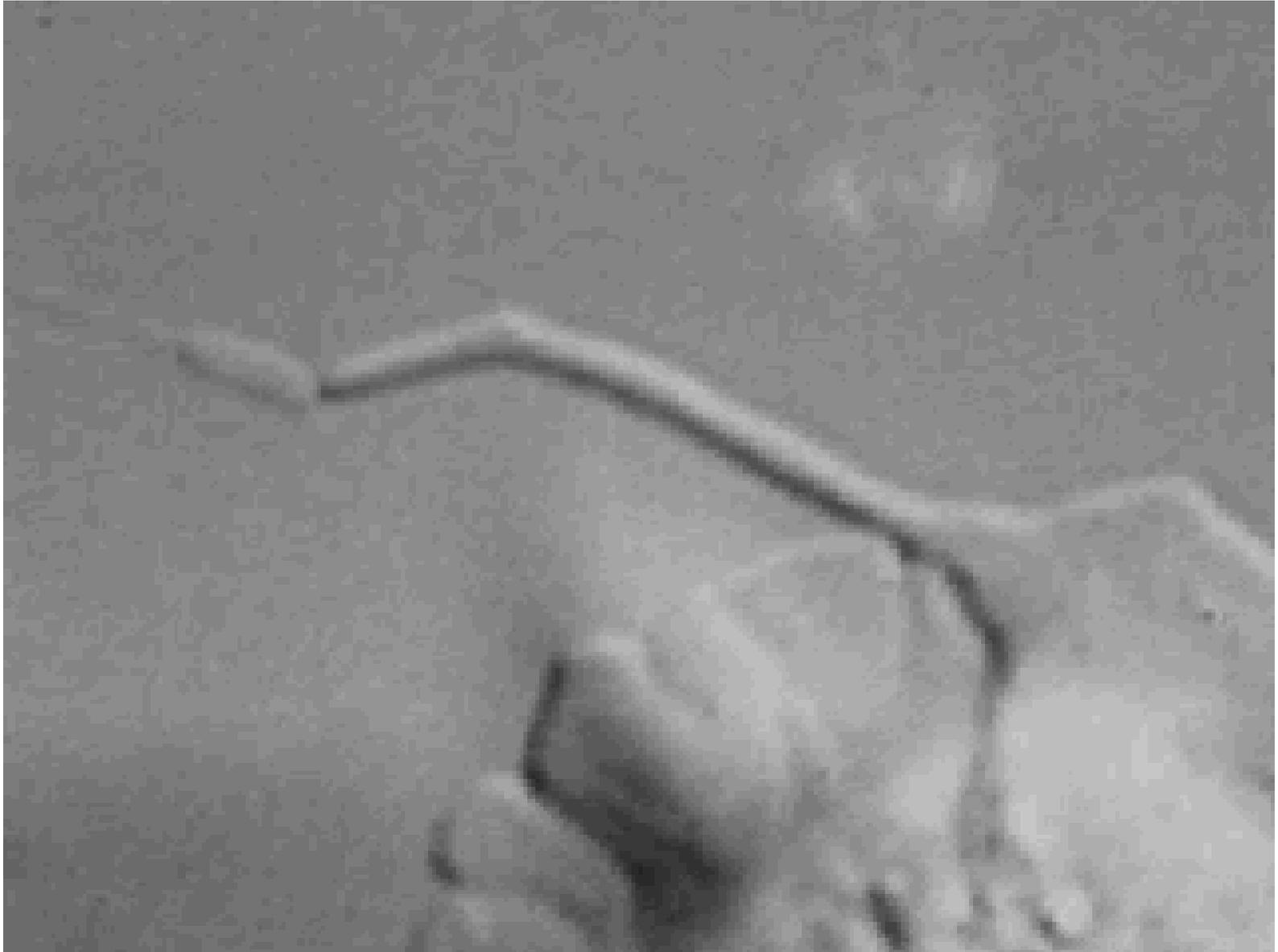


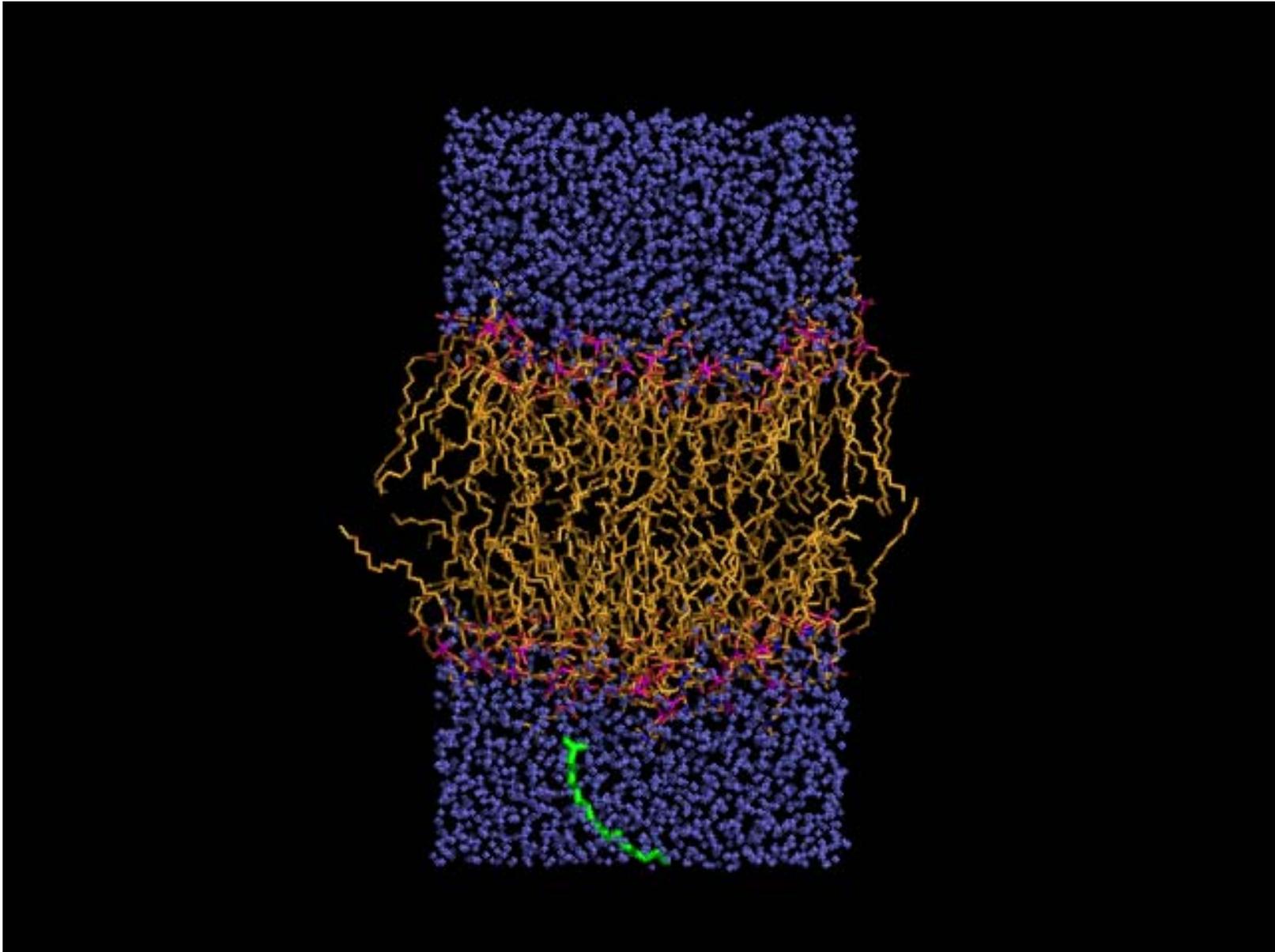
Цикл I «Химия живого»

- 11. 9. Что такое жизнь
с точки зрения химика
- 13. 9. Вода. Биологические
мембраны. Липидный бислой
- 18. 9. Структура и функция белка
- 20.9. Обмен веществом
Преобразование энергии
- 25. 9. Контрольная 1 (помни об
автомате и премии Апто-Фарма)
- 27. 9. Разбор контрольной 1

Текучность клеточной мембраны



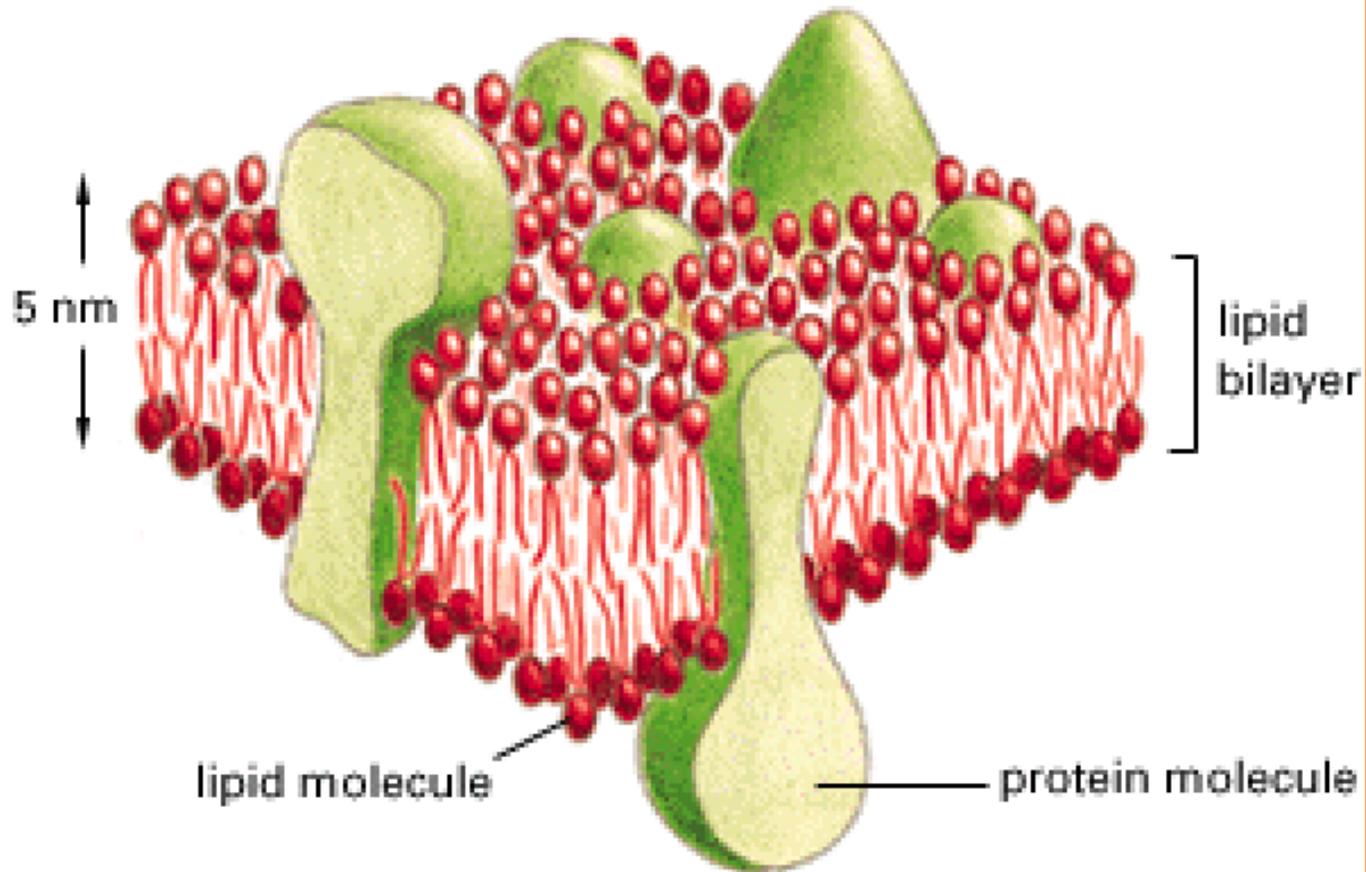
Проникновение липидов и ПАВ в бислой



Разрушение мембраны детергентом (ПАВ)



Биологическая мембрана: липидный бислой + белки



Липиды и белки клеточных мембран (% по весу)

Липиды

Белки

Фосфолипиды

Стерины
(холестерин)

Человек

(миелиновая оболочка) 30

19

30

Кукуруза (лист) 26

7

47

Дрожжи 7

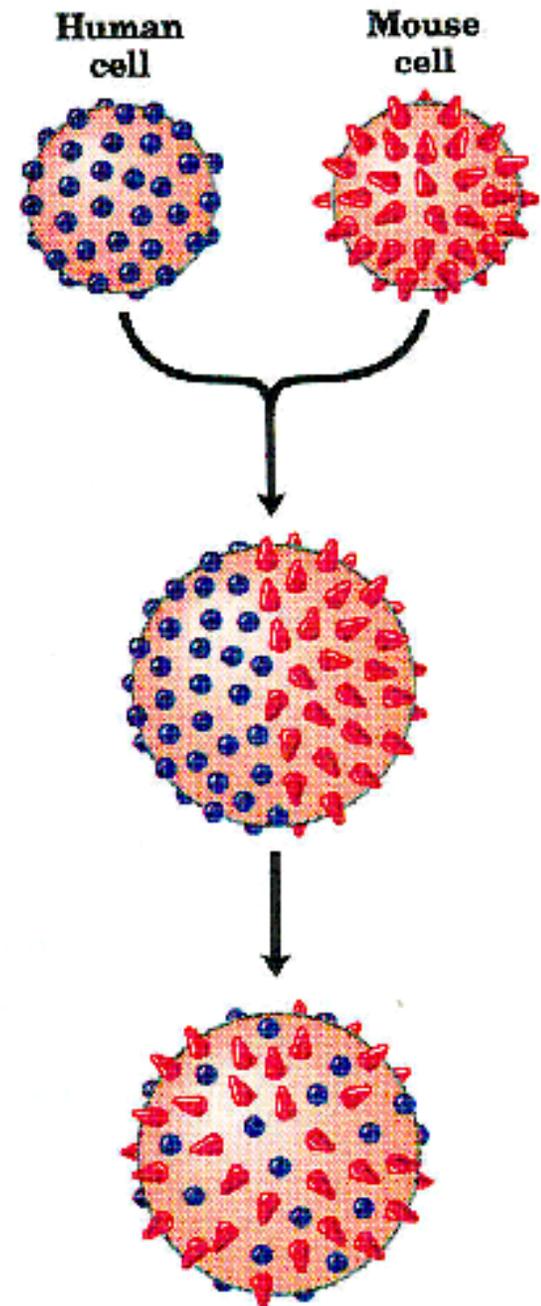
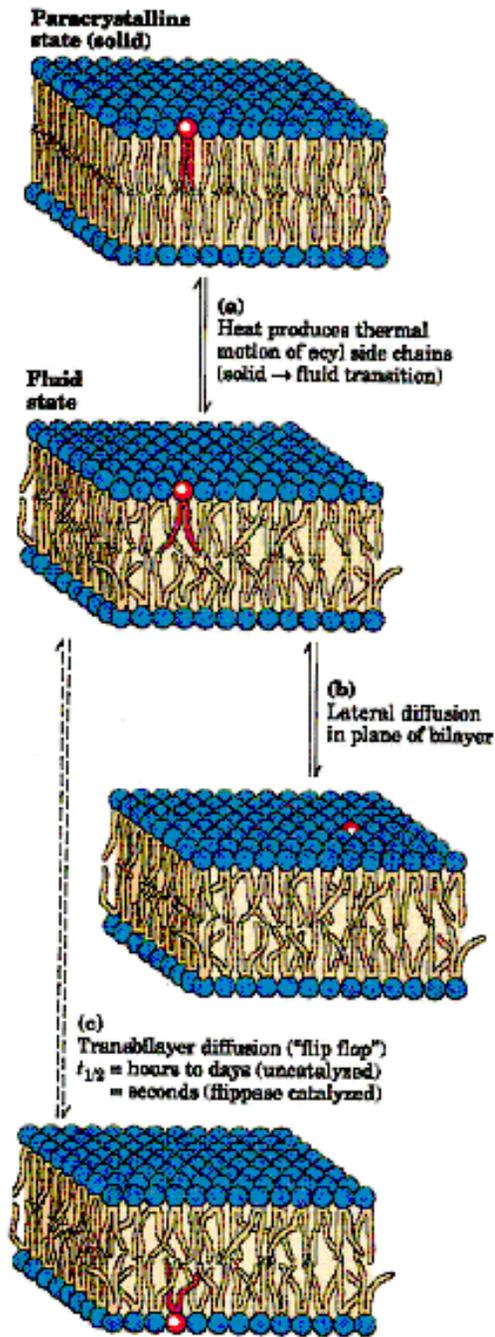
4

