

# Структура курса ХОБП - часть 1 - Химическая биология

- 11. 9. Что такое жизнь с точки зрения химика
- 13. 9. Вода. Биологические мембраны.
- 18. 9. Структура и функция белка
- 20. 9. Обмен веществом. Преобразование энергии
- 25. 9. Контрольная 1
- 27. 9. Разбор контрольной 1
  
- 2. 10. Структура нуклеиновых кислот
- 4. 10. Биосинтез нуклеиновых кислот
- 9. 10. Биосинтез белка
- 11. 10. Контрольная 2
- 16. 10. Разбор контрольной 2
  
- 18. 10. Регуляция экспрессии генов. Система передачи сигнала
- 23. 10. Геном, плазмиды, вирусы
- 25. 10. Генетическая инженерия
- 30. 10. Контрольная 3
- 01. 11. Разбор контрольной 3

(отличается от программы на сайте Химфака)

# Что такое ЖИЗНЬ?

Медицина (реаниматология)

Биология (единство разнообразия)

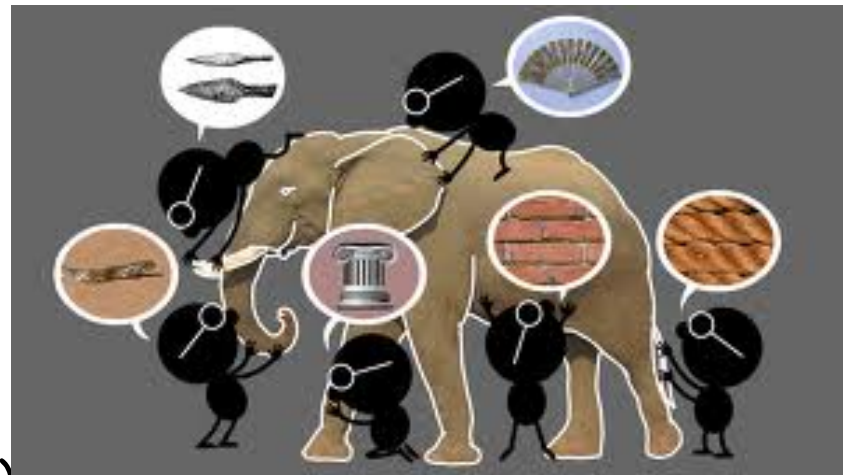
**ХИМИЯ** (задача ХОБП – создание химических принципов функционирования биологических систем.

От описательной биохимии к системной химической биологии)

От разглядывания и описания к пониманию «почему» и «зачем», и далее к попыткам предсказания свойств и поведения

Физика (порядок и хаос)

Математика (теория автоматов)



# Что такое жизнь?

Медицина (реаниматология)

Биология (единство разнообразия, эволюция)

Химия (задача ХОБП)

Физика (порядок и хаос)

Математика (теория автоматов)

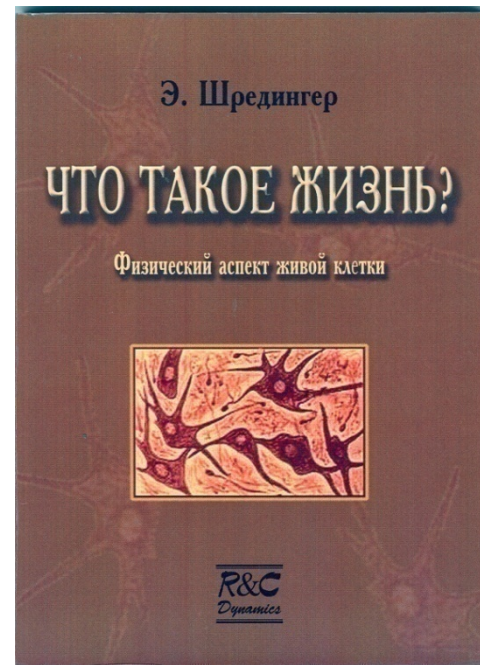
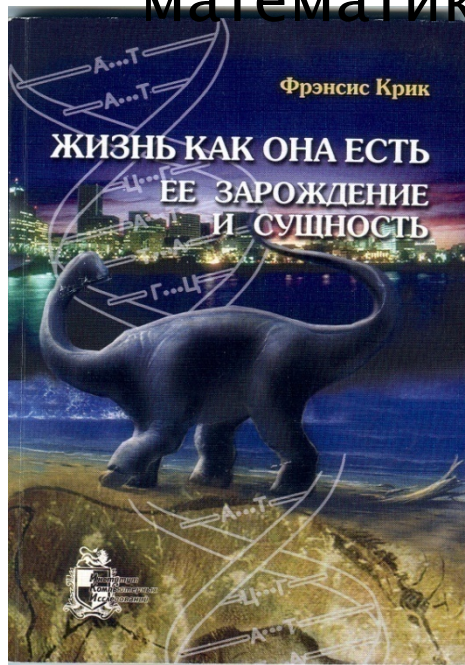


химия

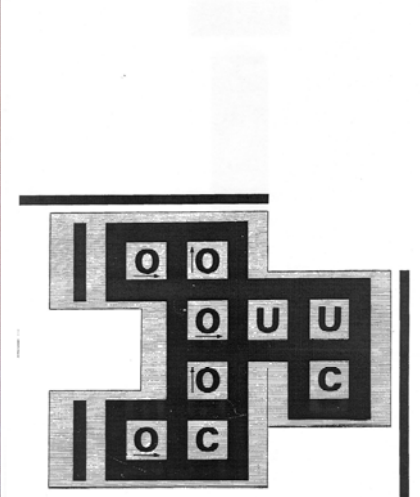
физхимия (т/д)

физика

математика



ДЖ. ФОН НЕЙМАН  
ТЕОРИЯ  
САМОВОСПРОИЗВОДИЩИХСЯ  
АВТОМАТОВ



**Биология:** жизнь с точки зрения химика  
Многообразие, систематика, эволюция  
Клеточная теория  
Строение клеток

**Химия:**

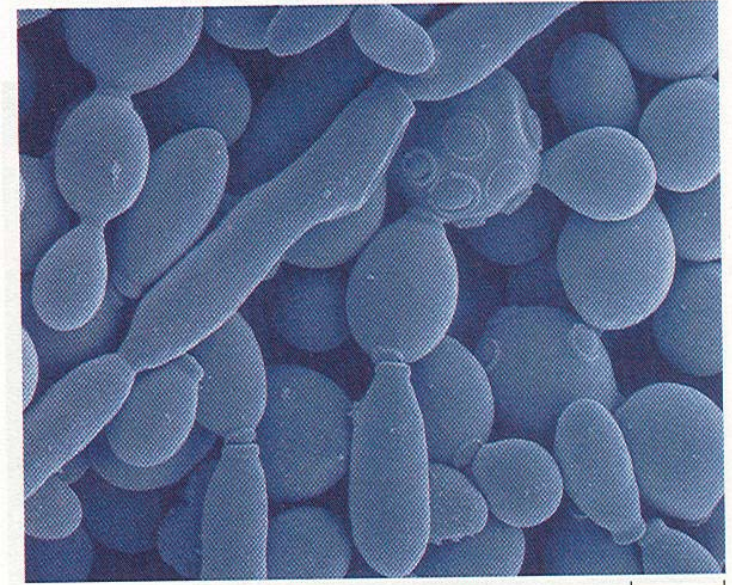
Химическая организация:  
низкомолекулярные вещества и  
биологические макромолекулы

Системное определение живого с  
точки зрения химии

# Систематика разнообразия форм живого



Многочлеточные  
видимые глазом



Dividing *Saccharomyces cerevisiae* (baker's yeast) cells.



Одноклеточные  
невидимые глазом

# Разнообразиие формы клеток

c - стебель растения

d - сперматозоиды человека

e - эритроциты человека

f - эмбрион человека, 1 деление

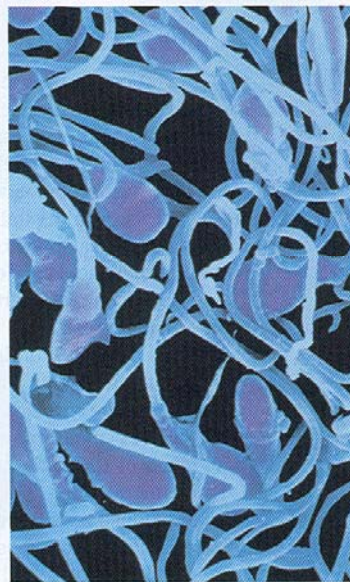
РАЗЛИЧИЯ В МАСШТАБЕ!

**figure 11**  
A gallery of structurally and functionally differentiated cells. (a) Secretory cell of the pancreas. Its extensive endoplasmic reticulum is the site of synthesis of the secretory products. (b) Portion of a skeletal muscle cell (artificial color). The highly organized actin and myosin filaments slide relative to each other in the ATP-dependent process known as muscle contraction. (c) Cells from a developing plant stem. These cells, lacking a rigid cell wall, provide flexible support for the growing stem. (d) Human sperm cells (artificial color). The long flagellum propels them through the female reproductive tract toward the egg. (e) Mature human erythrocytes (artificial color). These cells have no nucleus or endomembrane system; each cell is filled with the soluble oxygen-binding protein hemoglobin and is flexible enough to fit through capillaries of small diameter. (f) Human embryo at the two-celled stage. The egg cell from which it was derived was packed with stored fuel and messenger RNA to support the rapid protein synthesis that follows fertilization.



