1-m) + \beta_m m; \quad \frac{dh}{dt} = \alpha_h(1-h) + \beta_h h$$

$$\beta_n = \gamma \cdot \exp\left[-\frac{\Delta\varphi}{V_T}\right], \text{ где } \gamma \text{ описывается тем же, что и функция Ходжкина}$$

Решение с помощью ЭК:

$$\tau = t, \quad \xi = x - \Delta t$$

Необходимо перейти со старых значений.

$$\frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial t} = \frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial \tau} \frac{\partial \tau}{\partial t} = 0 + 1 = 1$$

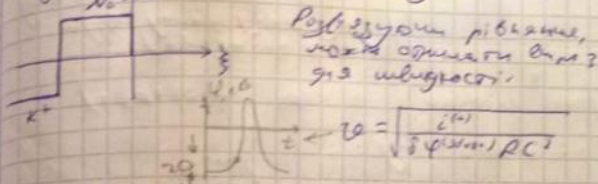
$$\frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial t} = -\Delta \frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial \xi}; \quad \frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial x} = \frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial(\Delta\varphi)}{\partial \tau} \frac{\partial \tau}{\partial x} = -1 + 0 = -1$$

$$\frac{\partial^2(\Delta\varphi)}{\partial x^2} = \frac{\partial^2(\Delta\varphi)}{\partial \xi^2} \frac{\partial \xi^2}{\partial x^2} = 1 \cdot 1 = 1$$

$$\frac{d^2(\Delta\varphi)}{d\xi^2} = -\Delta R C \frac{d(\Delta\varphi)}{d\xi} - i R = 0$$

Анализ с помощью ЭК

Второй, что мы можем получить из уравнения:

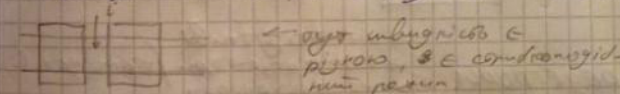


Значение в зависимости от времени:

$$i(t) \sim \Delta \varphi; \quad C \frac{d\varphi}{dt}; \quad R \sim \frac{1}{\Delta \varphi}; \quad \text{где } i$$

$$\tau \sim \sqrt{RC} \leftarrow \text{время задержки}$$

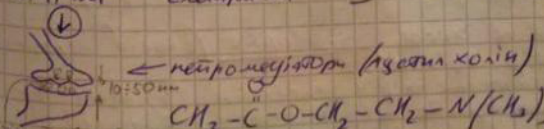
Электролитический ток, который приводит к изменению мембранного потенциала, зависит от концентрации ионов.



СИМАНС

06.06

минимум энергии минимум



при pH 7, в воде 10^-7 моль; масса молекулы 0,3 м

Електричний сигнал

↓ 1 мс - безпосередня передача імпульсу
(через малу щільну синаптичну проміжність)

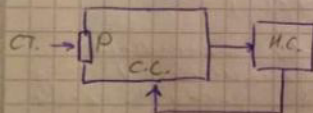
(такі клітини є в серці, міомиї)

Змішаного типу:



СЕНСОРНІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ

Повинен бути стимул (зовнішнього)



С.Т. - стимул
Р. - рецептор
С.С. - сенсорна система
Н.С. - нервова система

РЕЦЕПТОРИ

- механорецептори
- терморецептори (термочувливі)
- хеморецептори
- фоторецептори
- хіміорецептори (відтворюють зміни потенціалу)

• первинні (первісні клітини)
• вторинні (сигнали, зорові, слухові)

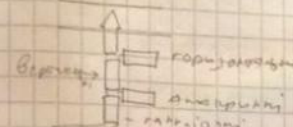
Необхідне явище кодування (спосіб передачі інформації):

- частотне → (в залежності від типу зм. імпульсу)
- просторове → (в залежності від частоти імпульсу)

(в залежності від частоти імпульсу) → зорові

Розміняємо зорову систему.

розміри:

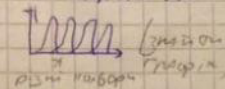


первовий замірник ~ 2 мкм, хоча реальні розміри ~ 10-100 мкм.

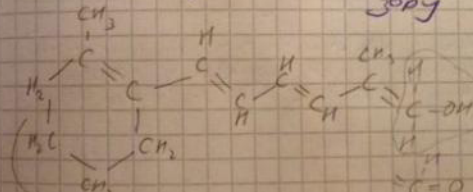
$$\frac{1}{F} = 40D + 20D$$

40D - я. р. ч. (ядро)
20D - кристалік

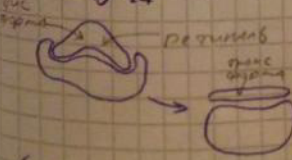
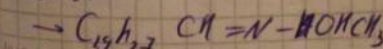
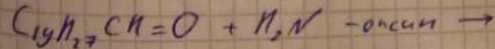
Спектральна чутливість - ?



Вітамін А4 (ретинол 1) - необхідний для зору



ретинол 2 (спосіб з'ясування ф. зору)



при збудженні фотон викликає в транс форму + фотореакція

(показує різницю між 25 мВ → 15 мВ)