52

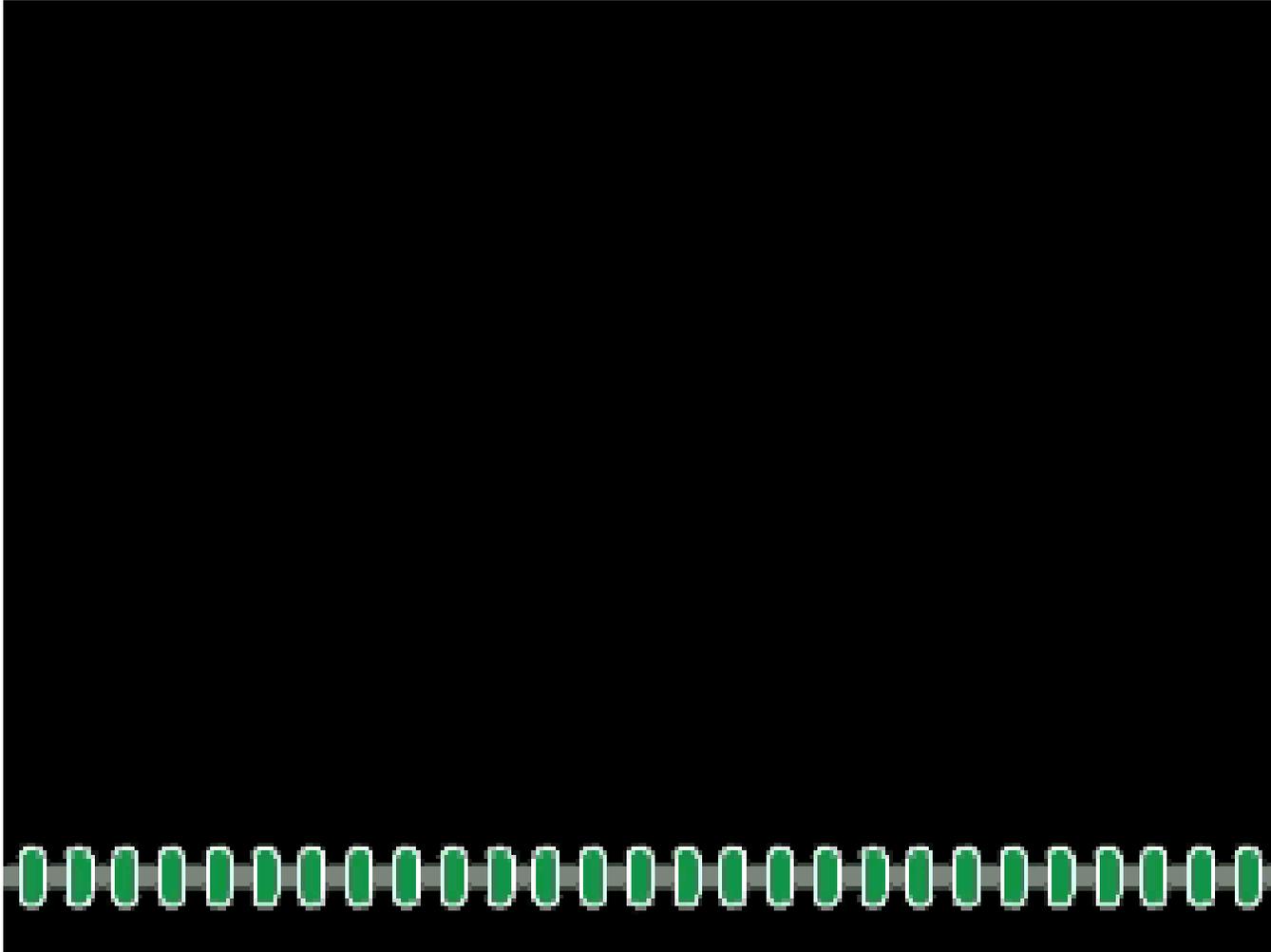
Бактерии (*E. coli*) 25

75

Подвижность липидов и белков в мембране



Подвижность мембранных белков



Латеральная диффузия

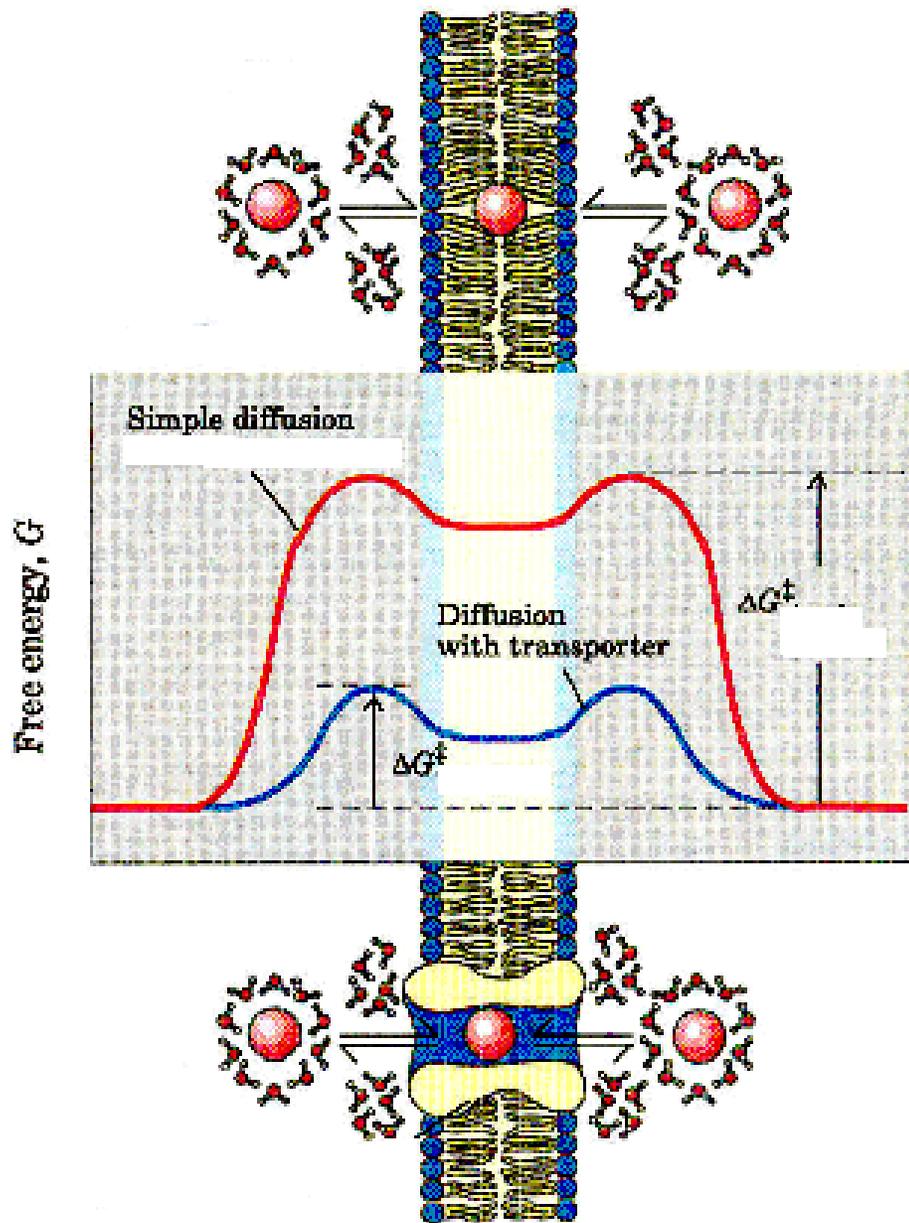
Белки обеспечивают транспорт веществ через мембрану

2 типа

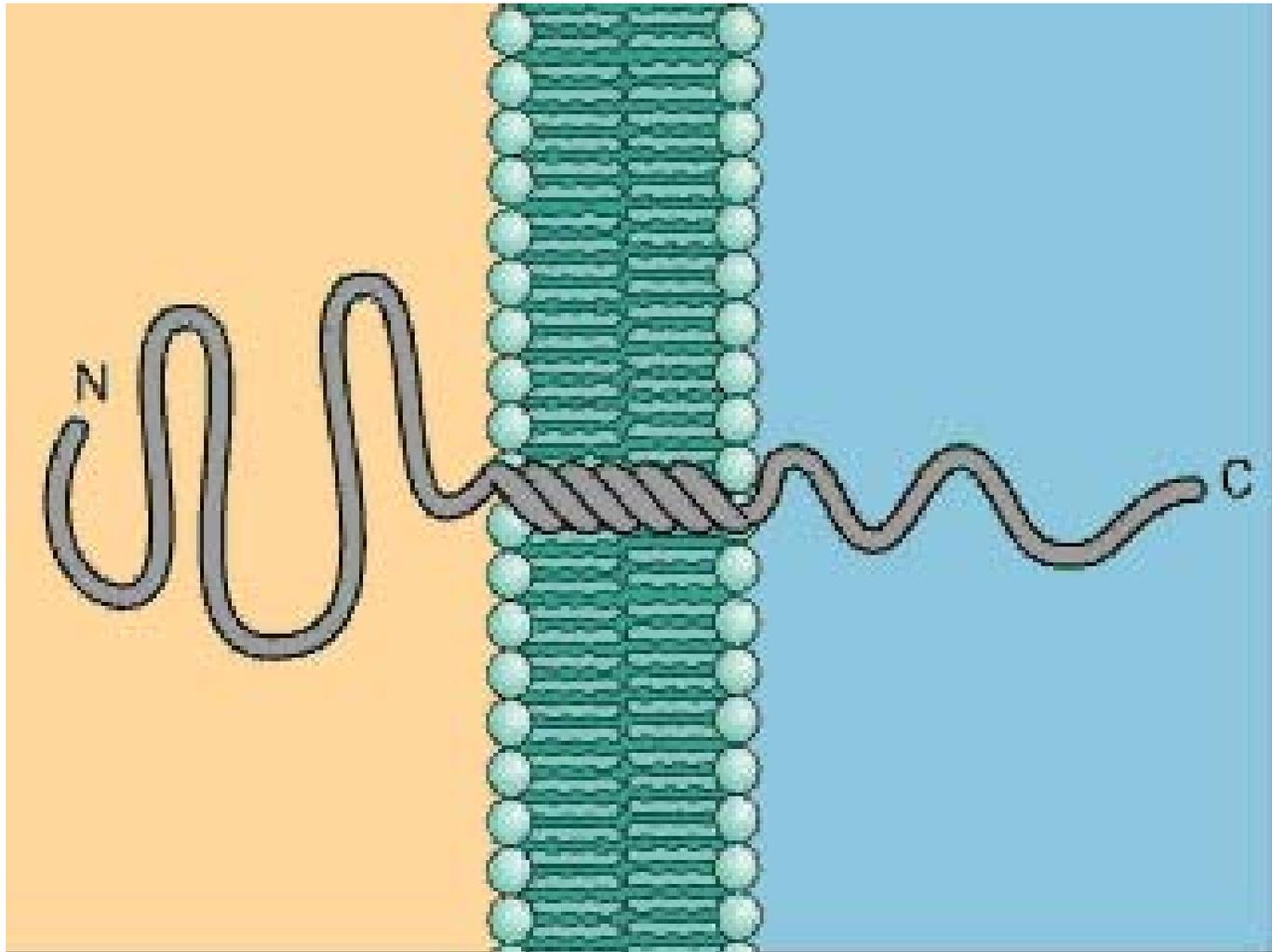
Пассивный транспорт - движение по градиенту концентрации (диффузия)