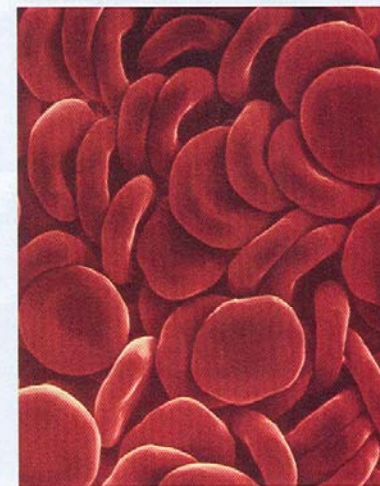
(c)

0.1  $\mu\text{m}$



(d)

2.5  $\mu\text{m}$



(e)

7.5  $\mu\text{m}$



(f)

0.75  $\mu\text{m}$

# Разнообразие размеров клеток



Микоплазма - 0,3 мкм



Кишечная палочка - 2 мкм

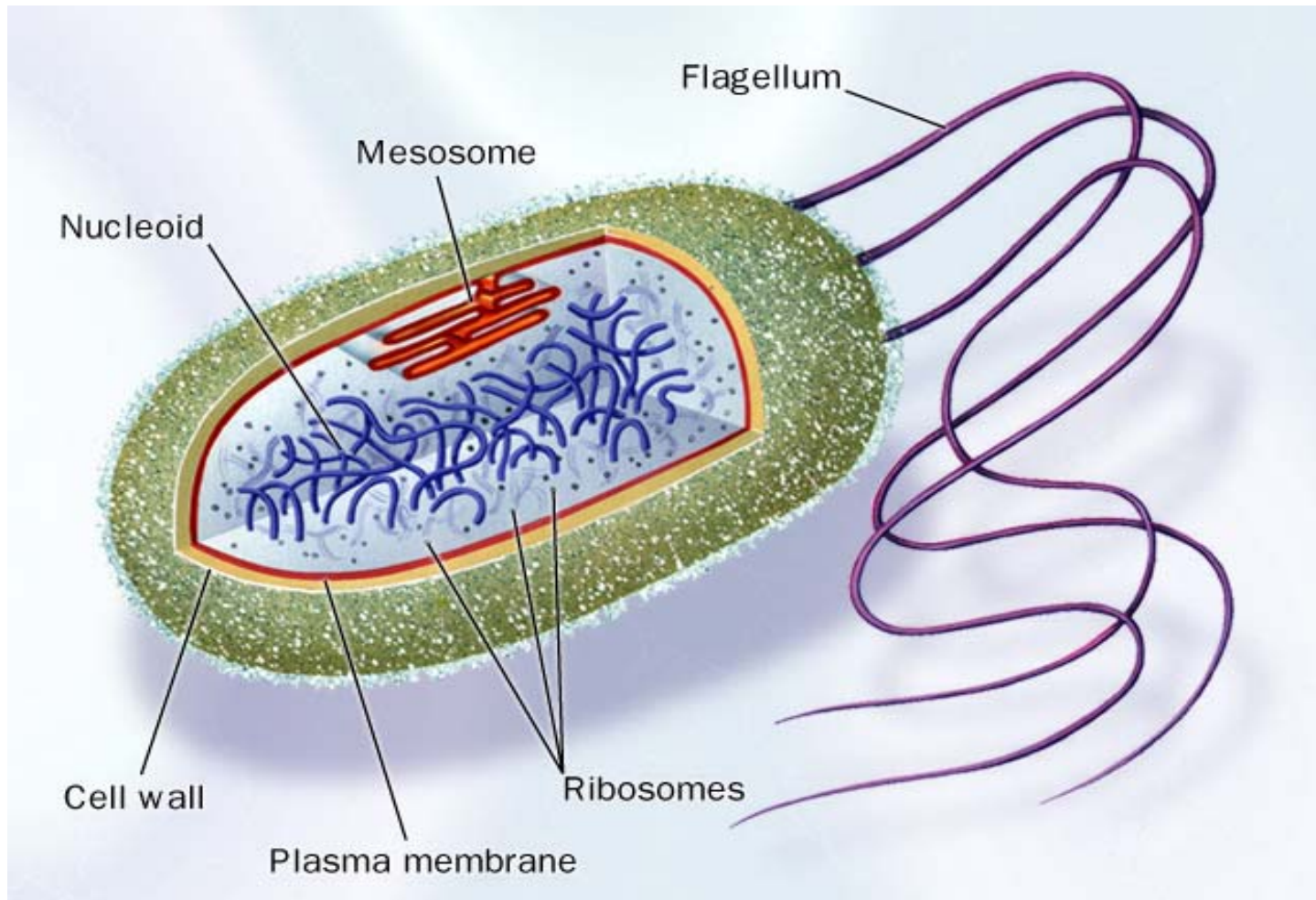
(V «пробирки» =  $4 \times 10^{-15}$  л)



Эритроцит - 7 мкм

Куриный желток - 10 000 мкм (5 м в данном масштабе)

# Клетка бактерий - ОДИН КОМПАРТМЕНТ





# Клетки

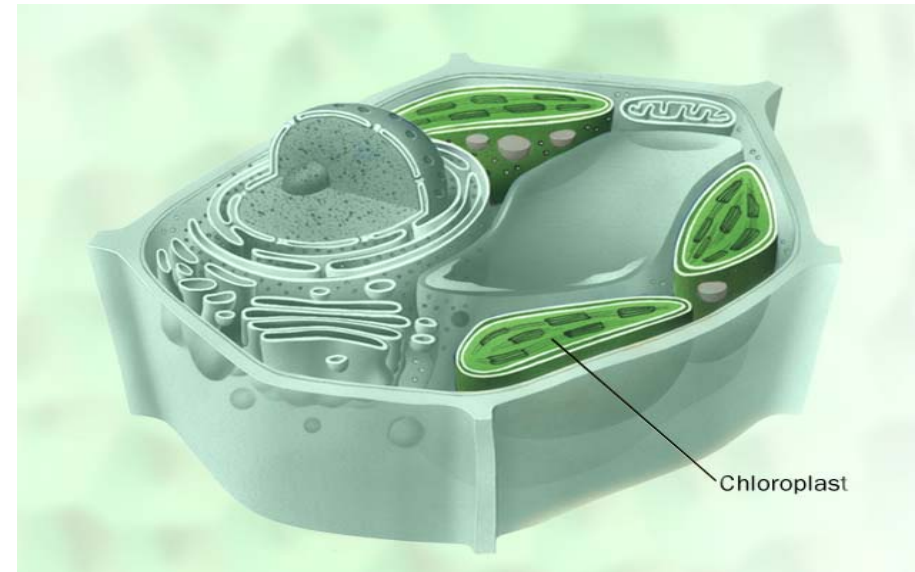
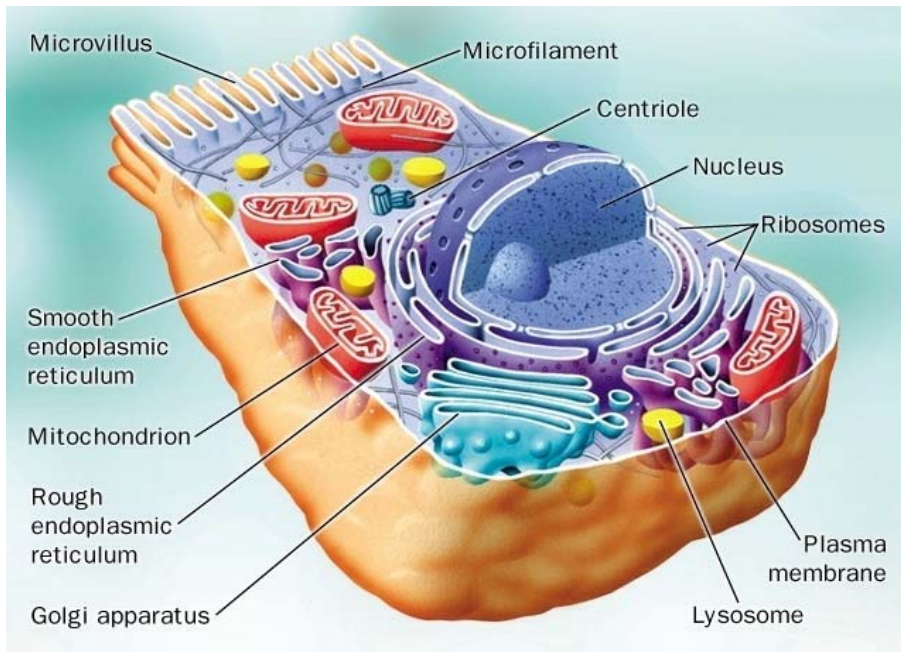
ЖИВОТНЫХ

растений

- несколько компартментов

ядро

МИТОХОНДРИИ

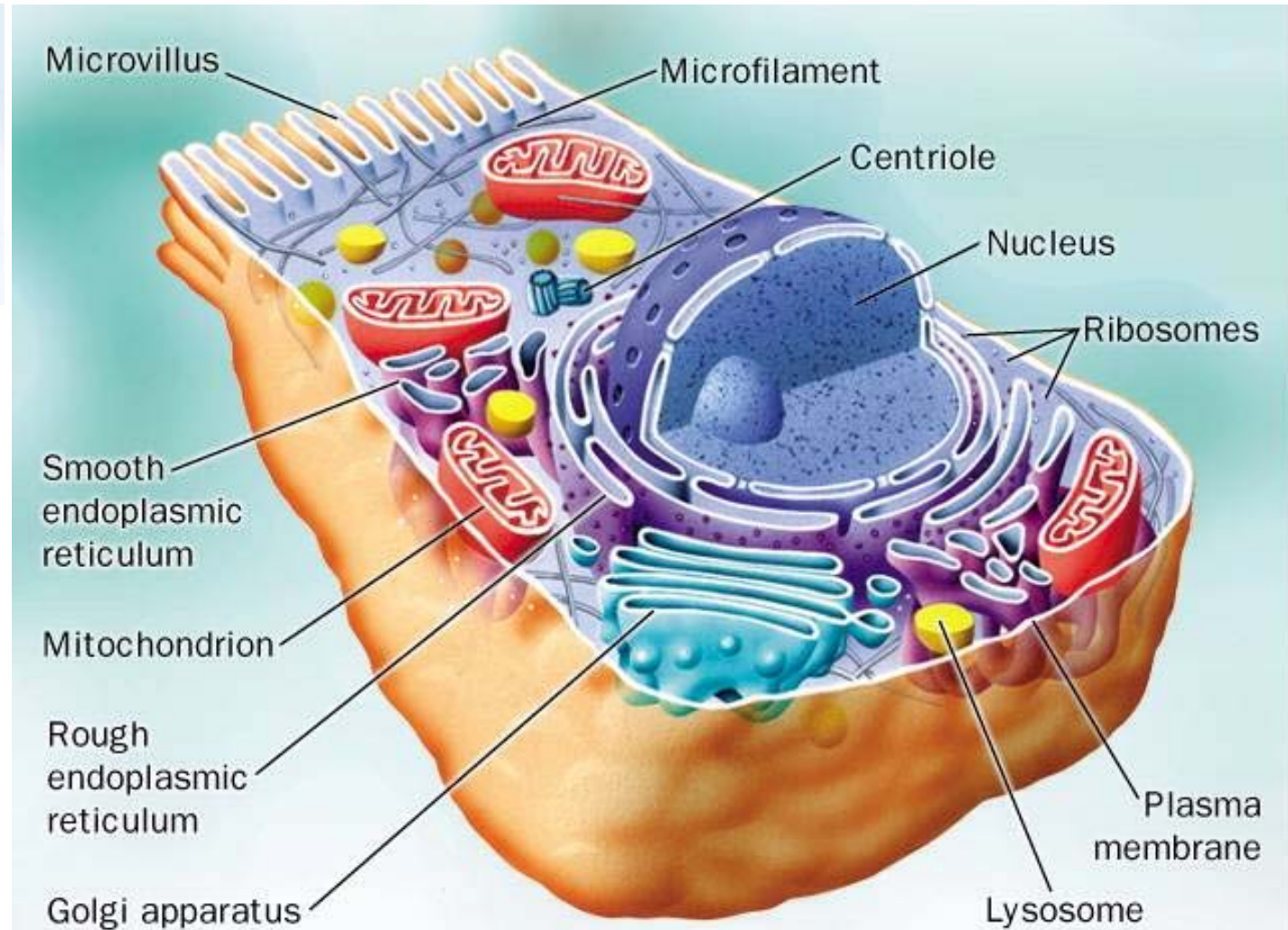
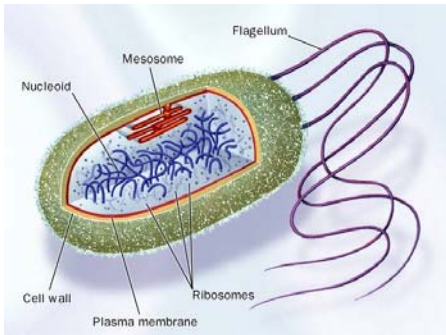