Активный транспорт - движение против градиента концентрации

Энергетика трансмембранного переноса

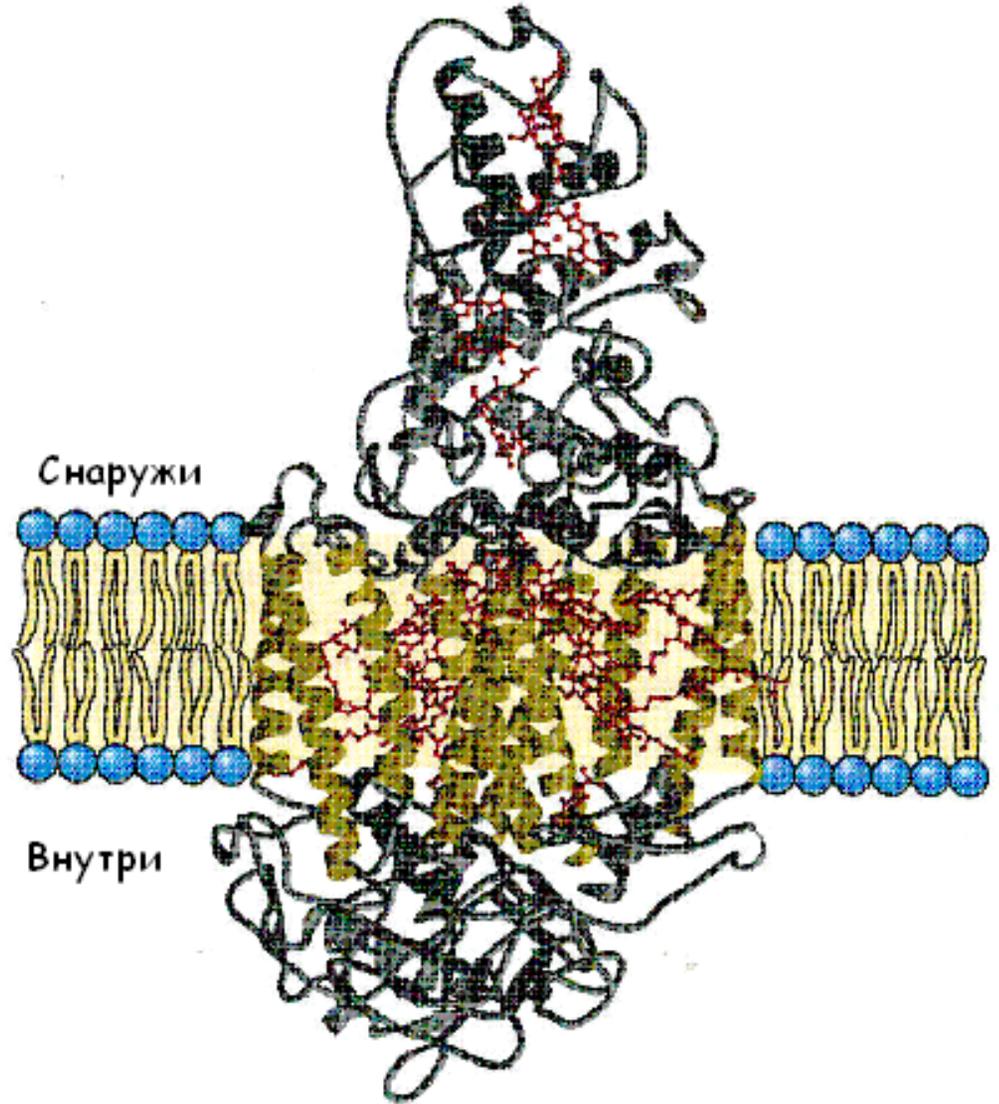


Гидрофобные и гидрофильные участки трансмембранного белка



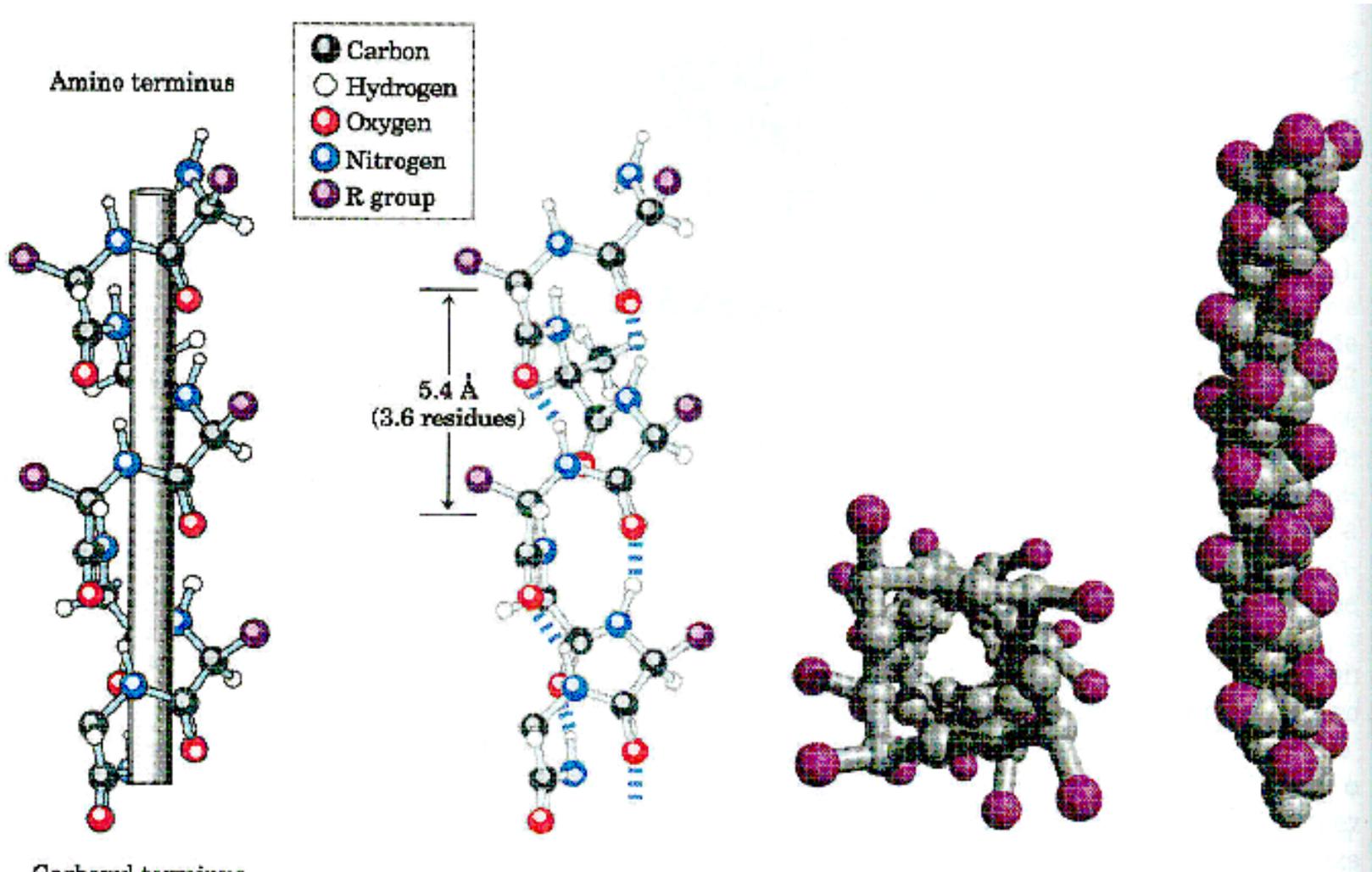
Трансмембранные белки

Трансмембранный домен альфа-спирали упаковка бок-о-бок



α -спираль

водородная связь полипептидной цепи



ПАССИВНЫЙ ТРАНСПОРТ

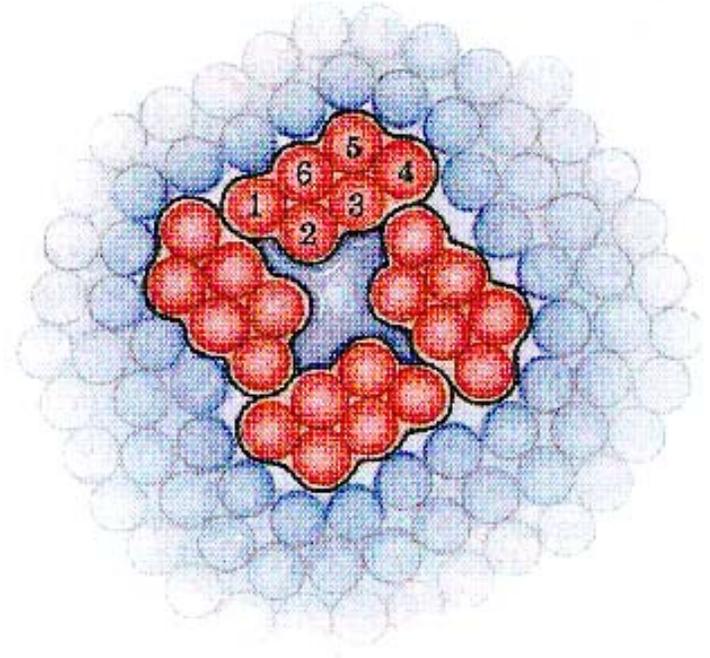
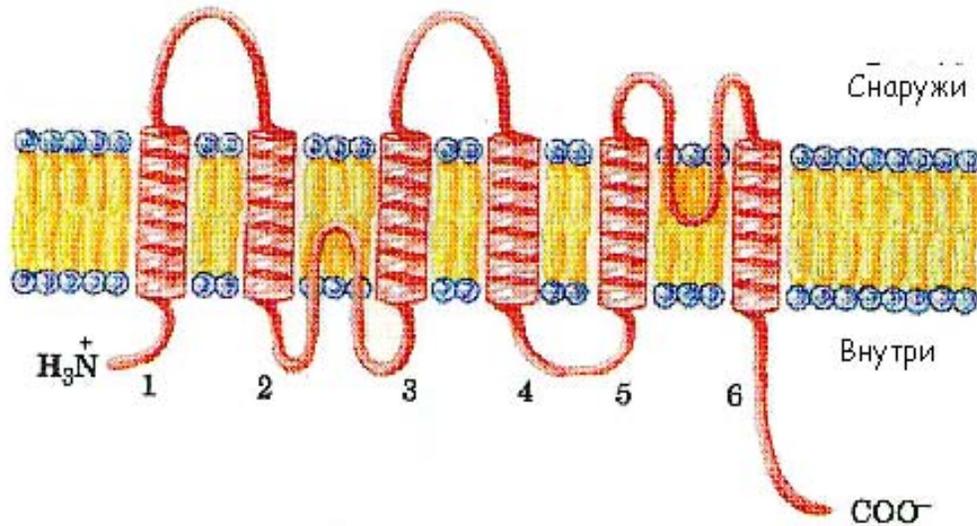
диффузия

по

градиенту концентрации

Аквапорин - транспорт воды

(Питер Эгр)



Аквапорин: 10^9 молекул H_2O /сек ($\Delta G < 15$ kJ/mol)

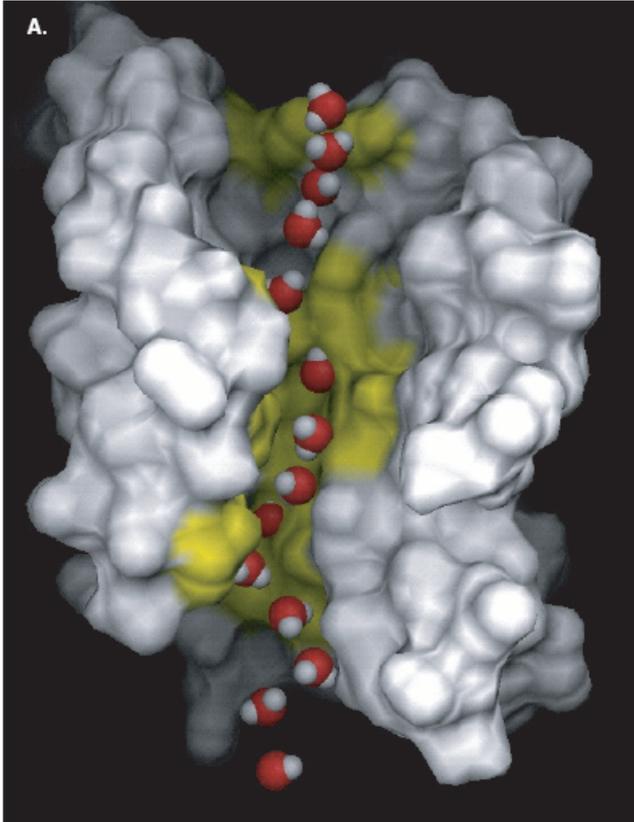
Ферменты: число оборотов

1 - 10^4 молекул/сек

(максимум - 4×10^7 молекул/сек, каталаза)

Осморегуляция
и болезни

АКВАТОРИН



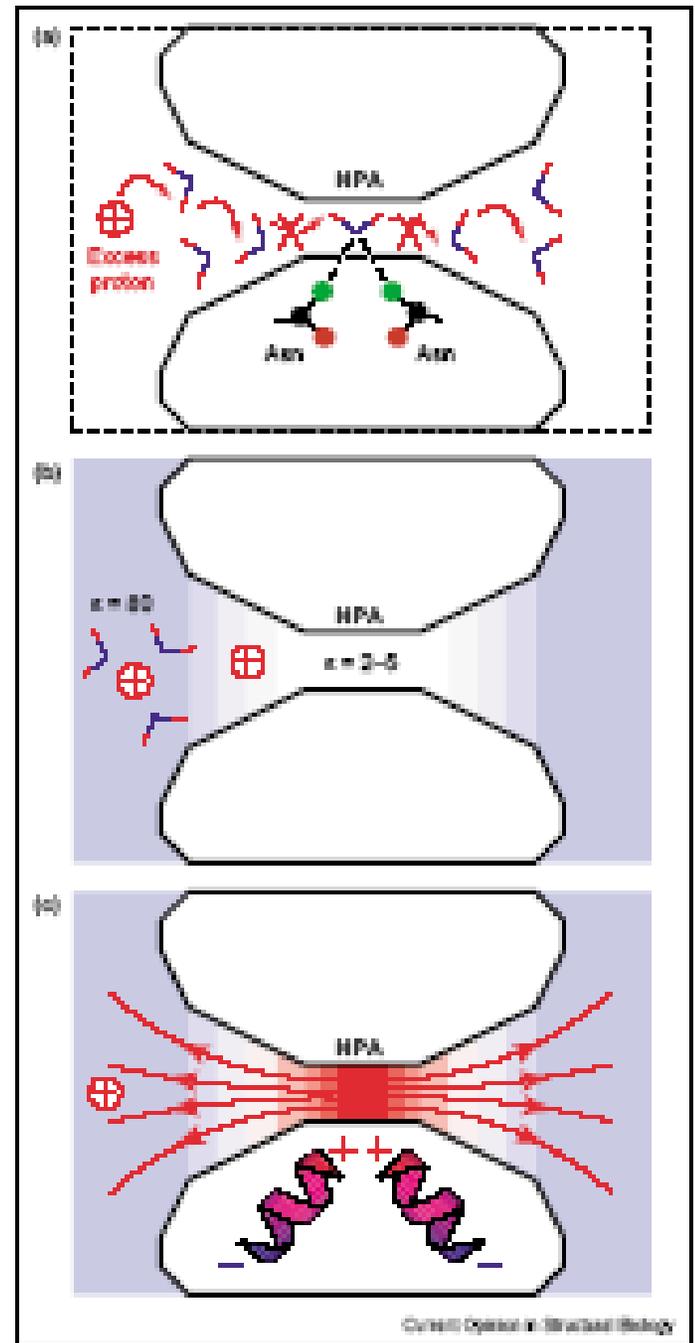
Preston GM,
Carroll TP,
Guggino WB,
Agre P

Как аквапорин разрешает транспорт ВОДЫ и исключает транспорт протона?

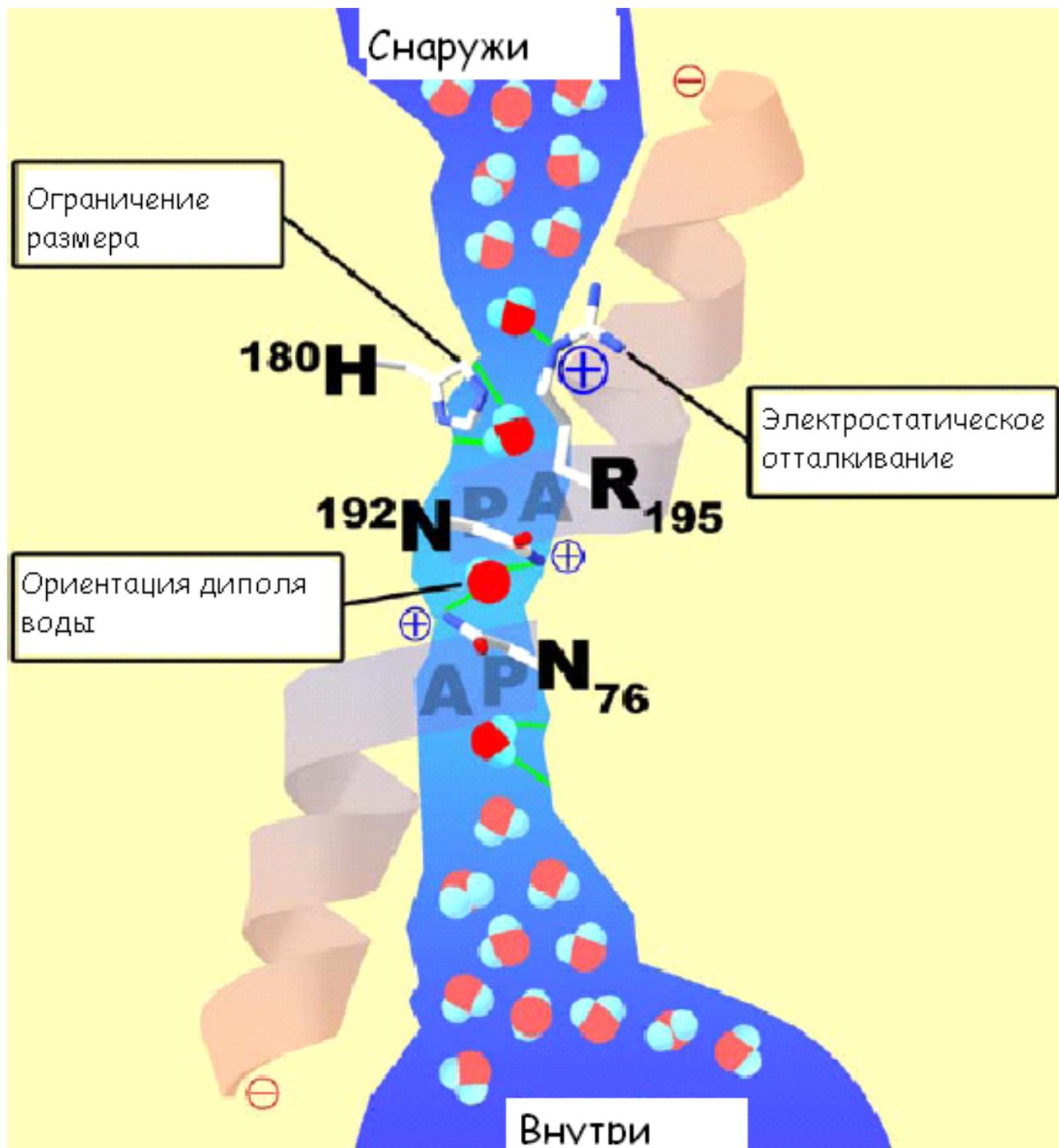
Координация Н-связи

Растворимость

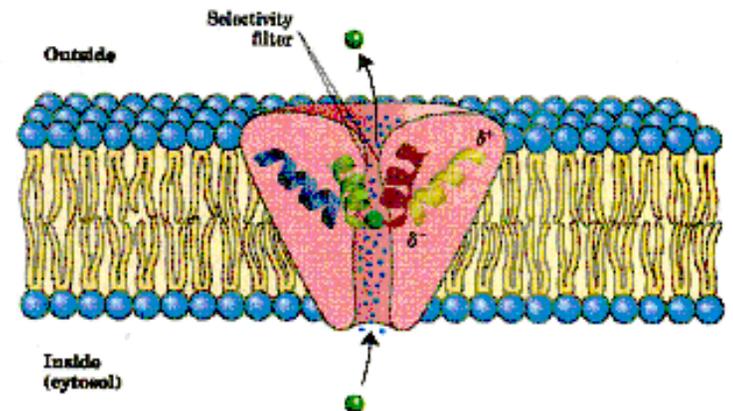
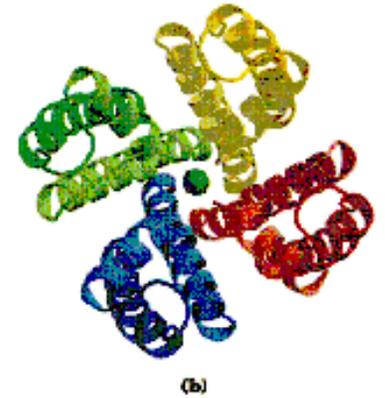
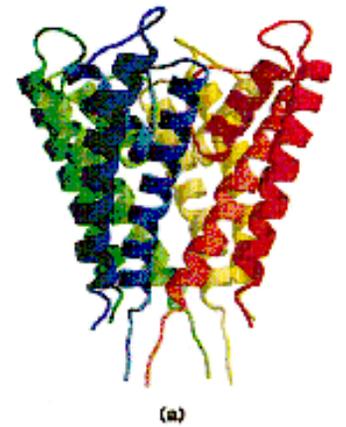
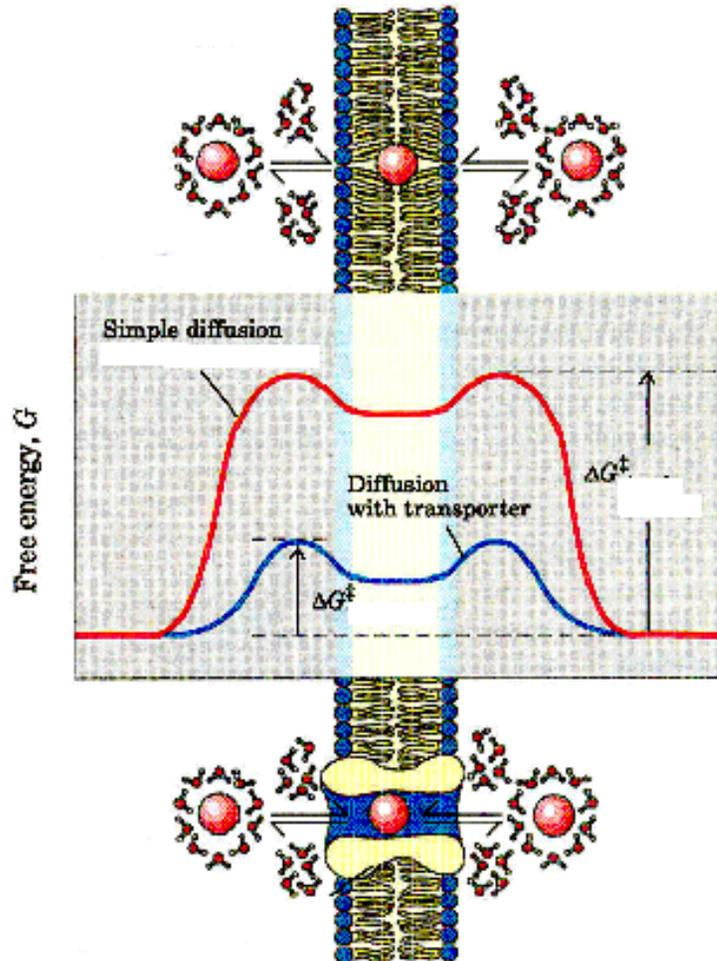
Электростатический барьер



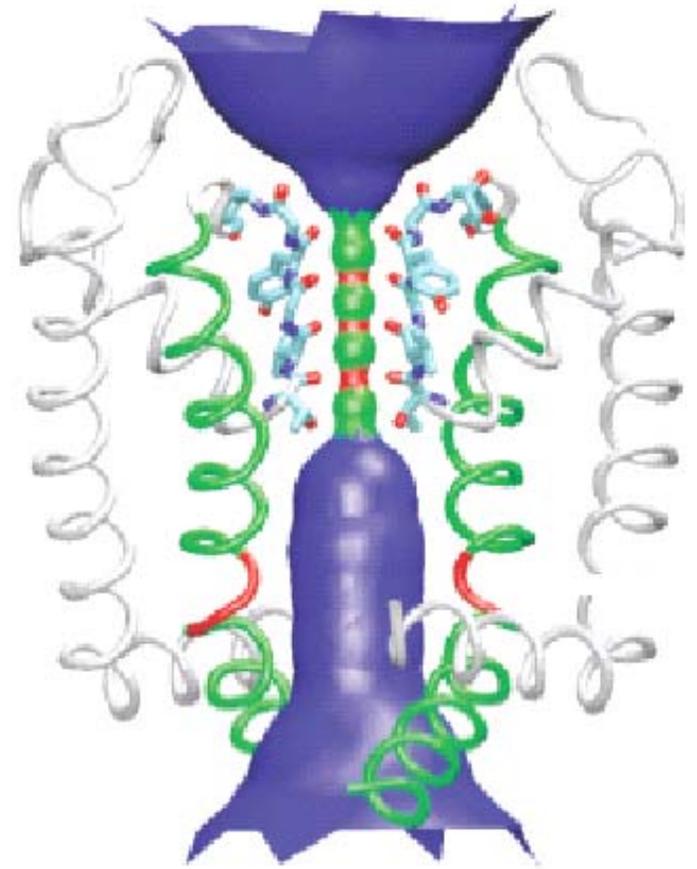
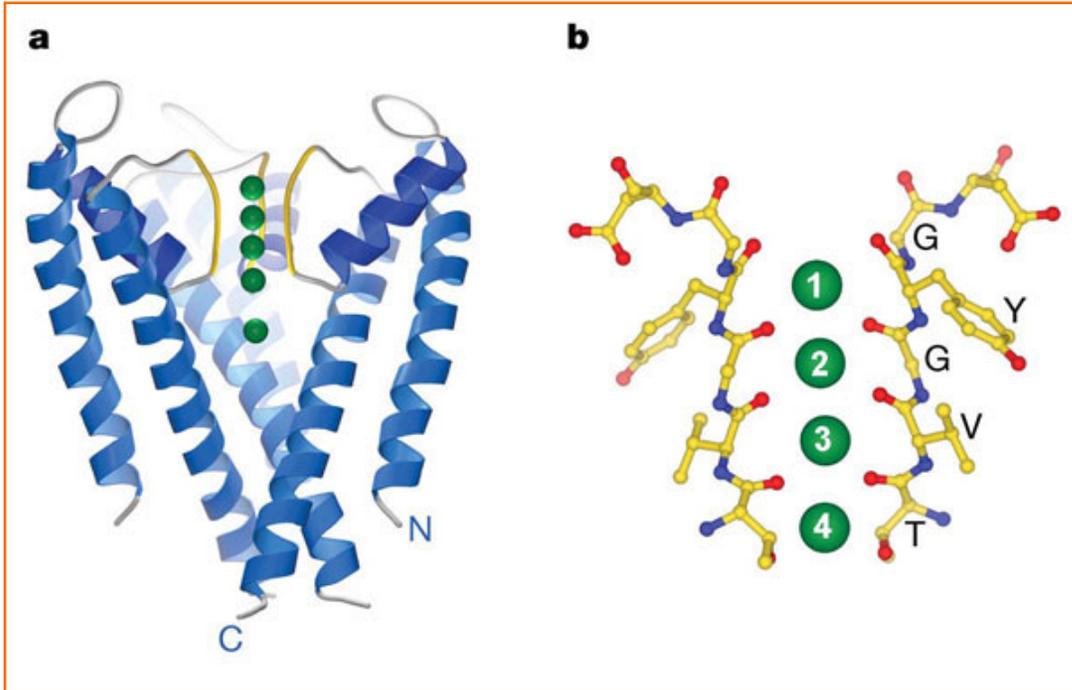
Как
аквапорин
разрешает
транспорт
ВОДЫ
и исключает
транспорт
протона?



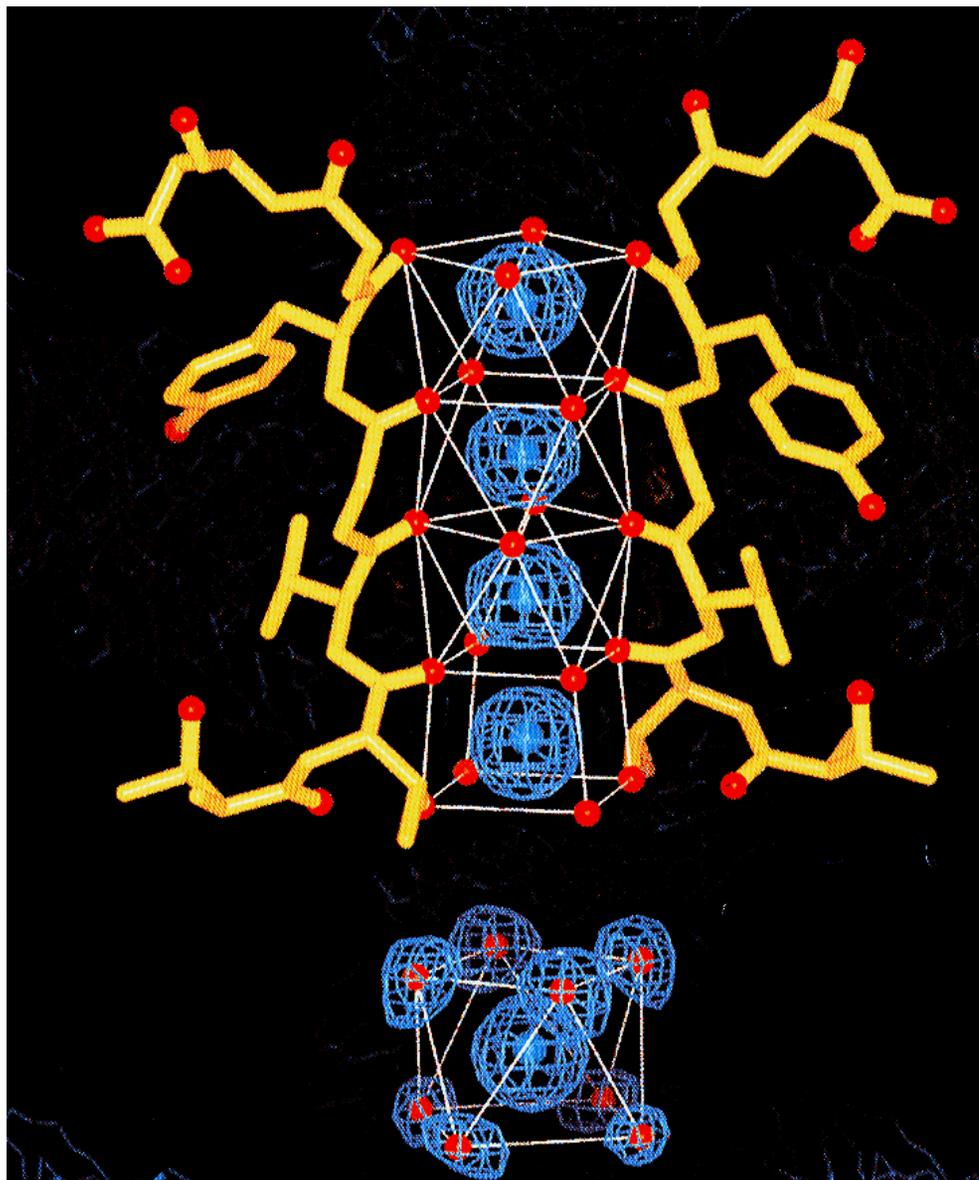
K⁺ - канал



Калиевый канал

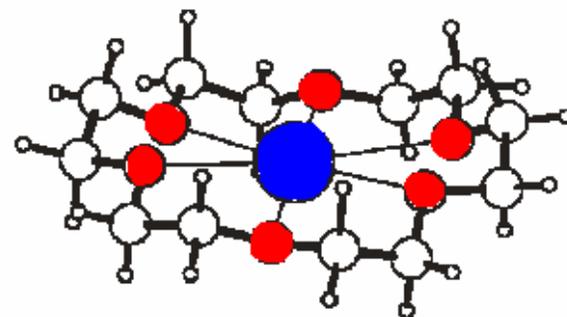


K⁺ в калиевом канале



Li	+	0.76Å		
Na	+	1.02Å	Ca	++ 1.00Å
K	+	1.35Å		
Pb	+	1.52Å		
Cs	+	1.67Å	Cl	- 1.81Å

Краун - эфиры



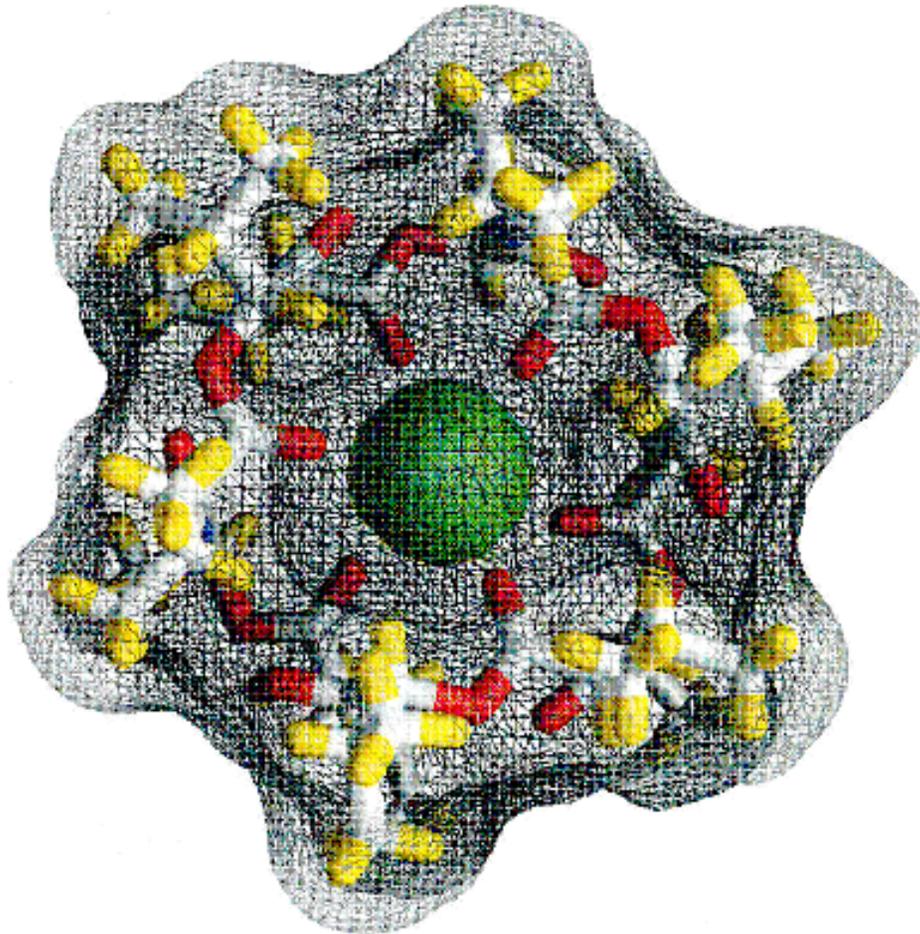
Комплекс [K(18-crown-6)]⁺, сумма углов O-K-O = 363°

Антибиотики -
вещества, которые токсичны
для микроорганизмов.

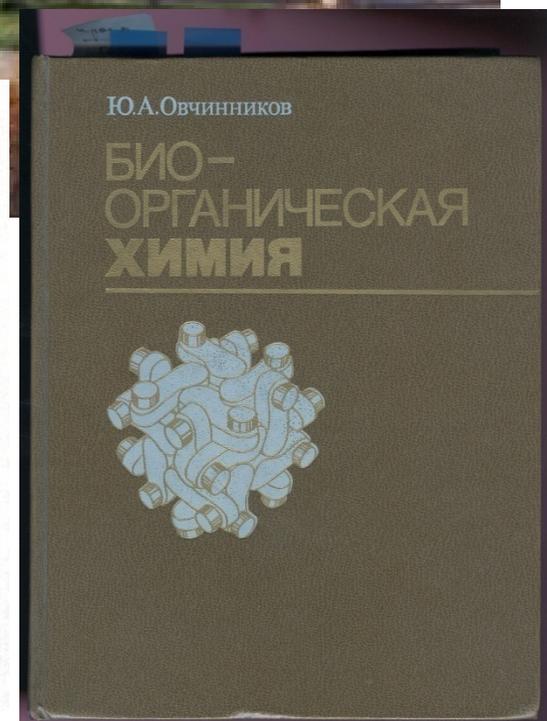
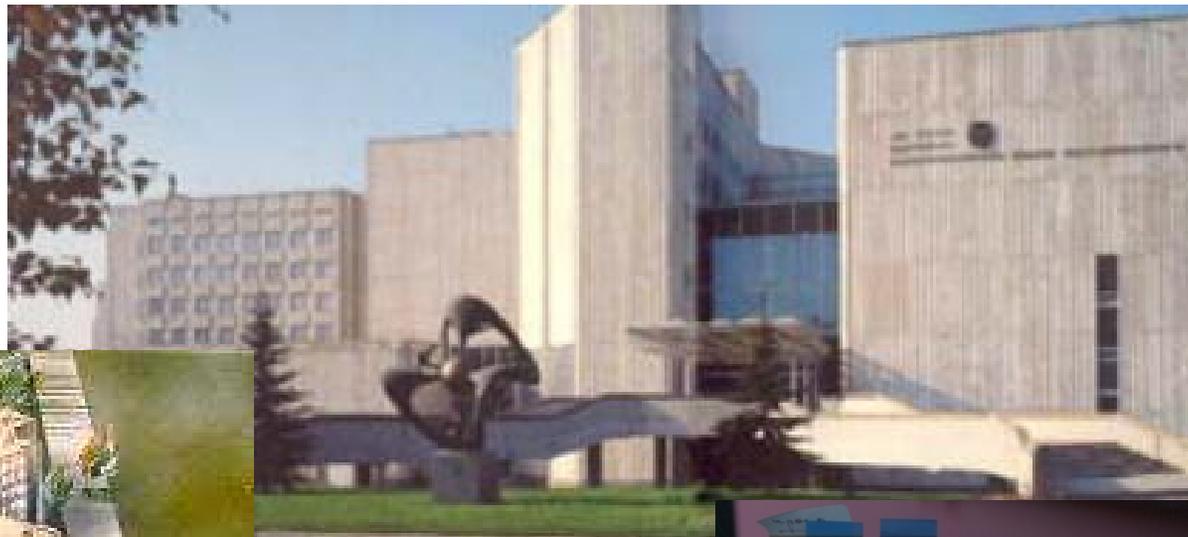
Обычно являются продуктом
метаболизма особых
микроорганизмов или
растений.