ядро

МИТОХОНДРИИ

хлоропласты

# «Прокариоты» и «эукариоты» безъядерные и ядерные

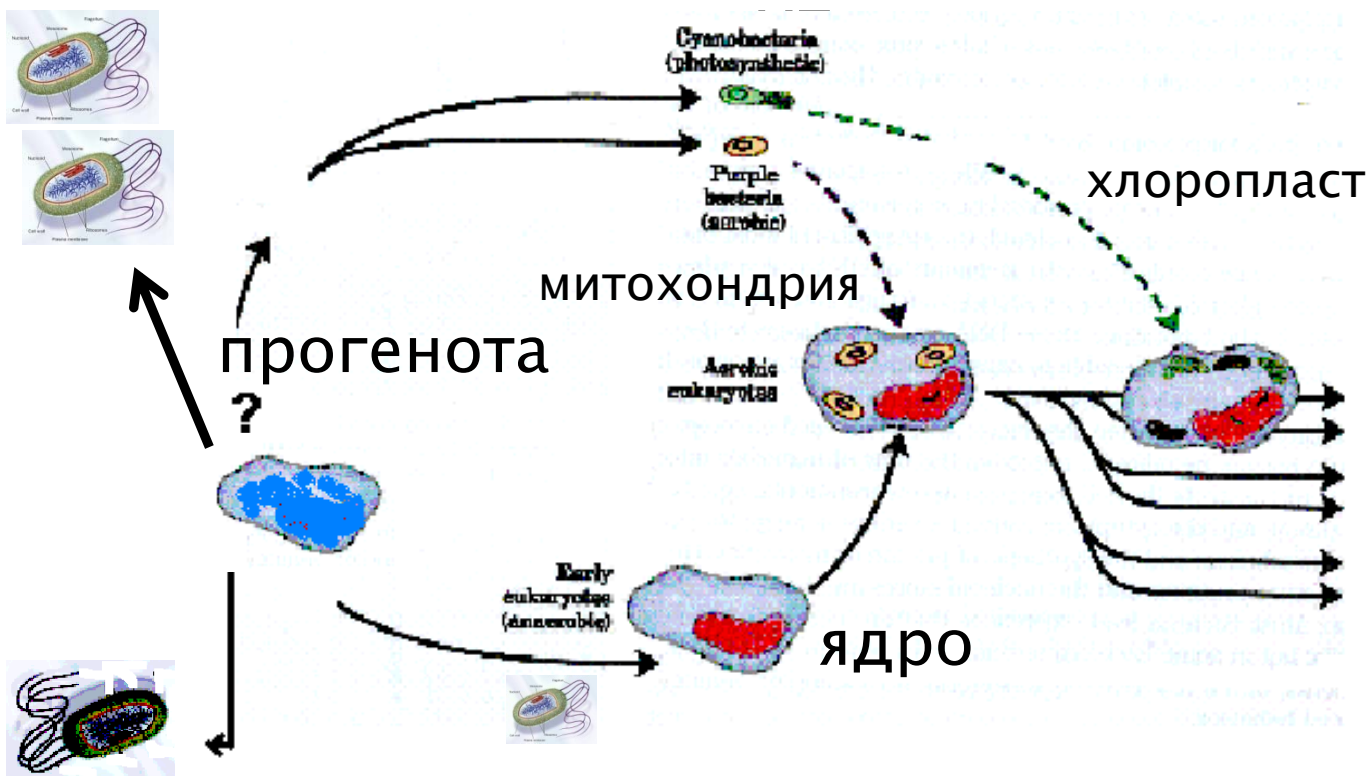


# Эволюция трех клеточных царств

## прокариоты

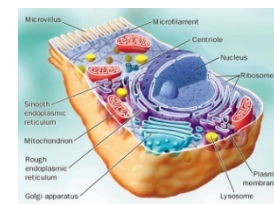
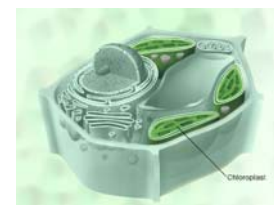
эубактерии

эукариоты



растения:

ядро, мт, хл



ЖИВОТНЫЕ:

ядро, мт

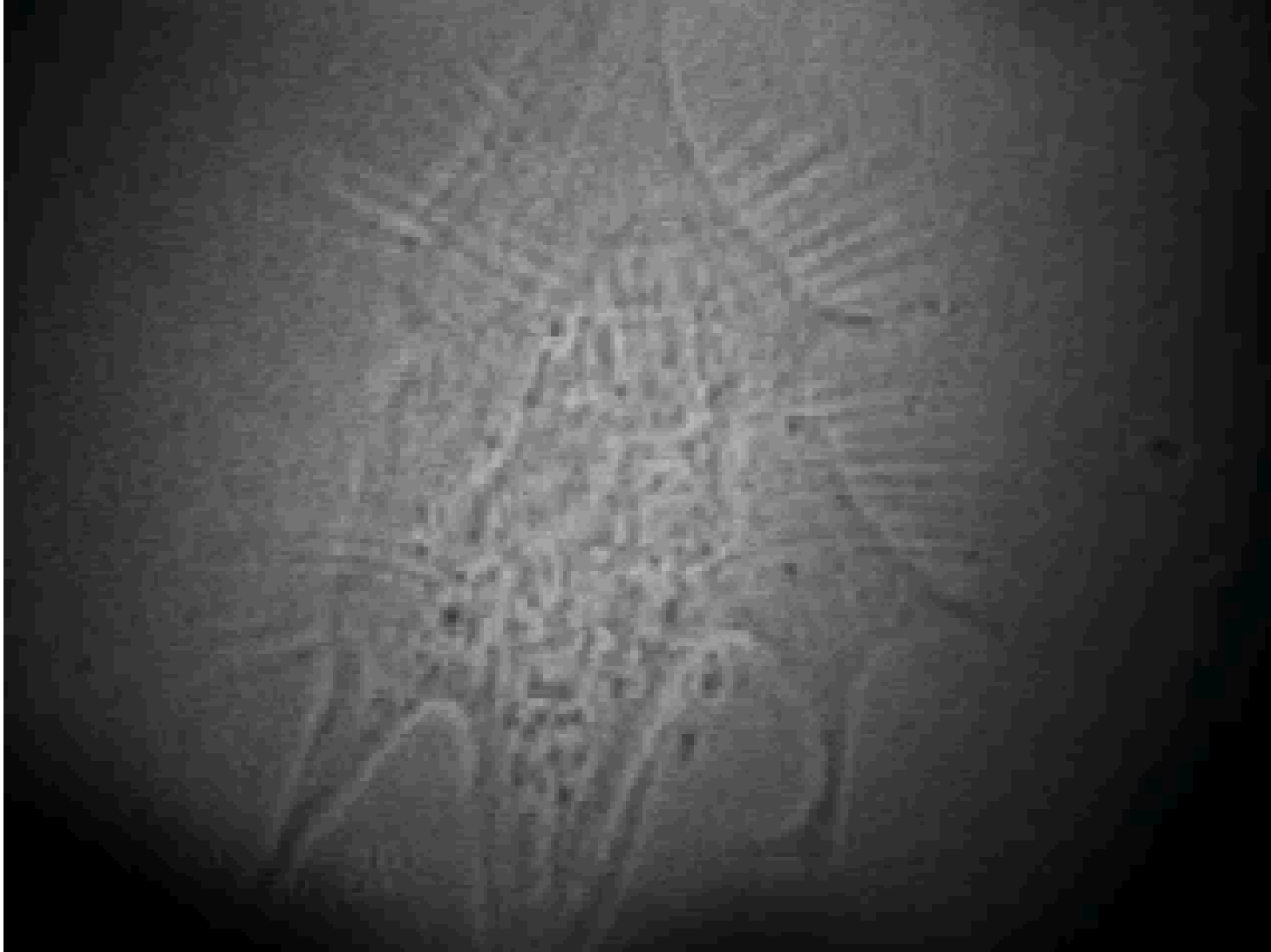
архебактерии

Минимальная единица  
биологии - клетка

Вирус не является живым,  
это химический  
супрамакромолекулярный комплекс

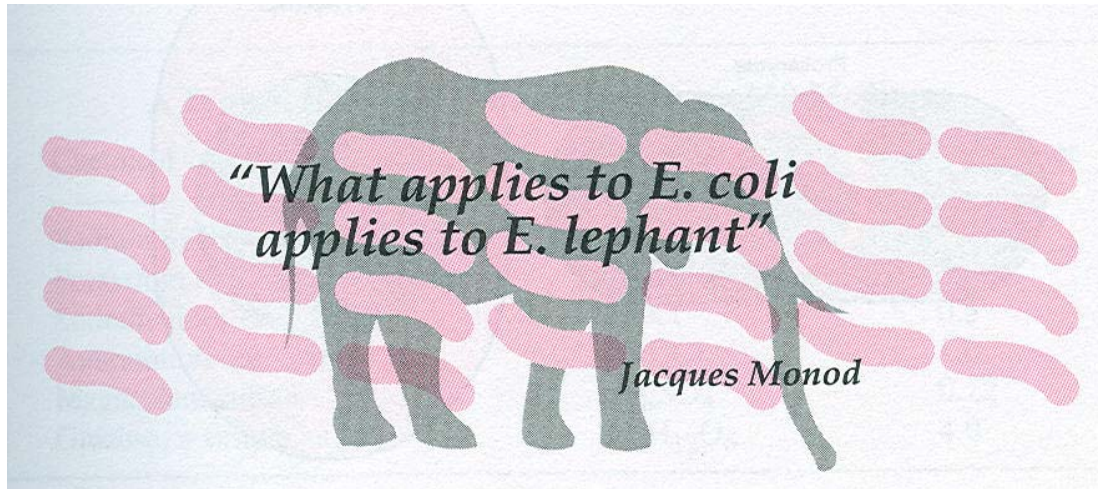
Минимальная единица  
химии - атом, молекула

# Функция органа - функция клетки



Сокращение отдельной клетки  
сердца

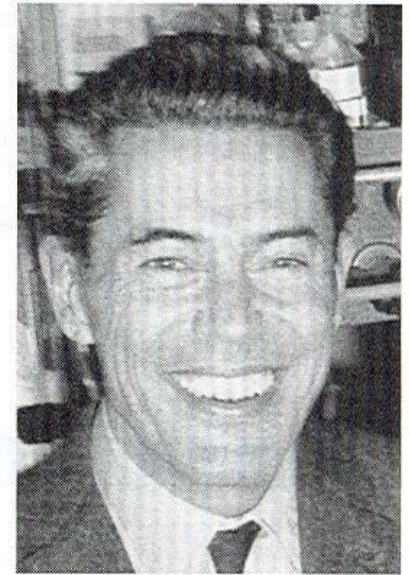
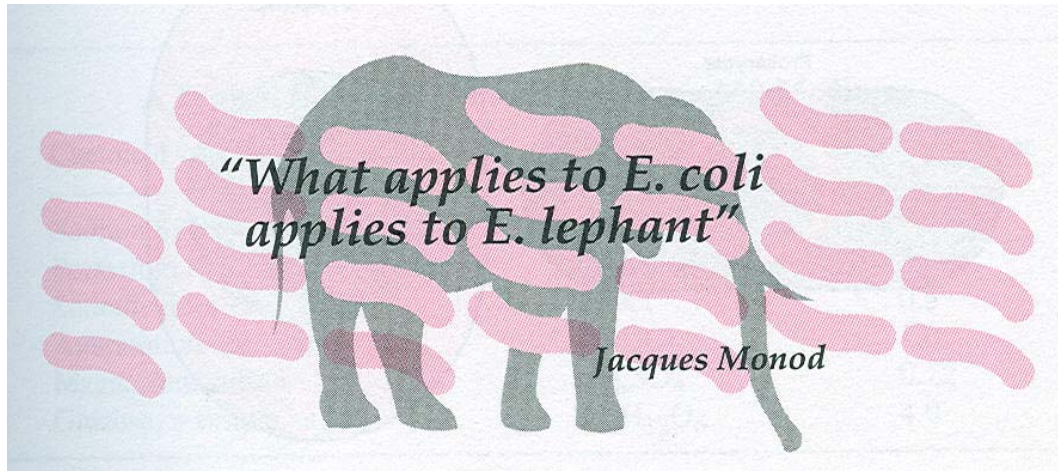
# Единообразии структурной химии живого



Jacques Monod

Что справедливо для слона  
– справедливо и для бактерии (не во  
всем)

# Единообразии функциональной химии ЖИВОГО



Jacques Monod

Что справедливо для слона  
– справедливо и для бактерии (не во  
всем)

**Биология:** жизнь с точки зрения химика

Многообразие и систематика

Клеточная теория

Строение клеток

**Химия:**

Химический состав клетки:

биологические макромолекулы и  
низкомолекулярные вещества

Системное определение живого с  
точки зрения химии



Макромолекулы (25)

Белки 15

Нуклеиновые  
кислоты 7

Полисахариды 3

Molecular Components of an *E. coli* Cell

	Percentage of total weight of cell	Approximate number of different molecular species
Water	70	1
Proteins	15	3,000
Nucleic acids		
DNA	1	1
RNA	6	>3,000
Polysaccharides	3	5
Lipids	2	20
Monomeric subunits and intermediates	2	500
Inorganic ions	1	20

Низкомолекулярные соединения (75)

Вода 70

Липиды 2

Органические и неорганические 3

МАКРОМОЛЕКУЛЫ (25)

Белки 15

Нуклеиновые кислоты 7

Полисахариды 3

Почему макромолекулы?

**ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ХИМИИ ЖИВОГО  
- ЗАЧЕМ ОНО ТАМ?**

МОЛЕКУЛЫ (75)

Вода 70

липиды 2

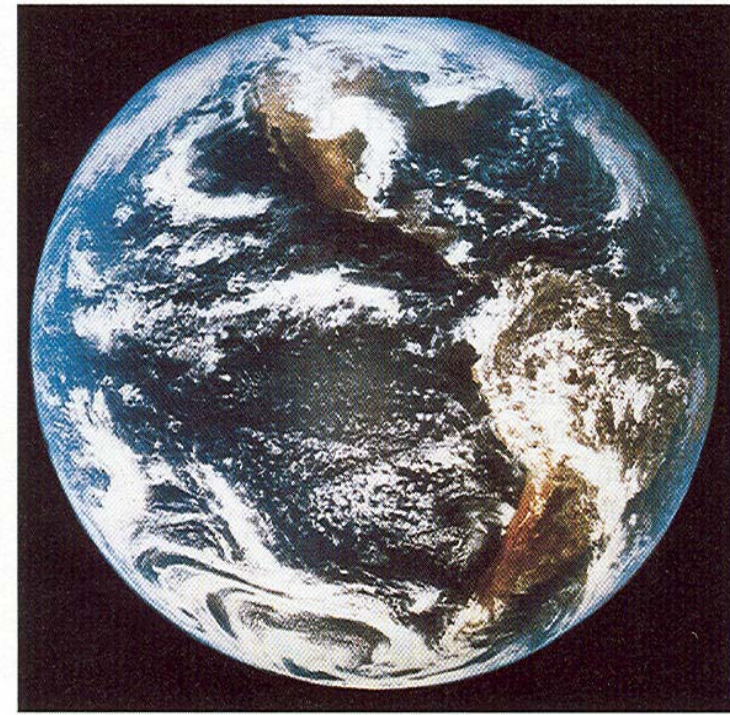
органические и неорганические 3

Почему именно эти молекулы?



## МАКРОМОЛЕКУЛЫ (25)

Белки	15
Нуклеиновые кислоты	7
Полисахариды	3



ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ХИМИИ ЖИВОГО  
- ЗАЧЕМ ОНО ТАМ?

## МОЛЕКУЛЫ

(75)

Вода

70

липиды

2

органические и неорганические

3

Почему вода?

# Типы и энергия химической связи

Ковалентная связь

кДж/моль

O-H      461

(4,2 Дж = 1 кал)

P-O      419

C-O      352

C-C      348

Нековалентная связь (взаимодействие)

Ионные взаимодействия

42

Водородная связь

8-21

Ван дер Ваальсовы взаимодействия

2-8

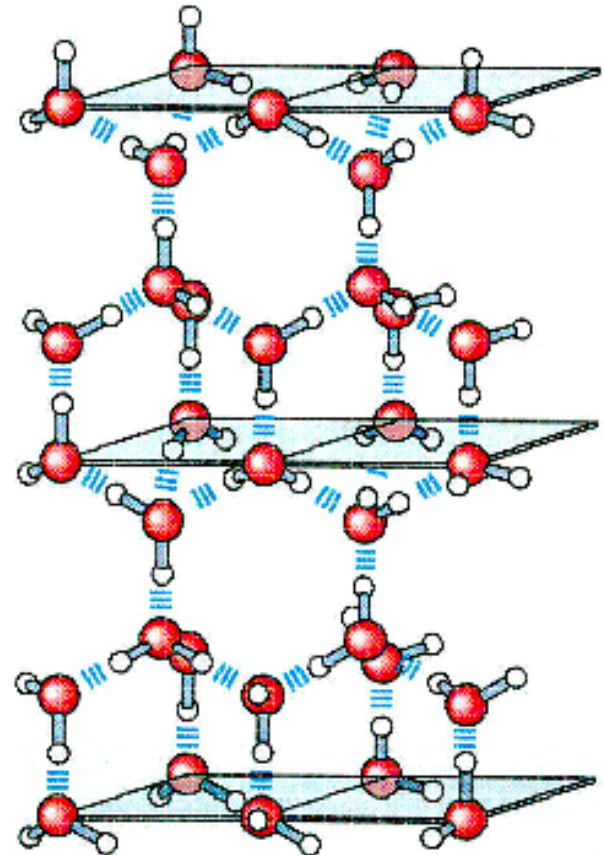
# Необычные свойства водных растворов: системообразующая роль