Антибиотики ионофоры -
мембранные поры для
пассивного транспорта
ИОНОВ
(«дырки» для ионов)

Антибиотик валиномицин - пептидный ионофор связывает K^+

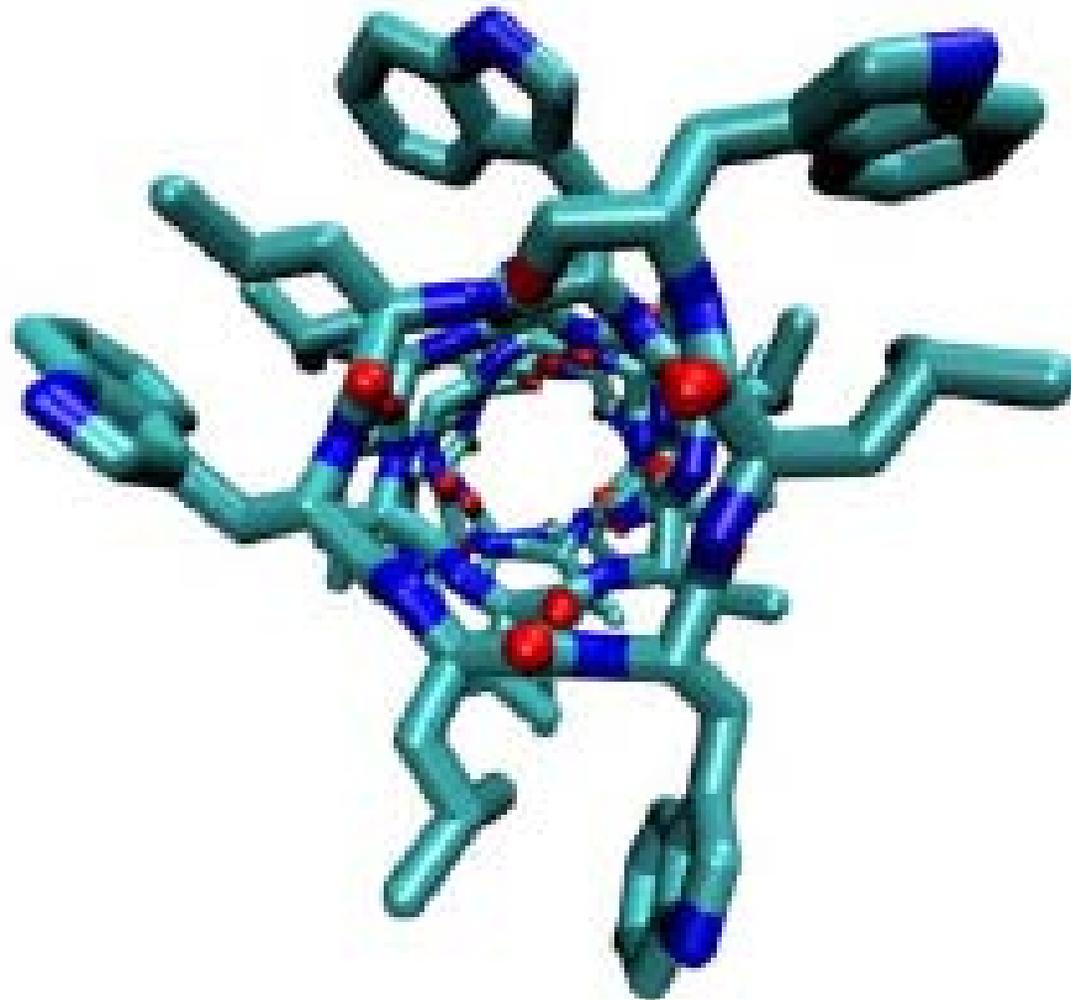


Валиномицин, ИБХ РАН

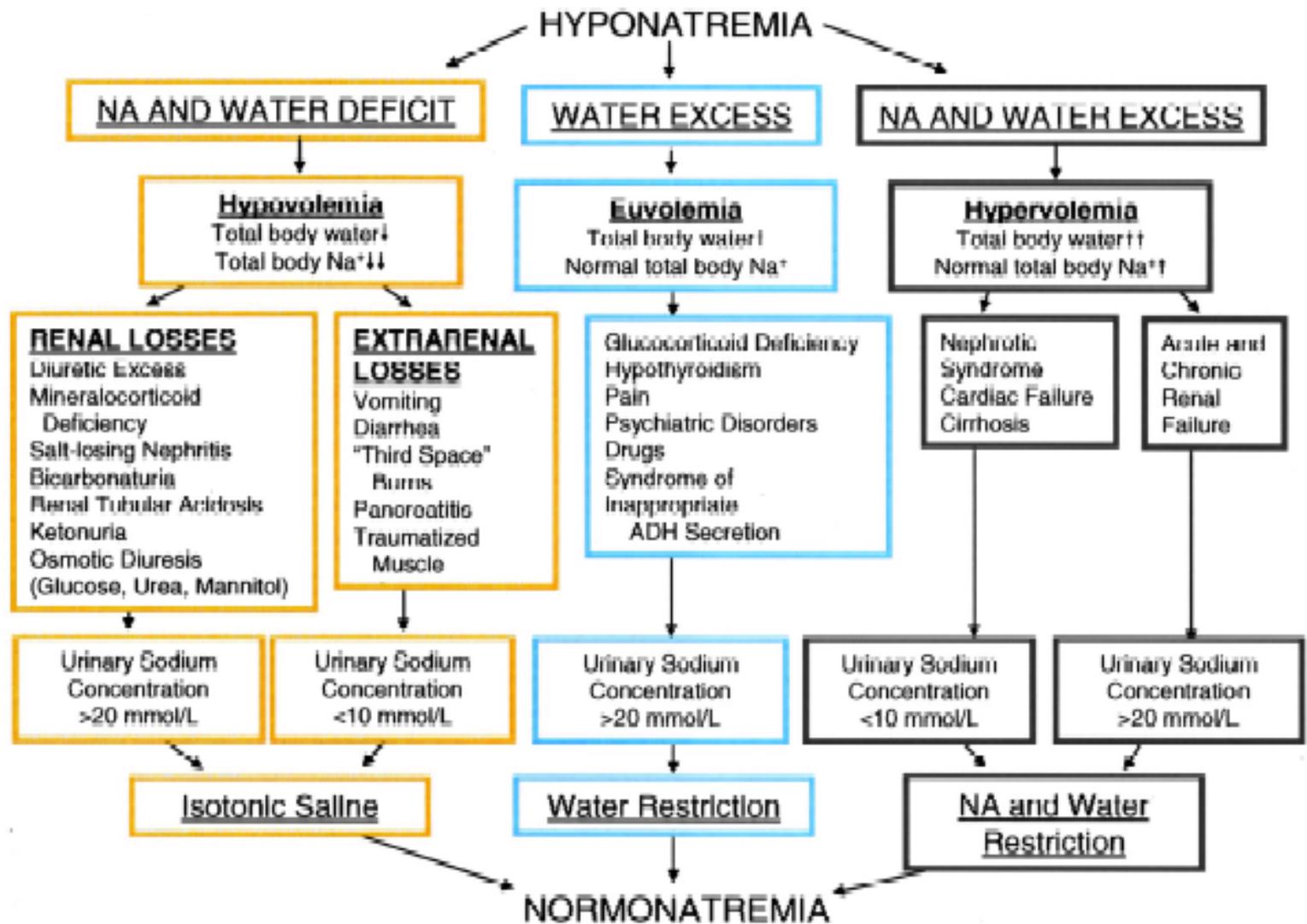


Антибиотик грамицидин -
пептидный ионофор для H^+ , M^+ , NH_4^+

Trp
(W)



Молекулярные болезни водно - солевого обмена

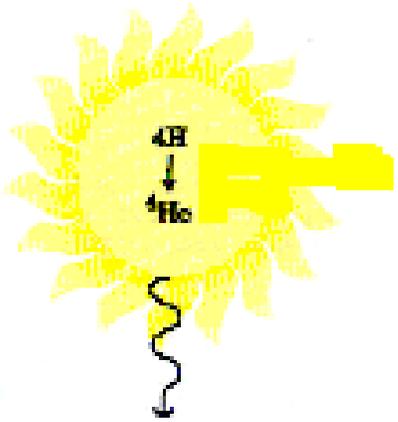


АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ

Энергозависимый перенос

ПРОТИВ

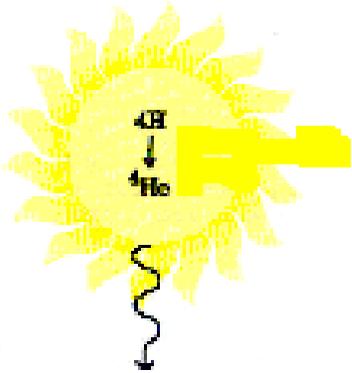
градиента концентрации



Живые организмы
создают и поддерживают
свою сложную
структуру/систему
используя энергию
Солнца

(прямо или косвенно
за счет питательных веществ)

Традиционный



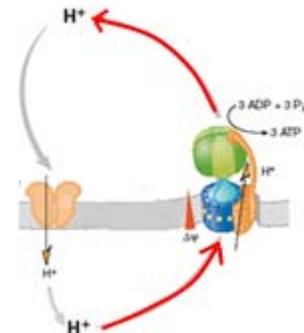
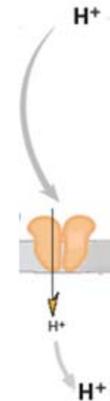
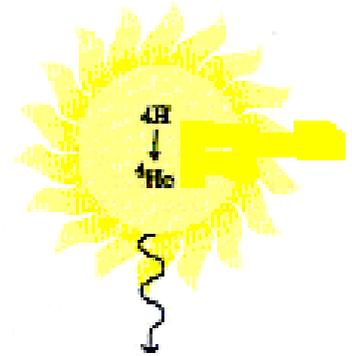
Преобразование энергии света в энергию фосфоангидридной химической связи АТФ

I. энергия кванта света \rightarrow

II. энергия разности потенциалов на мембране \rightarrow

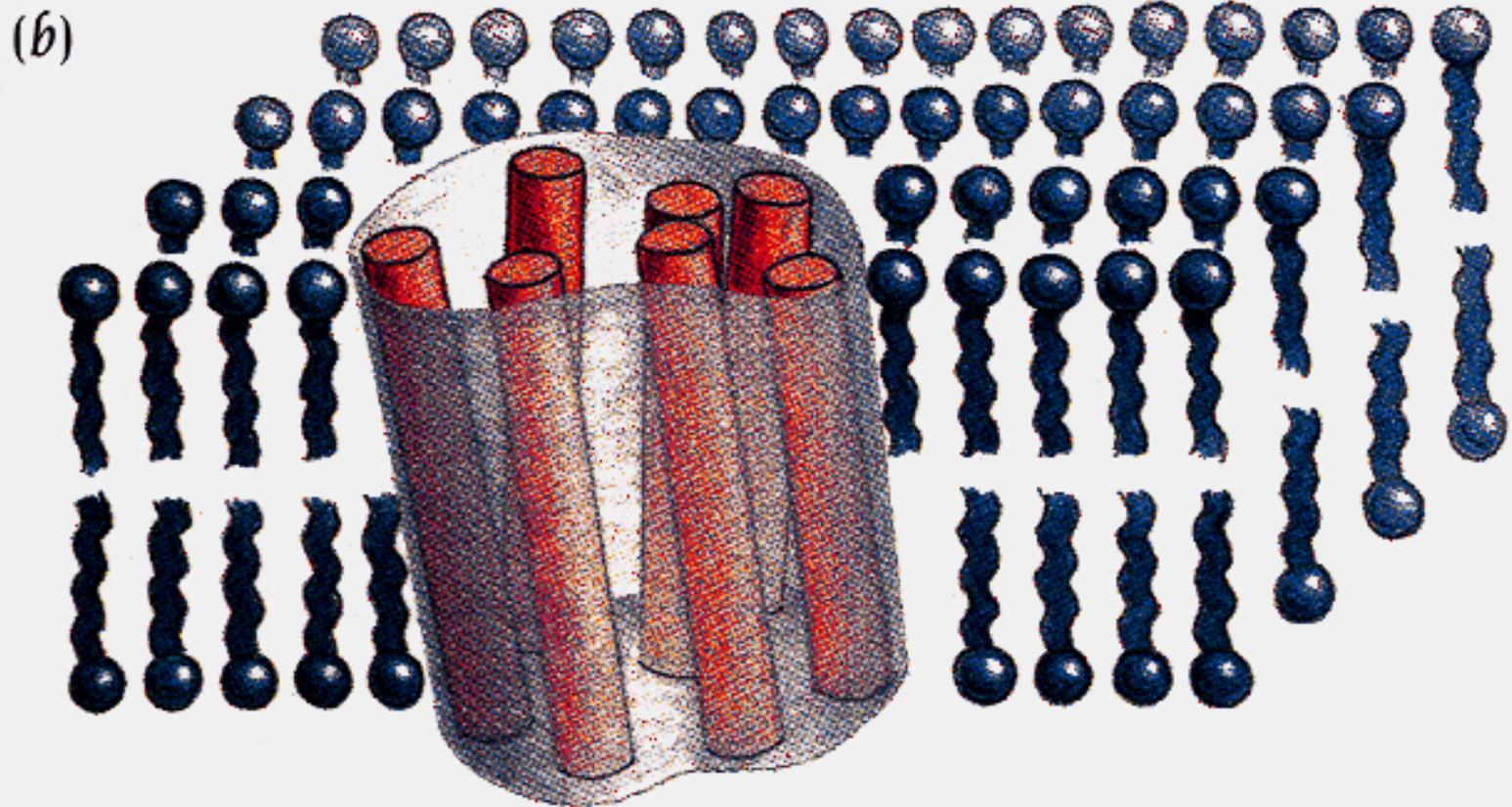
III. энергия фосфоангидридной связи АТФ

Хим Биология

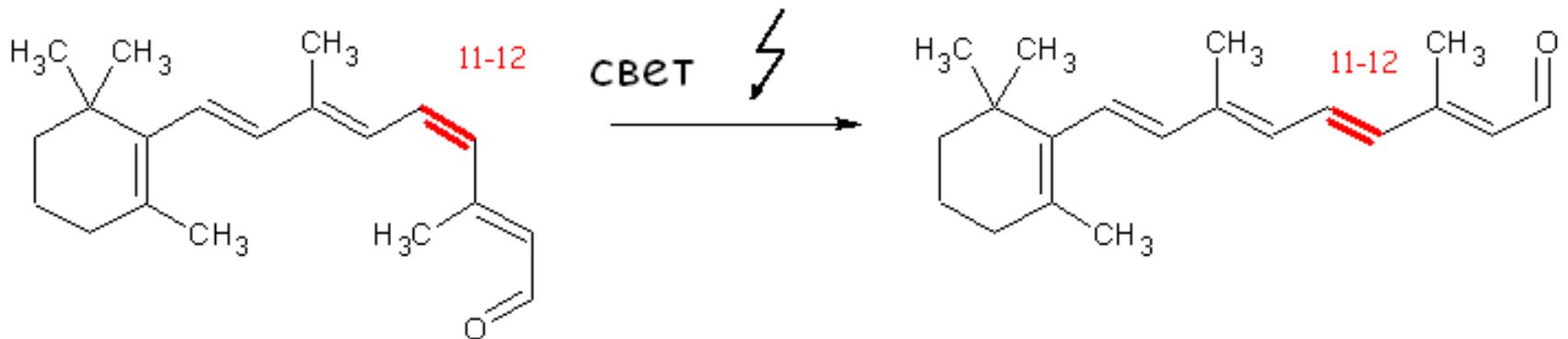
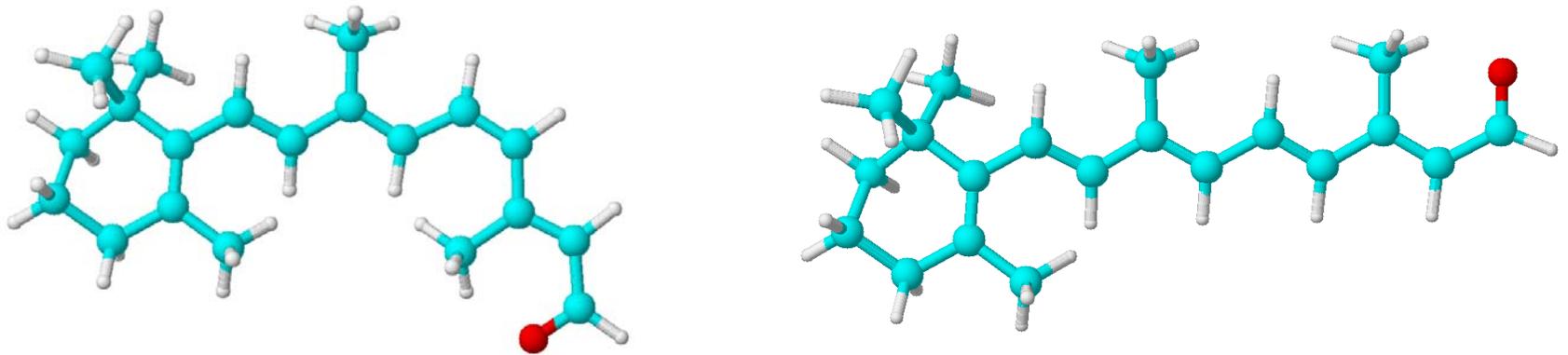