Водородная связь  
и необычные свойства воды

Водородная связь  
с растворенным веществом

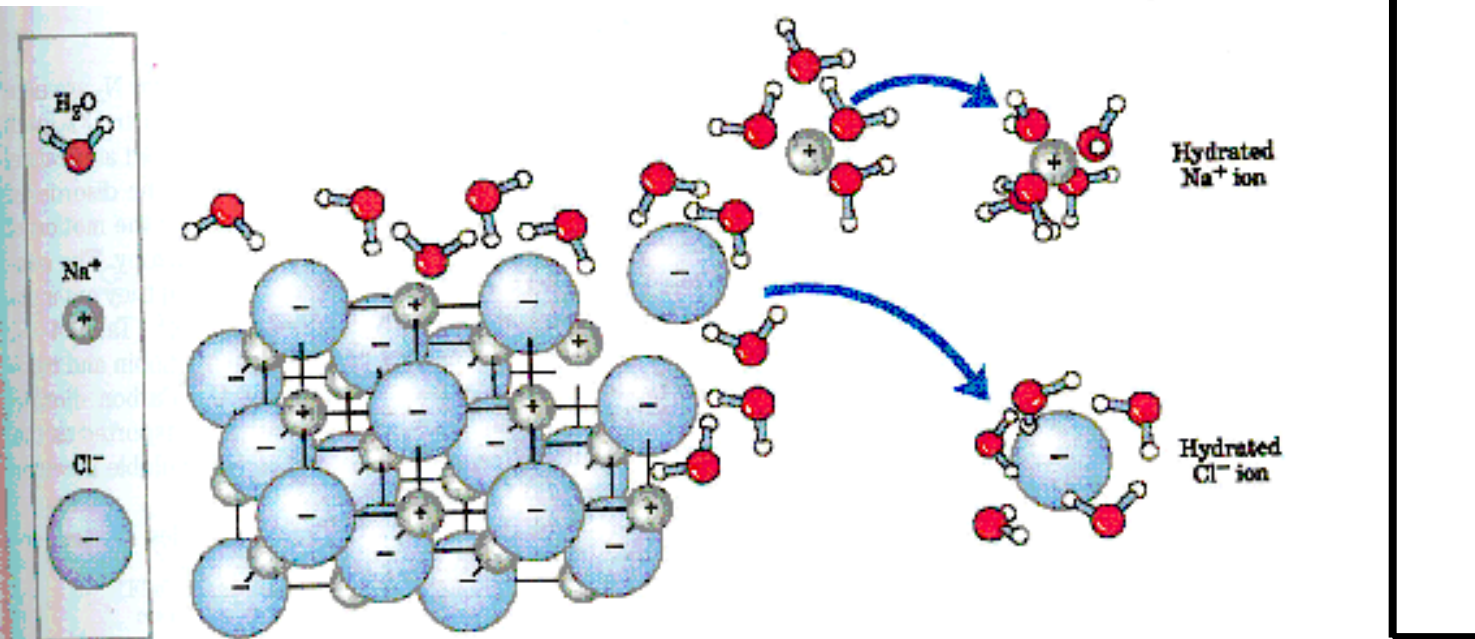
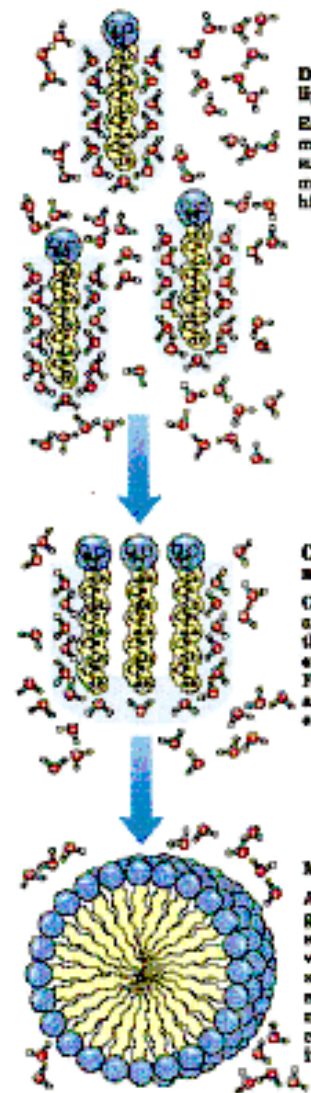
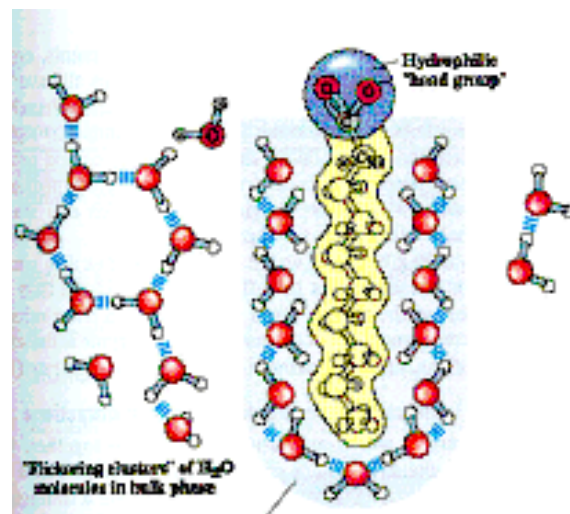
Электростатические  
взаимодействия  
с заряженным веществом  
Гидратация ионов

«Гидрофобные взаимодействия»  
для неполярных веществ



# «Гидрофобные взаимодействия» неполярных и амфипатических веществ

## Мицелла



Электростатические взаимодействия с заряженным веществом  
Гидратация ионов

МАКРОМОЛЕКУЛЫ (25)

Белки 15

Нуклеиновые кислоты 7

Полисахариды 3

## Почему макромолекулы?

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ХИМИИ ЖИВОГО  
- ЗАЧЕМ ОНО ТАМ?



МОЛЕКУЛЫ (75)

Вода 70

липиды 2

органические и неорганические 3

**Макромолекула** (некорр. полимер) – химическое соединение, молекулы которого состоят из большого числа повторяющихся звеньев (структурных звеньев)

**Мономер** – низкомолекулярное вещество, из которого полимеризацией (или поликонденсацией) получается полимер

**Поликонденсация** – полимеризация, при которой, кроме полимера, образуются низкомолекулярные вещества

Если в полимеризации (поликонденсации) участвуют разные молекулы, то получается **СОПОЛИМЕР**, структурное звено которого состоит из остатков каждой молекулы, участвующей в реакции



# Природные макромолекулы -

белки

нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК)

[полисахариды]

- получают поликонденсацией
- линейные, неразветвленные
- асимметричные (векторные)

Белки и нуклеиновые кислоты:

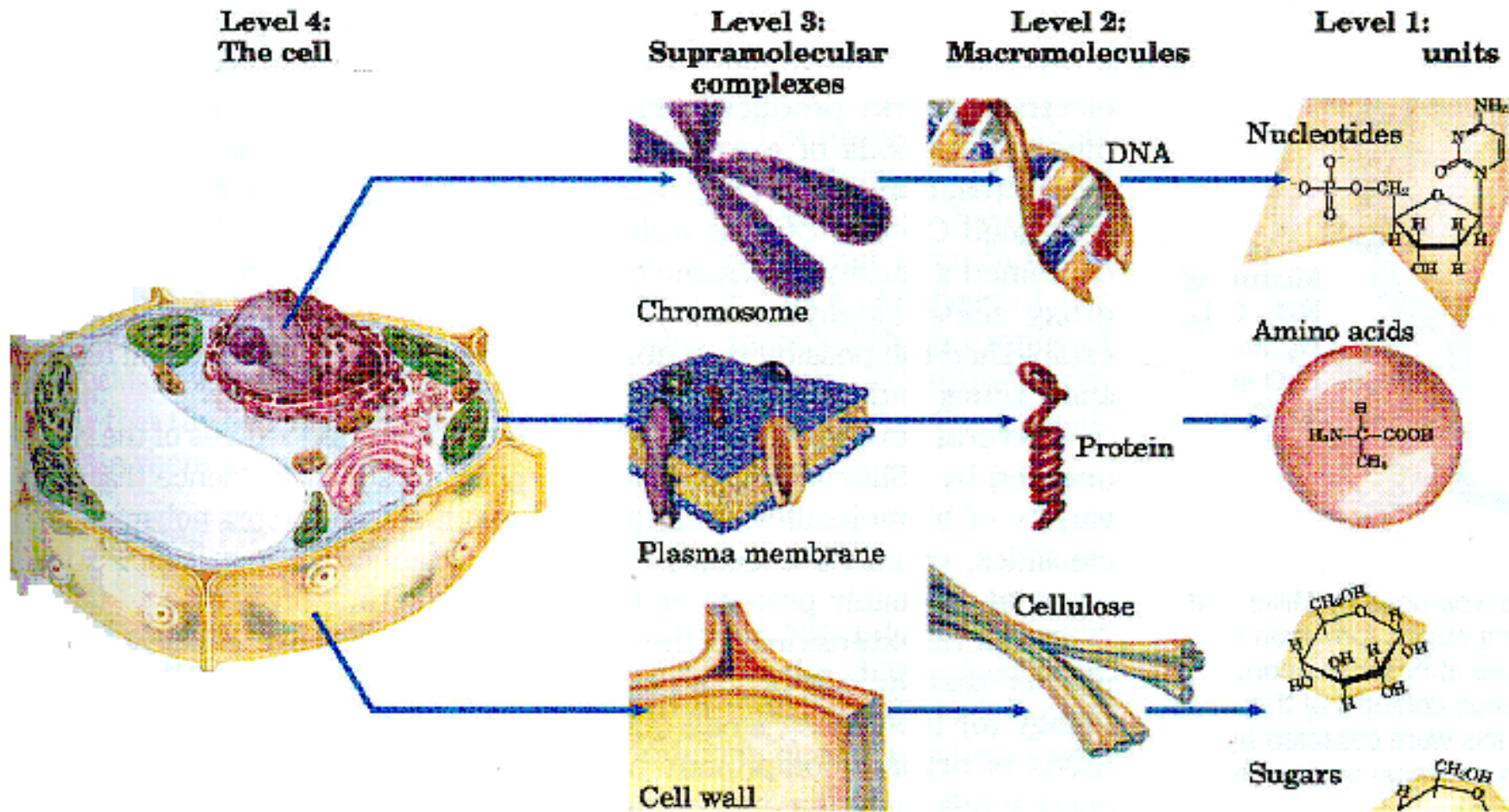
- информационные (текст из 20 ак или 4 н)
- самоорганизующиеся в пространстве

# Уровни сложности структурной организации

Клетка      Супрамакромол.      Макромол.

Повтор. Ед.

КОМПЛЕКС



# Жизнь

использует именно  
макромолекулы НК и белка  
как предельный случай  
упорядоченной  
химической организации  
вещества и информации  
в пространственно - временном  
континууме клетки

Обучение использует  
лекции  
как предельный случай  
упорядоченной  
организации информации  
в пространственно -  
временном континууме

**ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ** представляют собой открытые (т.е. обменивающиеся с окружающей средой веществом и энергией), саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся **сложные системы**, важнейшими функционирующими веществами которых являются белки и нуклеиновые кислоты.

Живому свойственен ряд совокупных признаков, таких, как способность к воспроизведению (репродукции), трансформация энергии, метаболизм, чувствительность, изменчивость. Совокупность этих признаков можно обнаружить уже на клеточном уровне.

**Нет меньшей единицы живого, чем клетка.**

**Клетка** - это ограниченная активной мембраной, упорядоченная, структурированная система биополимеров (белков, нуклеиновых кислот и др.) и их молекулярных комплексов, участвующих в единой совокупности метаболических и энергетических процессов, осуществляющих поддержание и воспроизведение всей **системы** в целом.

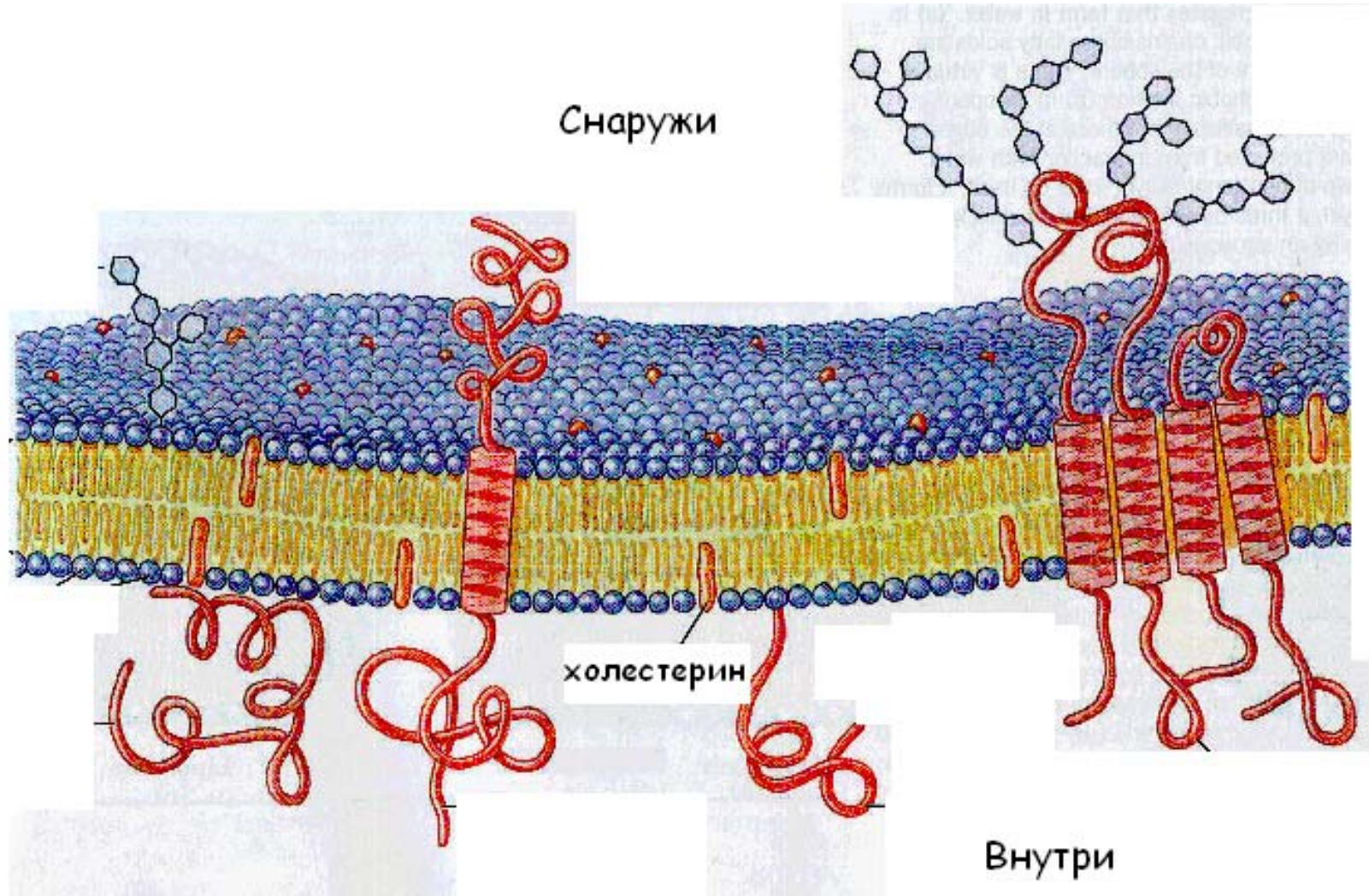
**Нет меньшей единицы живого, чем клетка.**

# Лекция 2

границы системы живого (клетки)

1. Биологические мембраны
2. Липиды
3. Липосомы

# Биологическая мембрана = липидный бислой + белки





# Биологические мембраны -

сложные высокоорганизованные системы, состоящие из

## липидных бислоёв и белков

Мембраны окружают все живые клетки и клеточные компартменты (ядра, митохондрии, хлоропласты)

Функции биологических мембран:

-образование динамичных границ раздела

-селективный транспорт

-сенсорные

# СВОЙСТВА БИОЛОГИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ

- Двумерная
- Гибкая (движение)
- Самоорганизация  
(деление и слияние клеток)
- Встроенные белки  
(свойства и «лицо» клетки)
- Селективно (избирательно)  
проницаема (биоэнергетика)

# Микроскопия биологических мембран



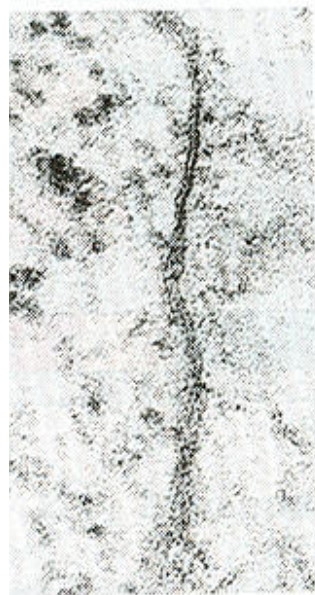
(a)



(b)



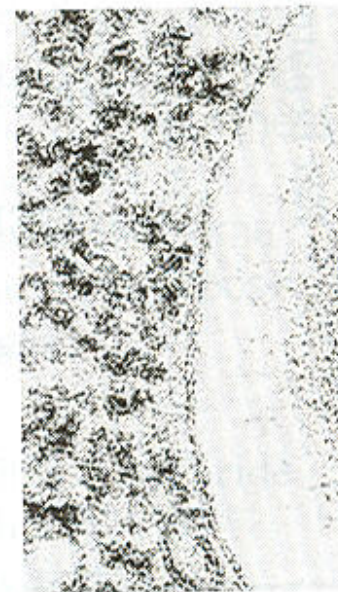
(c)



(d)



(e)



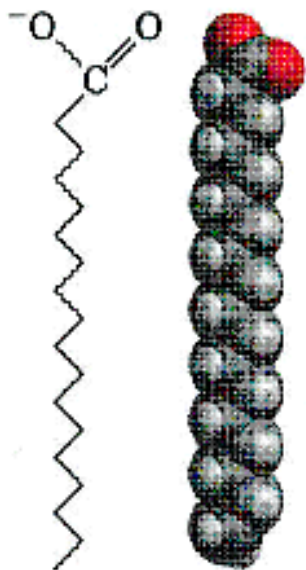
(f)

# Липиды

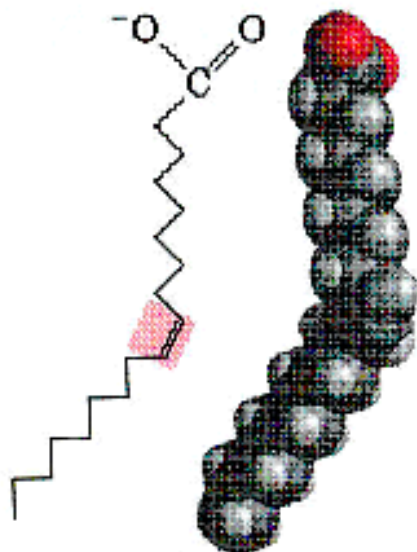
λίπος (греч. - жир)

Растворимые в жирах и  
жирорастворителях  
(и нерастворимые в воде)  
низкомолекулярные органические  
соединения, в том числе  
жиры, стеролы и изопреноиды

например,  
триглицериды, холестерин, каротин

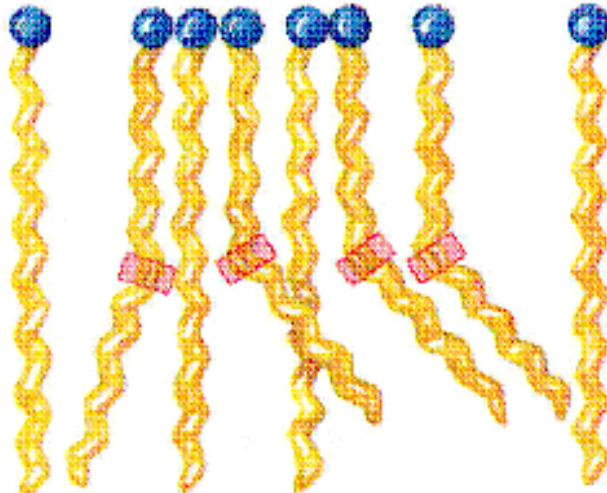


(a)