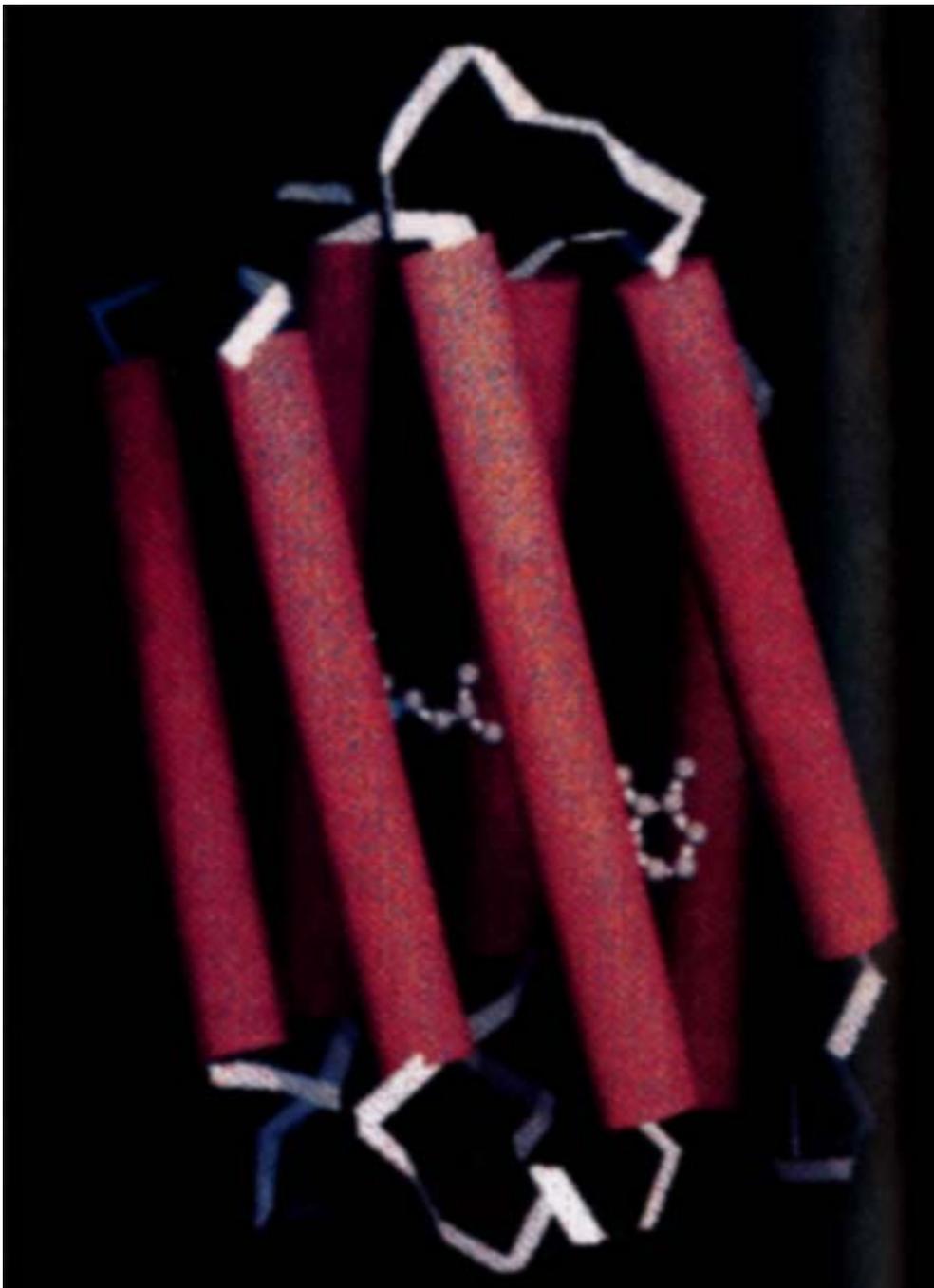
классический фотосинтез

α -спирали бактериородопсина в мембране

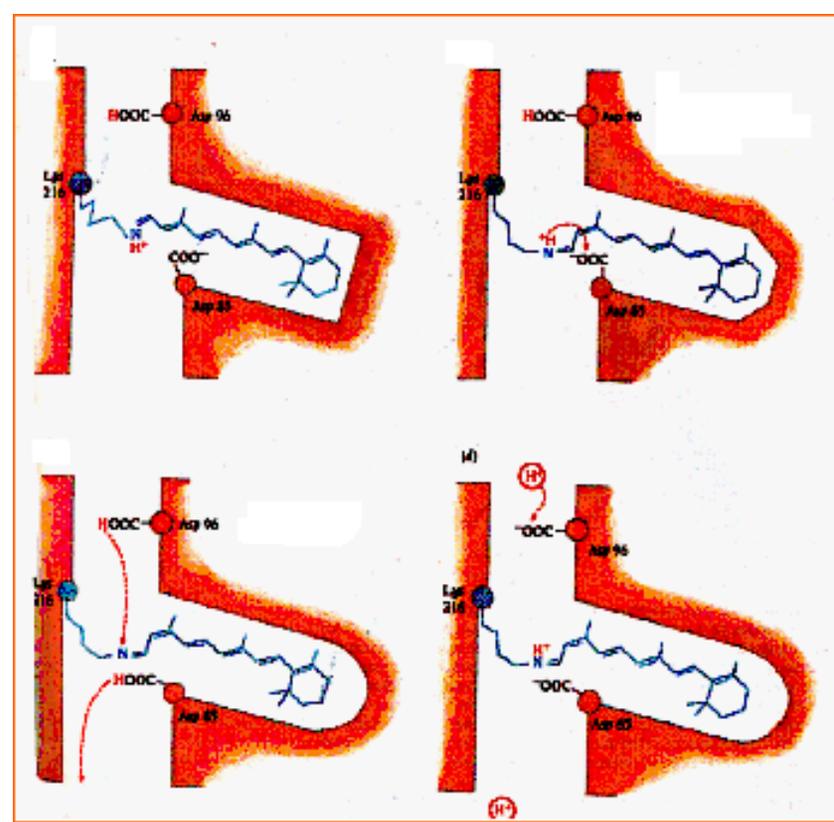
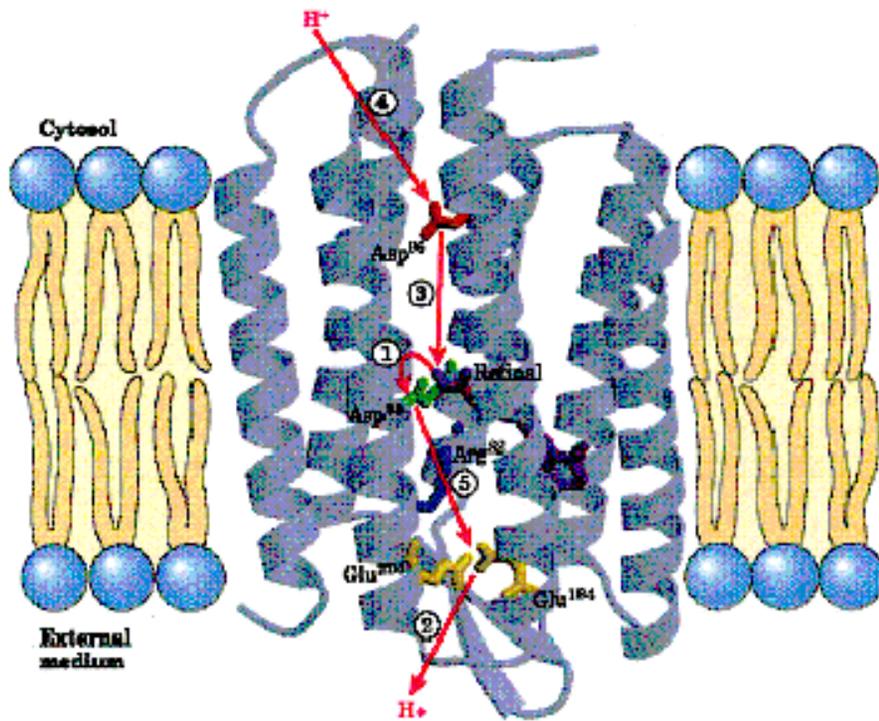


Квант света изомеризует ретиналь

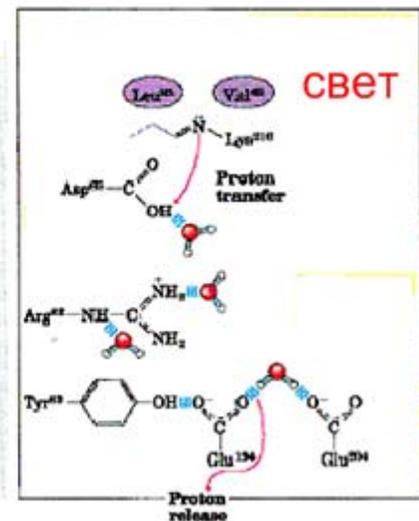
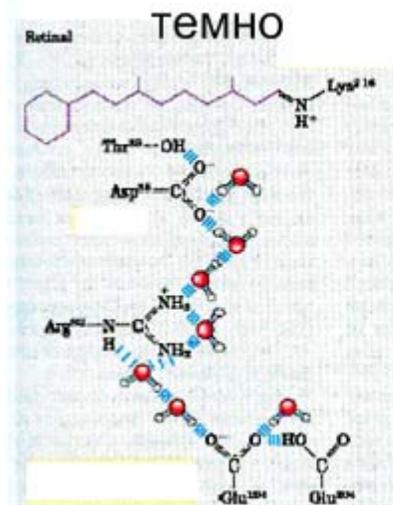