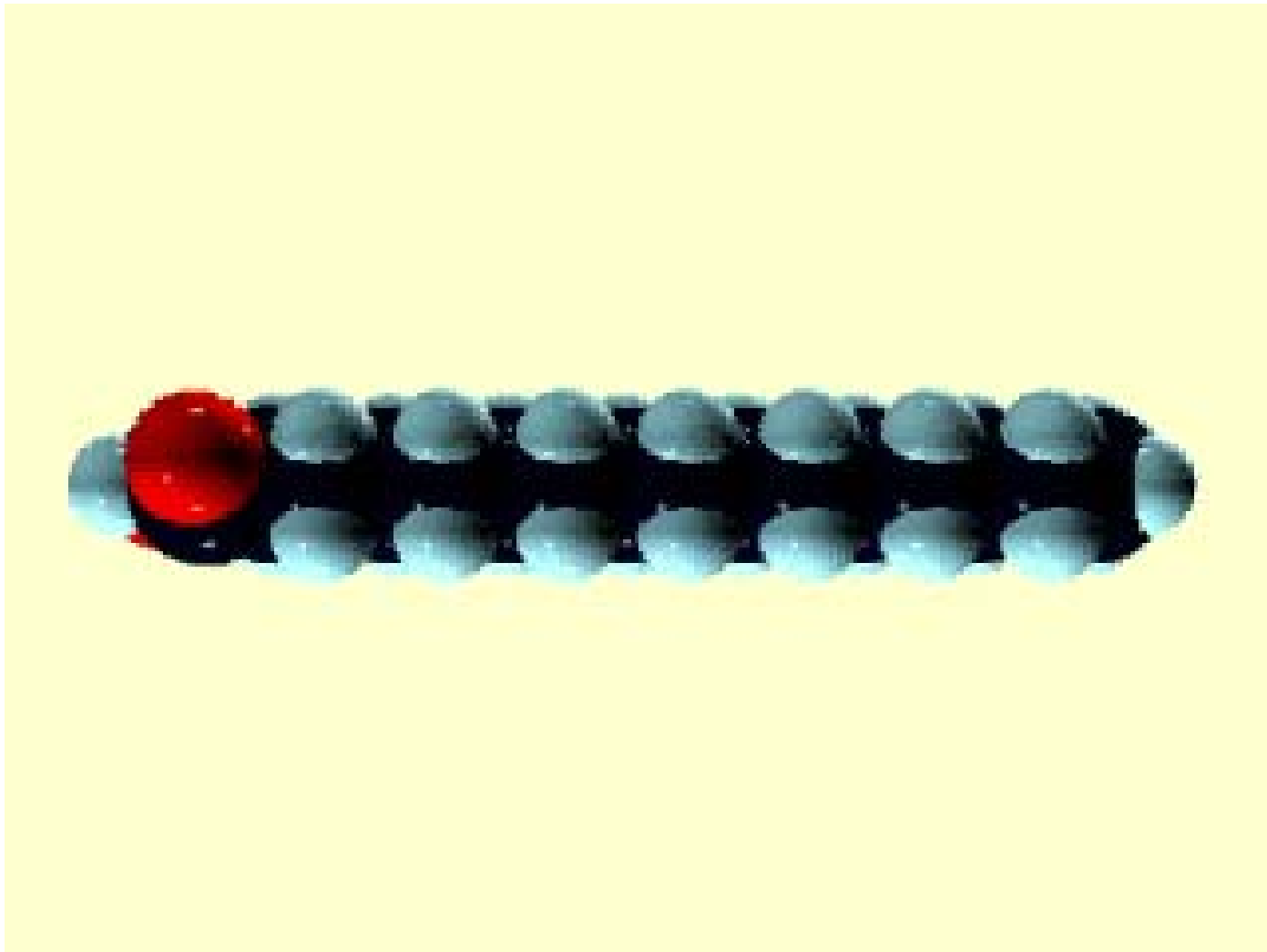
(b)

# Жирные КИСЛОТЫ: предельные и непредельные



$C_{15}H_{31}COOH$  -  
пальмитиновая  
 $C_{17}H_{35}COOH$  -  
стеариновая  
 $C_{17}H_{33}COOH$  -  
олеиновая

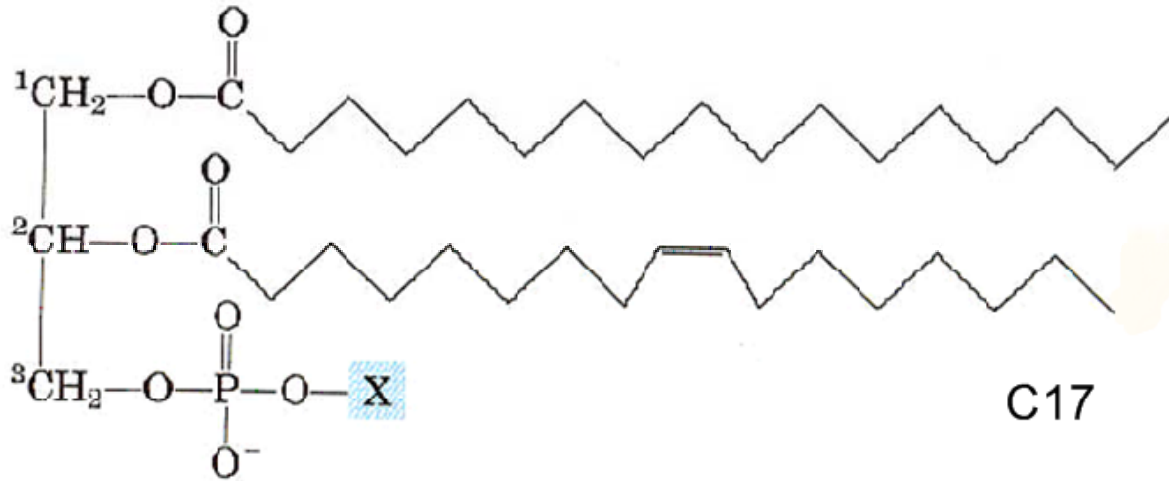
# Жирная кислота



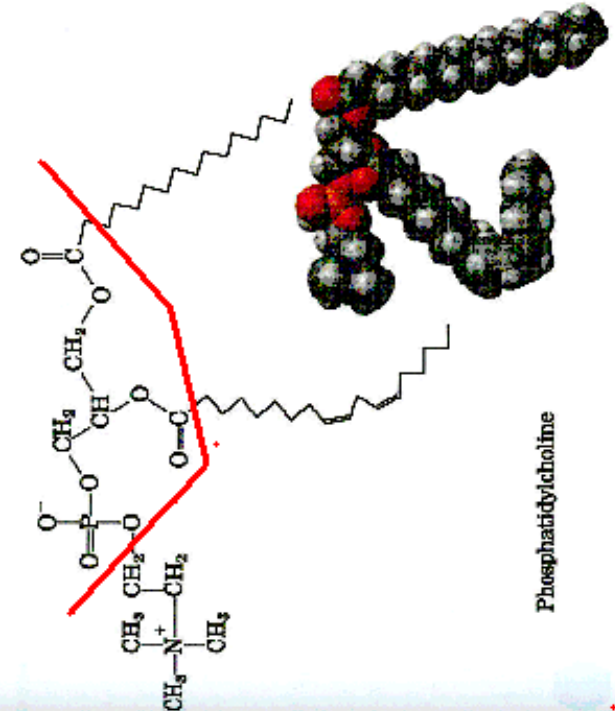
# Триглицерид



# Фосфолипид

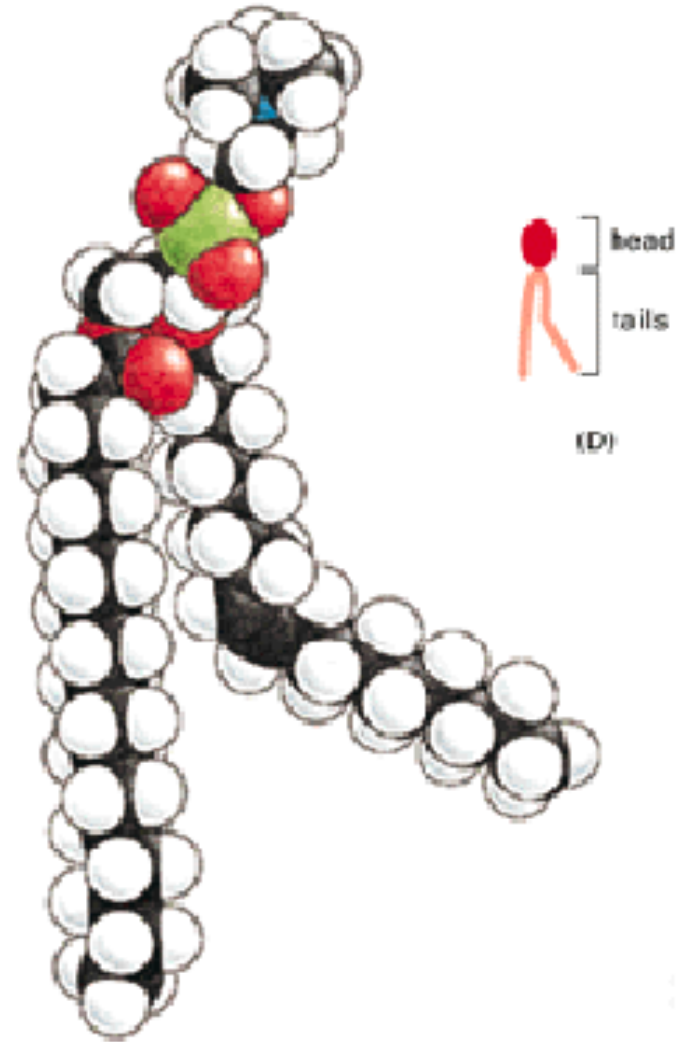
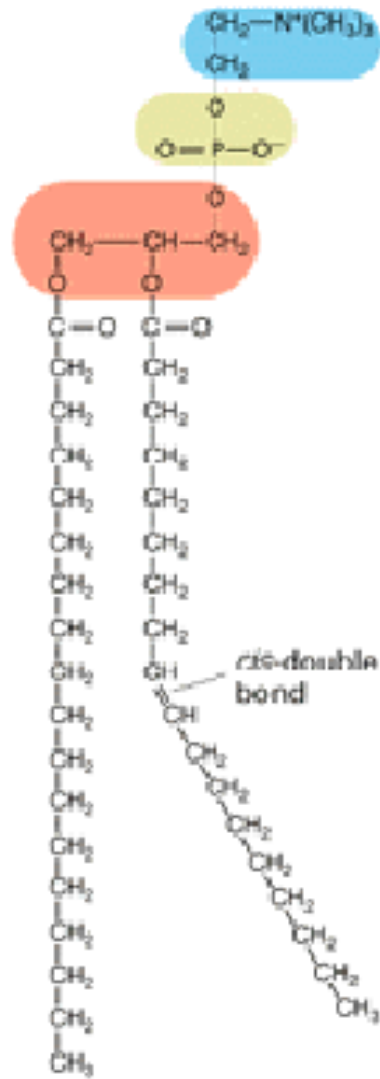
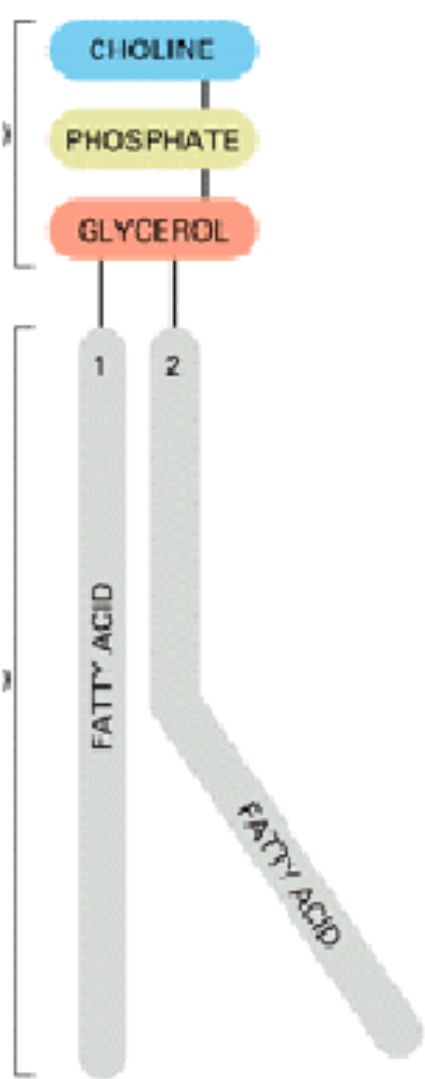