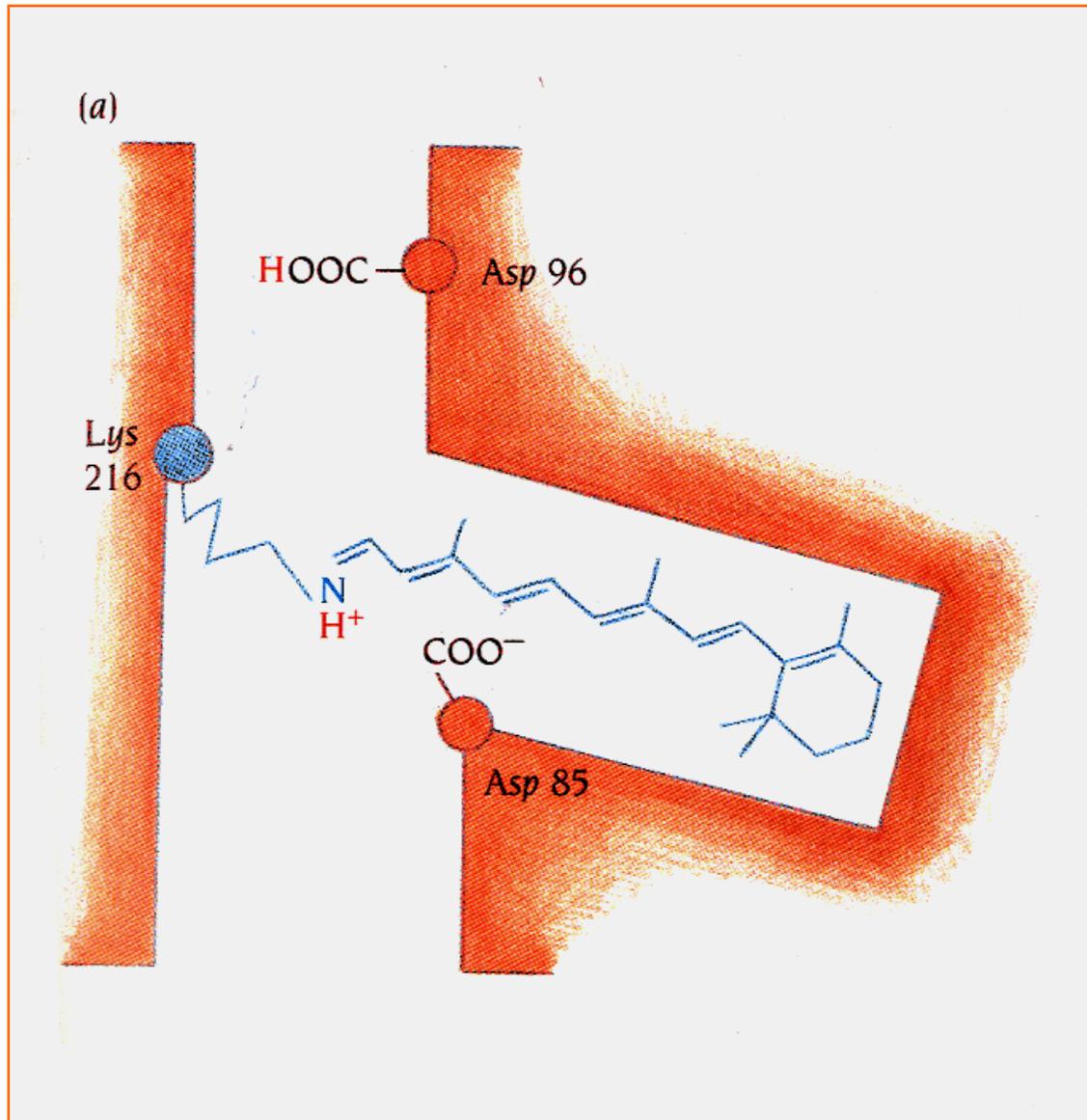
Ретиналь в
бактерио-
родопсине



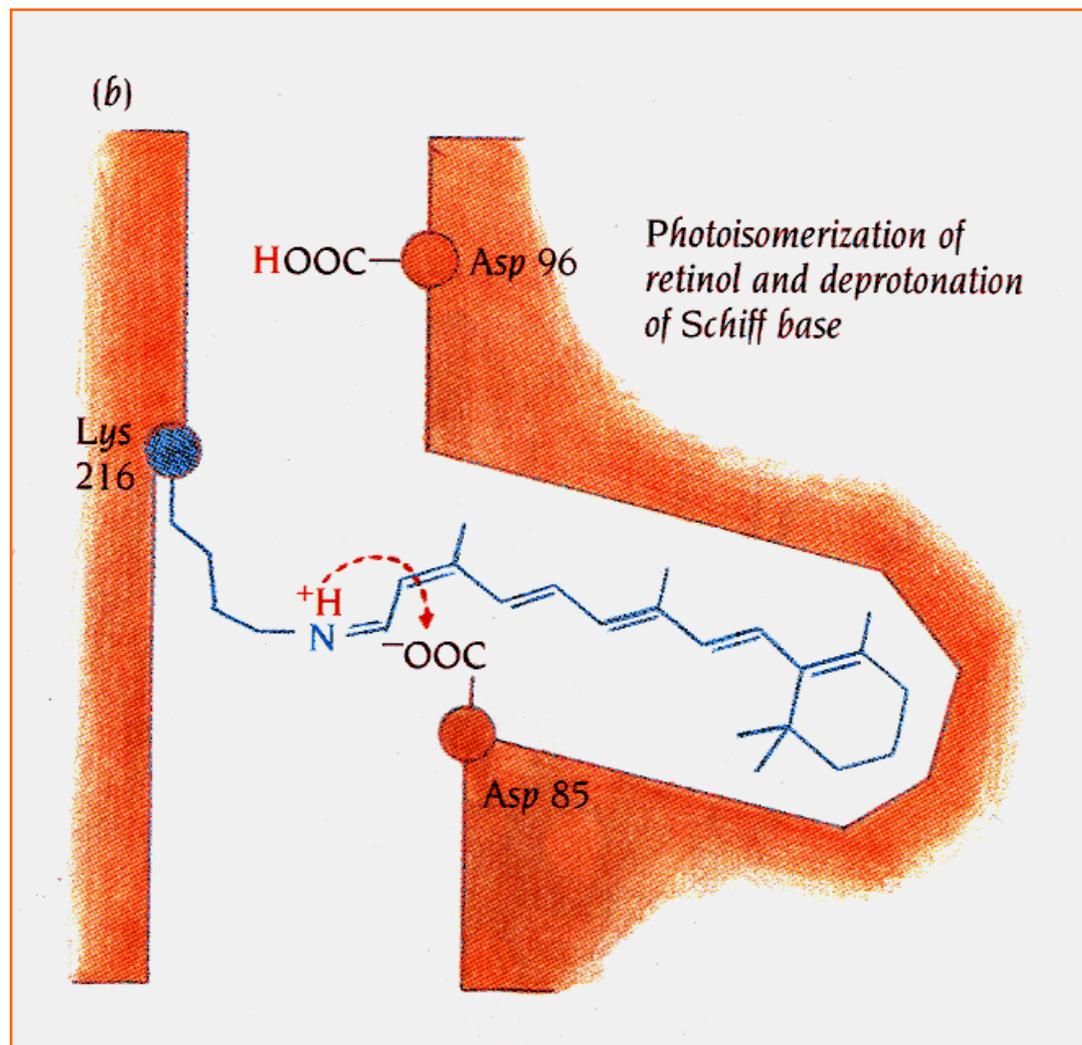
Бактерио-родопсин



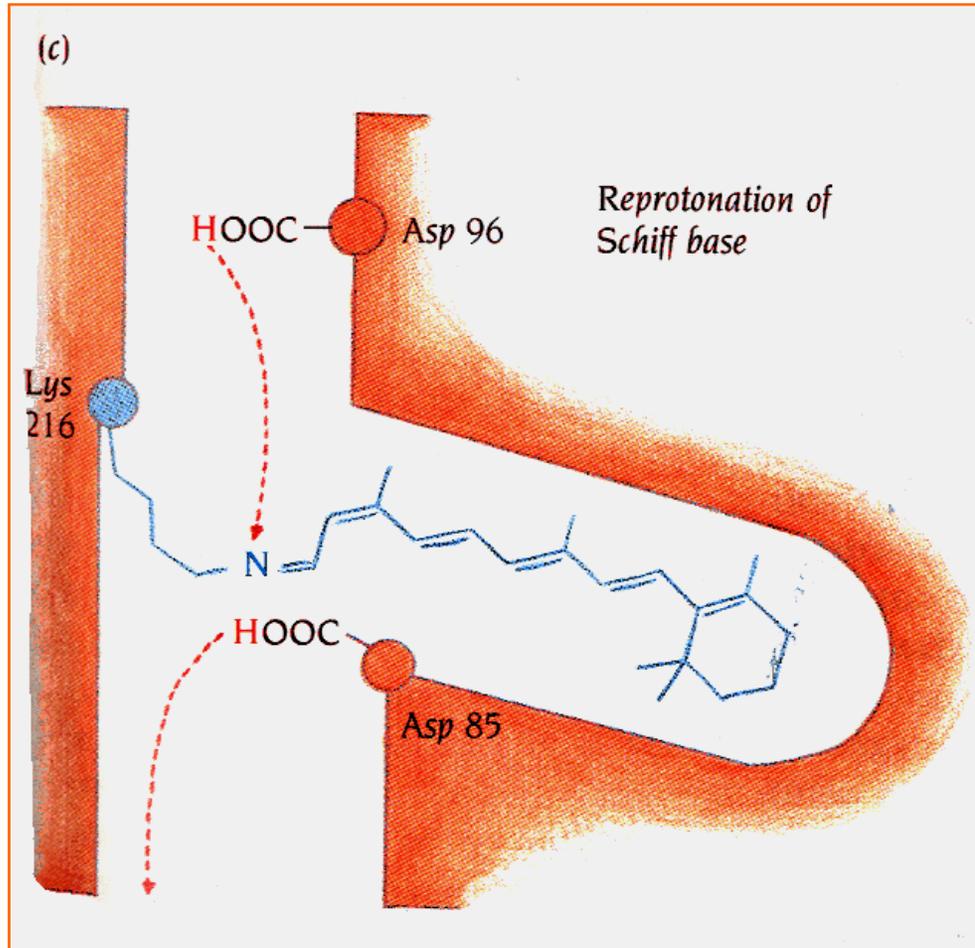
1. Исходная структура



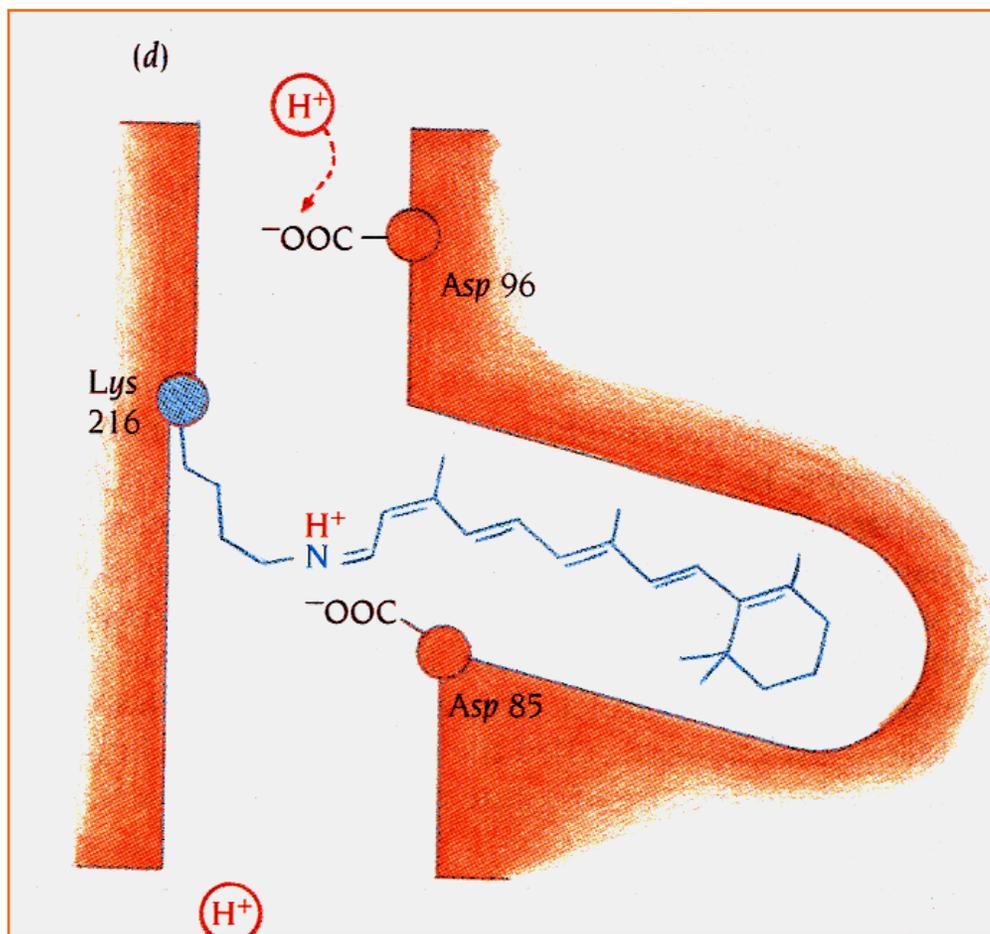
2. Фотоизомеризация ретиналя и депротонирование основания Шиффа



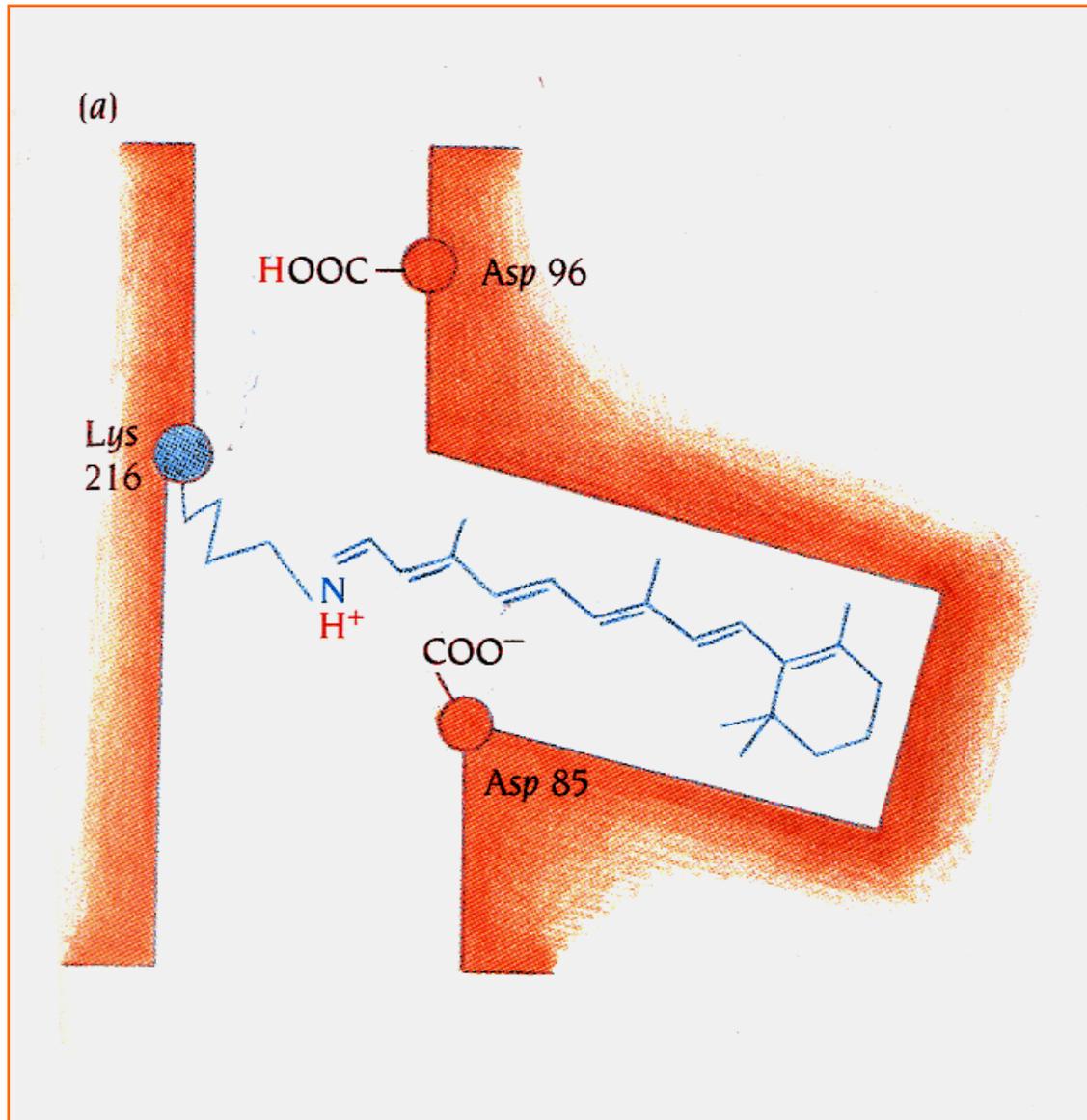
3. Протонирование основания Шиффа



4. Протонирование карбоксильной группы 1 Депротонирование карбоксильной группы 2



1. Исходная структура



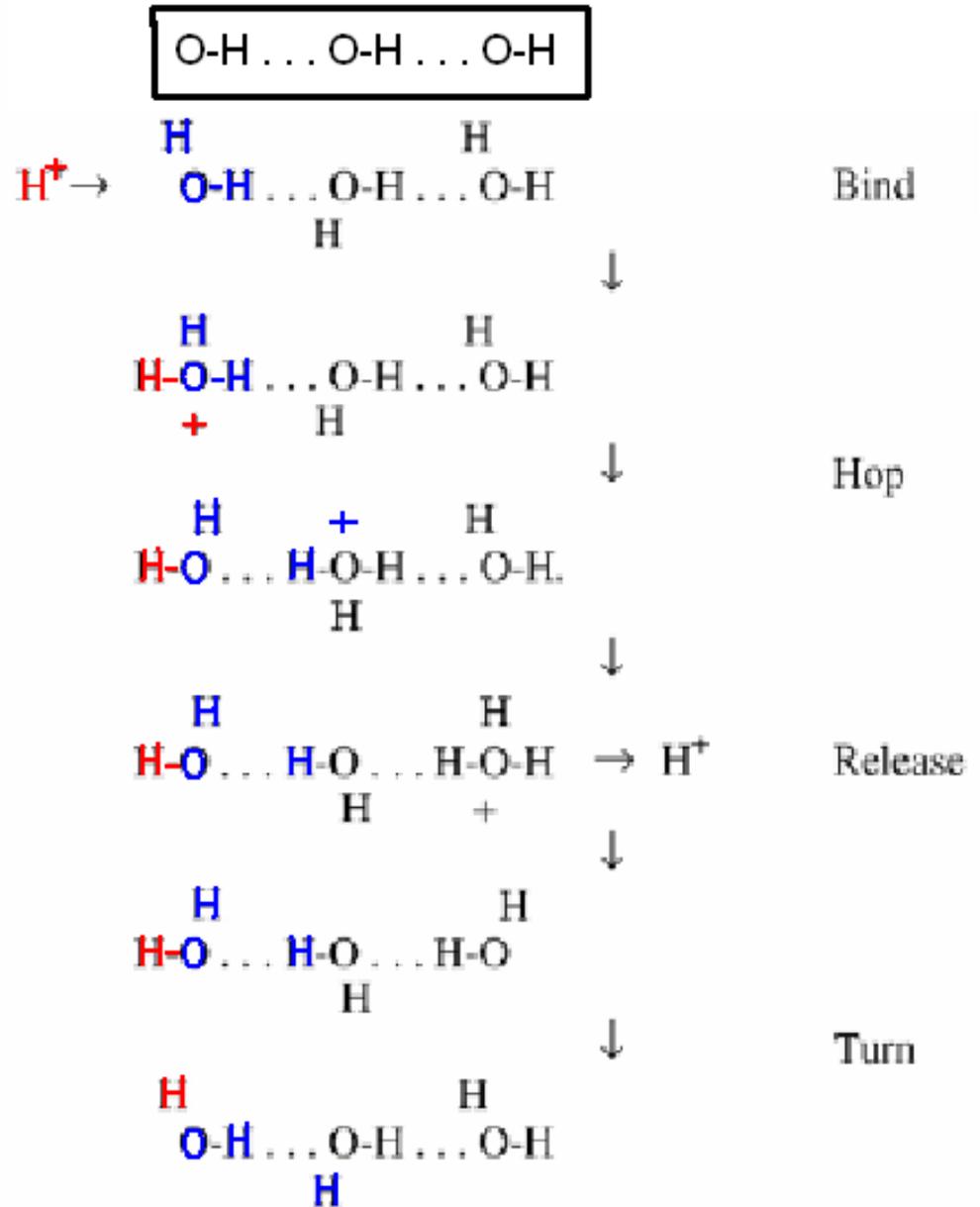
Транспорт протона без перемещения Н и О

Механизм Гротхуса

C.J.T.V. Grotthuss,
Sur la decomposition de l'eau et
des corps qu'elle tient en
dissolution a l'aide de
l'electricite galvanique
(Theory of decomposition of
liquids by electric currents),
Ann. Chim. 58 (1806) 54-74

(Атомная теория)

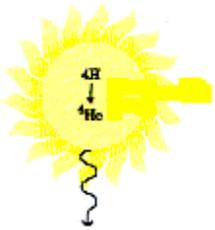
J. Dalton, A New System of
Chemical Philosophy, Part I, R.
Bickerstaff, London, 1808



Что лимитирует скорость всего процесса:
электростатика, гидратация или вращение?

Преобразование энергии и вещества

СВЕТ \rightarrow H^+ \rightarrow АТФ



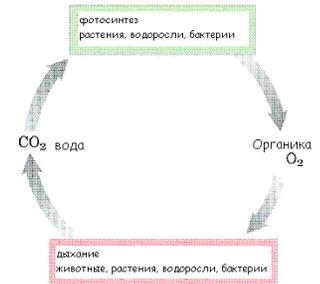
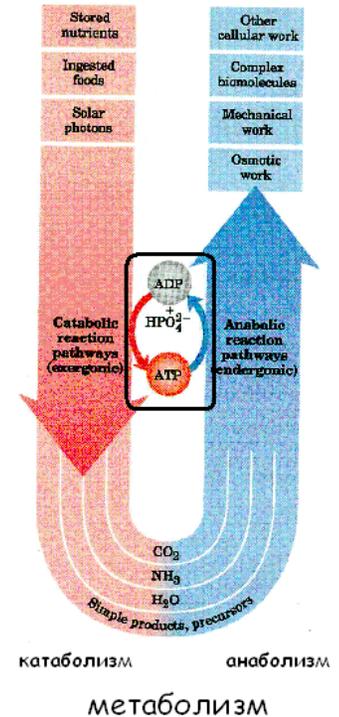
70 мВ/7-8 нм
 100 кВ/см (!)
 1-100 мсек

Гидролиз
 ангидрида
 10 Kcal/mol

Энергия фотона

Электрическая энергия (батарейка/конденсатор)

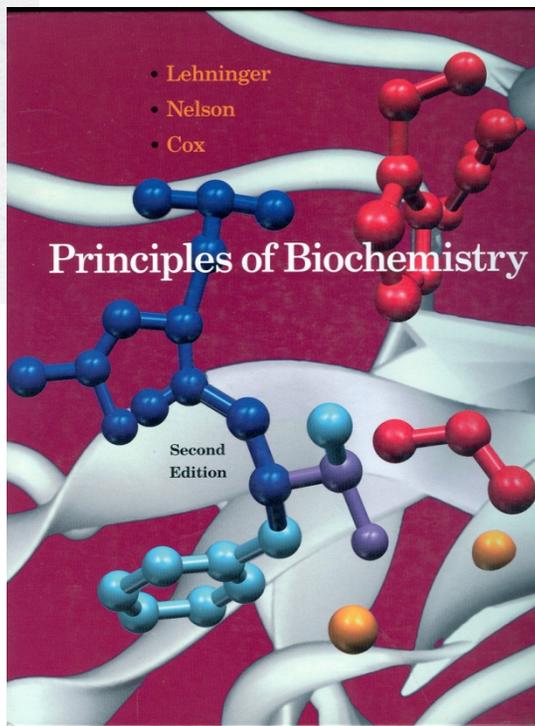
Энергия фосфоангидридной химической связи



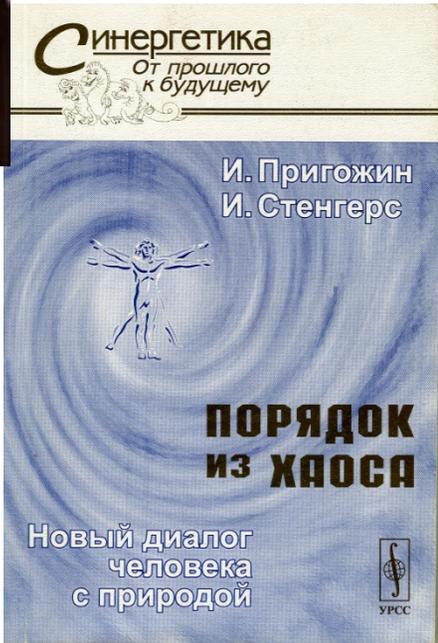
Термодинамика живого Ленинджер и Пригожин



Albert L. Lehninger
1917–1986

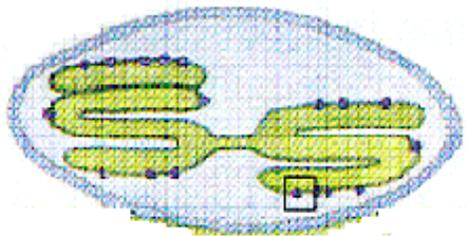


Илья Р. Пригожин
1917 - 2003

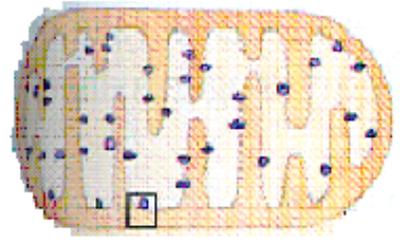


Что стоит за названием «энергетические фабрики клетки»

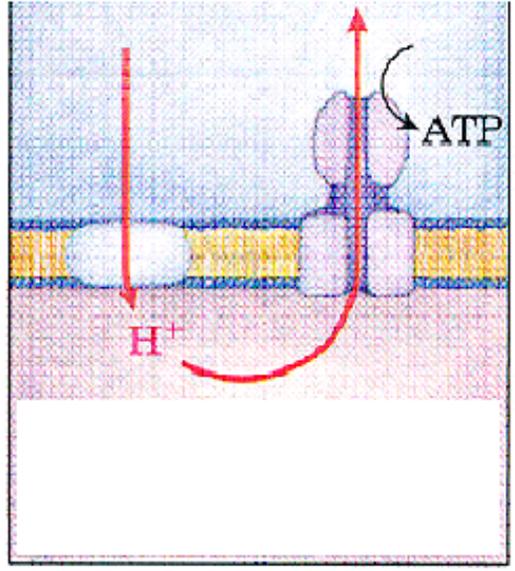
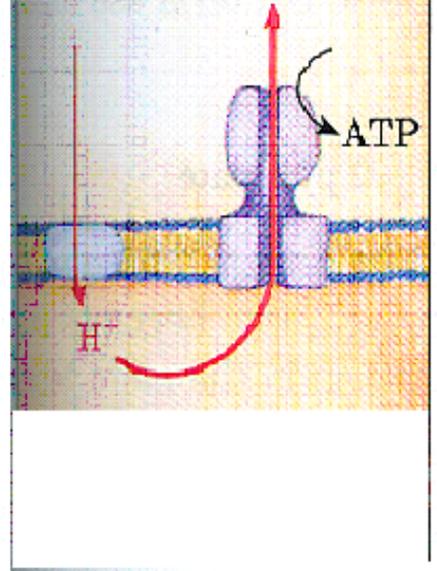
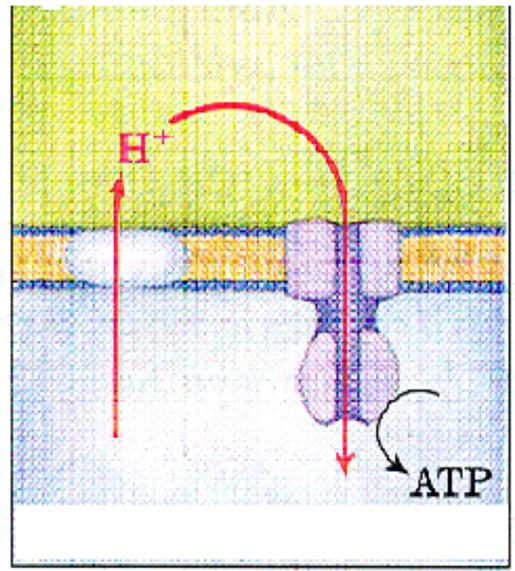
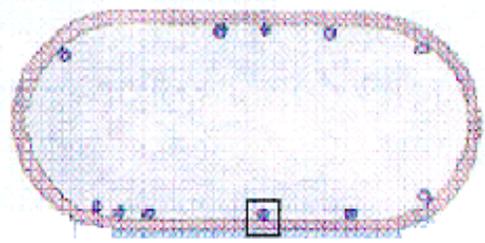
хлоропласт



митохондрия



бактерия



Протонный насос и синтез АТФ

1. **Биоэнергетика** изучает превращение энергии в клетке (биол.)

Термодинамика количественно описывает химические процессы (хим.)

2. **АТФ**, аденозинтрифосфат, универсальная энергетическая валюта, макроэрг (биол.)

АТФ - активированное химическое соединение (хим.)

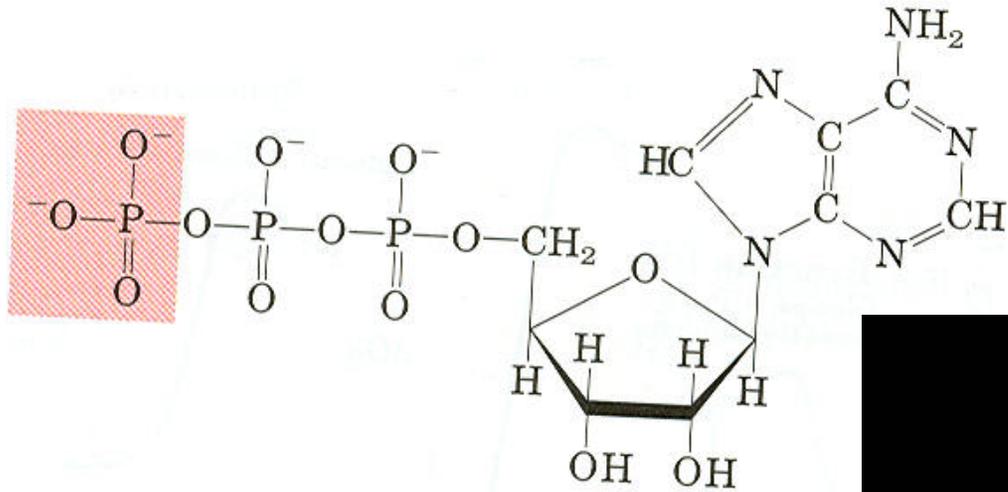
(универсальный реакционный модуль)

3. Фотосинтез, электрохимический потенциал и синтез АТФ

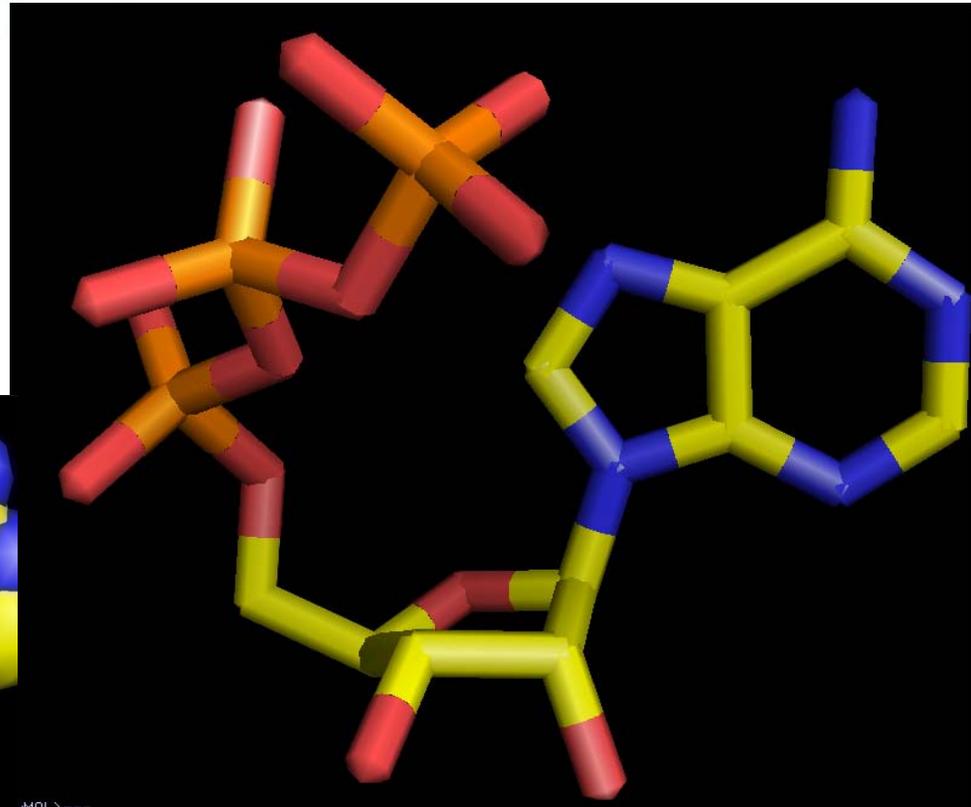
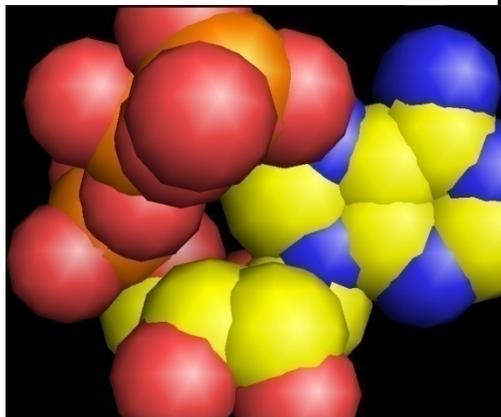
4. Транспорт протонов и синтез АТФ

- Бактериородопсин как протонный насос
- АТФ-синтетаза как молекулярная машина

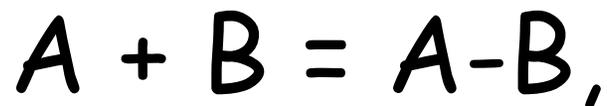
Аденозин-5'-трифосфат, АТФ



синтез АТФ/день =
вес тела человека

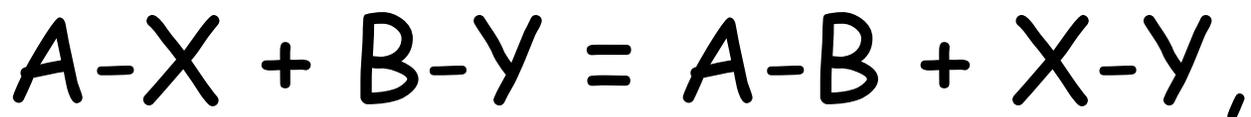


Природа «не любит»
реакции прямого синтеза:

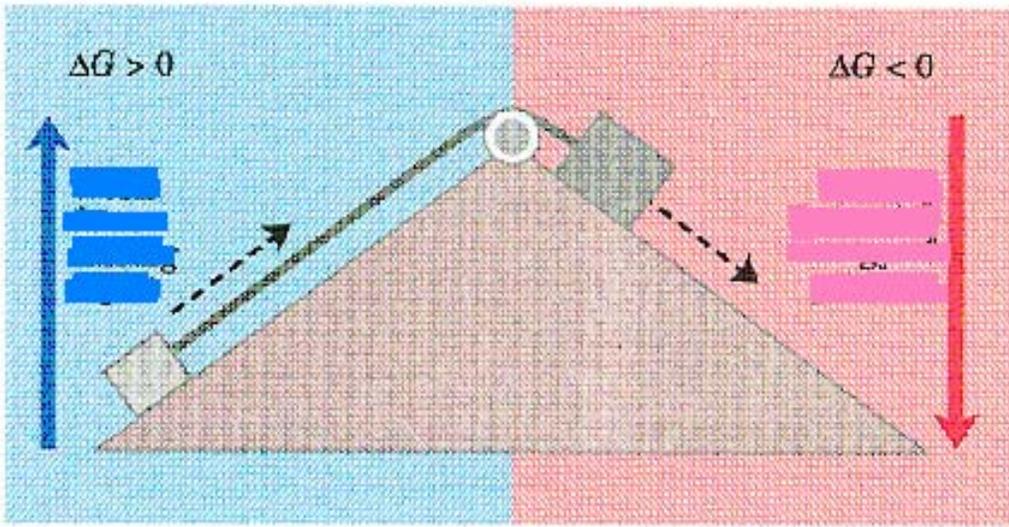


поскольку они энергетически
затратны.

Природа использует
обменные реакции:

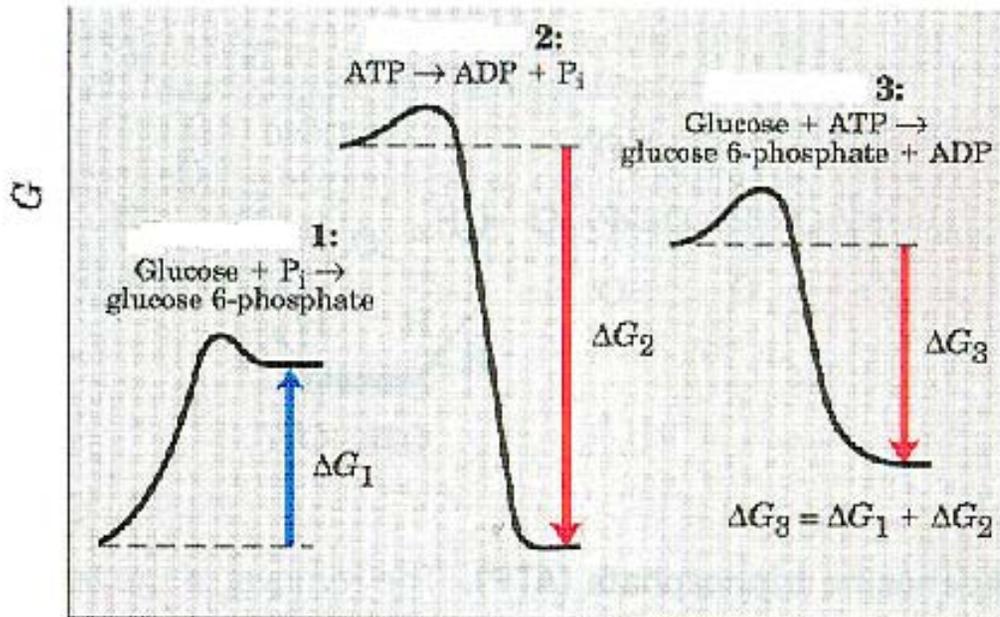


поскольку они **не требуют**
энергии



Энергетический
профиль

процесса



и

реакции

ΔG для реакций гидролиза

	kcal/mol	kJ/mol
Амиды и пептиды		
Gln	- 3.4	- 14.2
GlyGly	- 2.2	- 9.2
Эфиры		
Этилацетат	- 4,7	- 19.6
Ангидриды		
P-O-P	- 4,6	- 19.2
Условная граница ----- (- 25)		
АТФ до АДФ и P _i	- 7.3	- 30.5
АТФ до АМР и P _{Pi}	- 10,9	- 45.5
(в клетке - 12 - 15)		
Уксусный ангидрид	- 21,8	- 91.1

Изменения стандартной энергии двух реакций аддитивны

	kJ/mol
$\text{ROH} + \text{p} = \text{ROp} + \text{H}_2\text{O}$	+ 13.8
$\text{HOH} + \text{pppA} = \text{p} + \text{ppA}$	- 30.5
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
$\text{ROH} + \text{pppA} = \text{ROp} + \text{ppA}$	- 16.7
	(- 4.0 kcal/mol)

АТФ-зависимые реакции расходуют энергию гидролиза АТФ (биол.)

Реакционно способный АТФ

легко вступает в реакции замещения (хим.)

Универсальный химический реакционный модуль