фосфатидилхолин

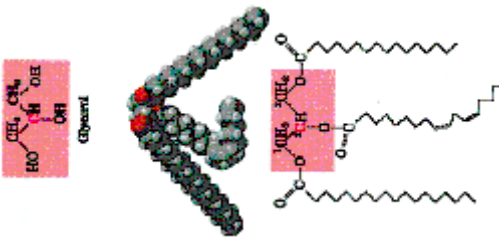
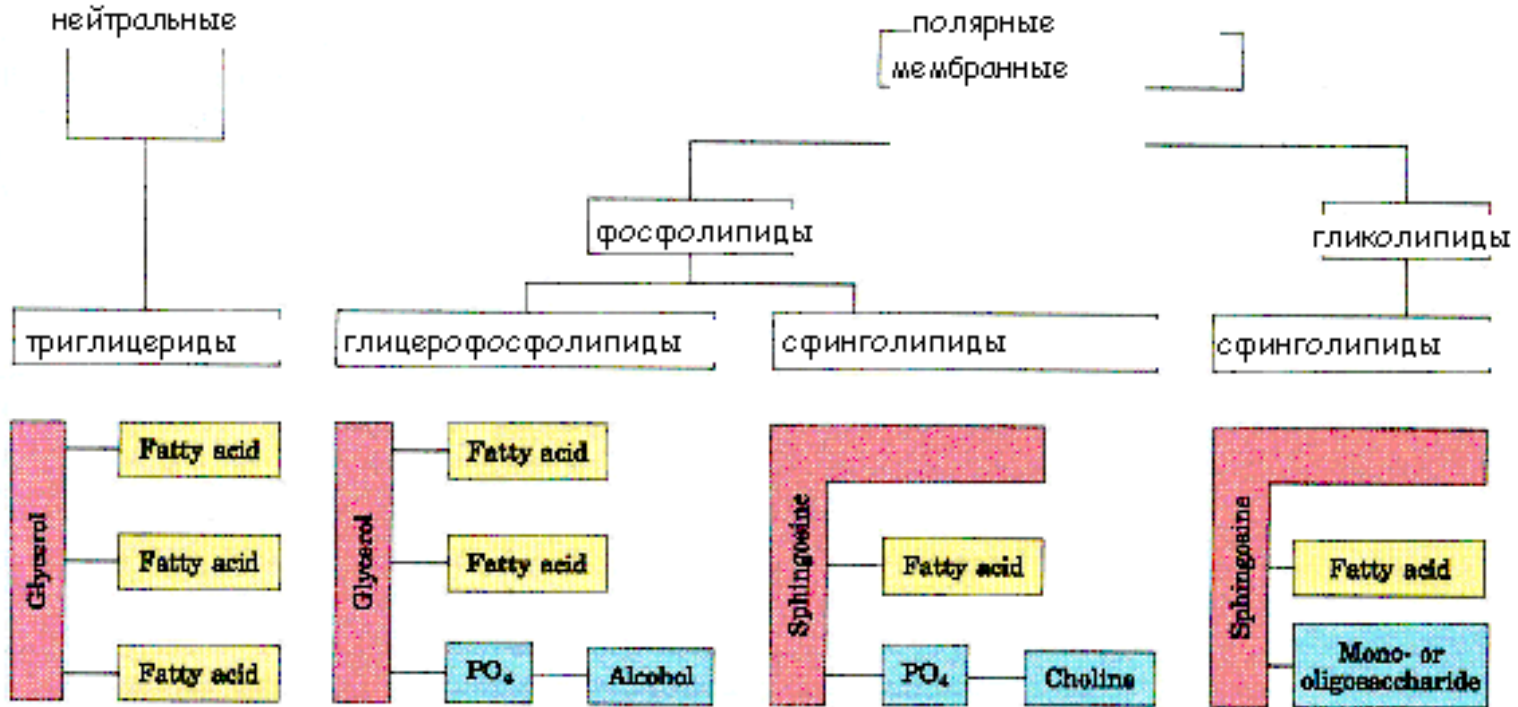




# Фосфолипид

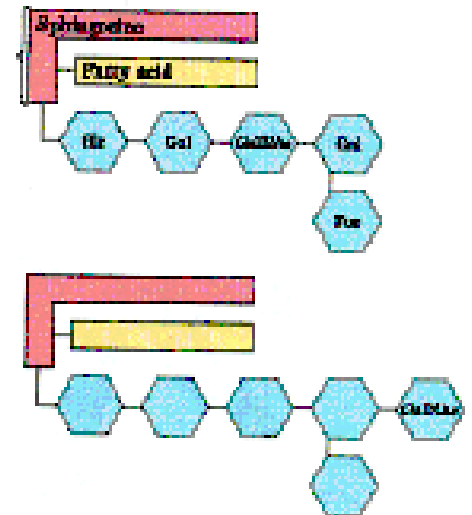


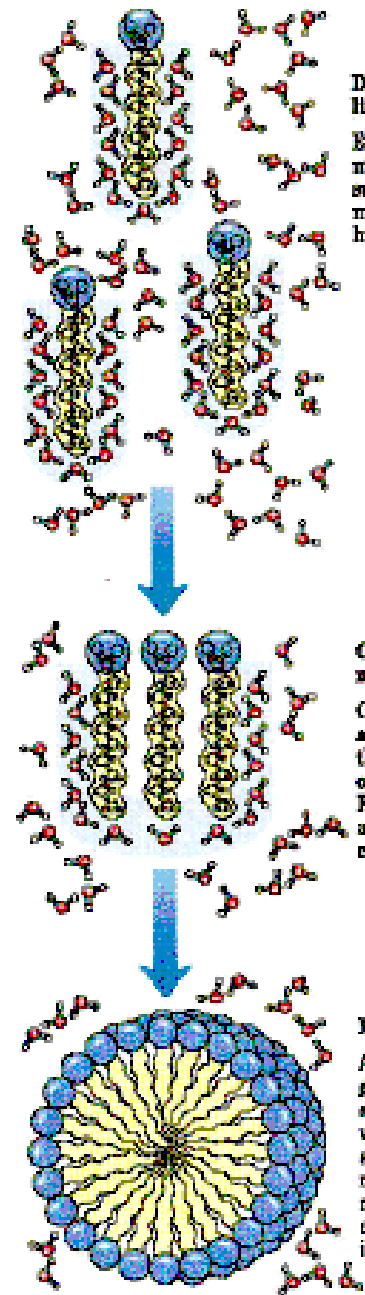
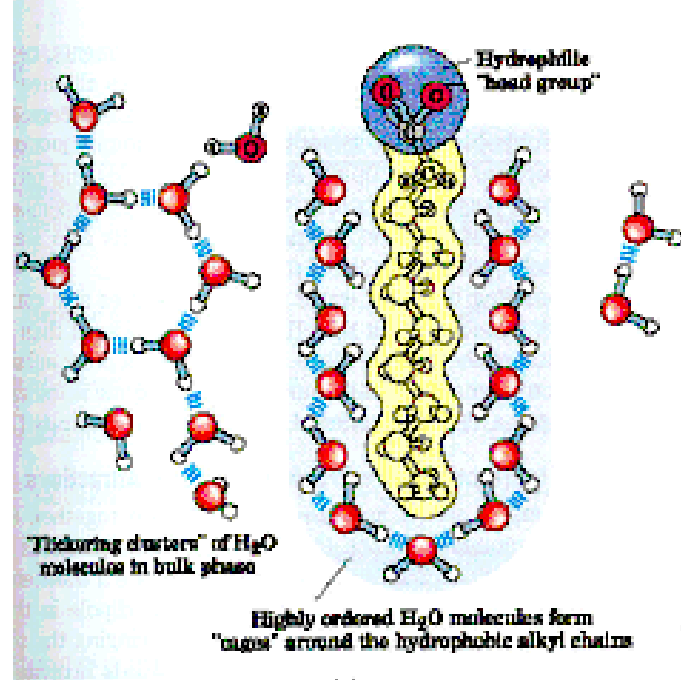
# Классификация липидов



Жиры

Группы крови



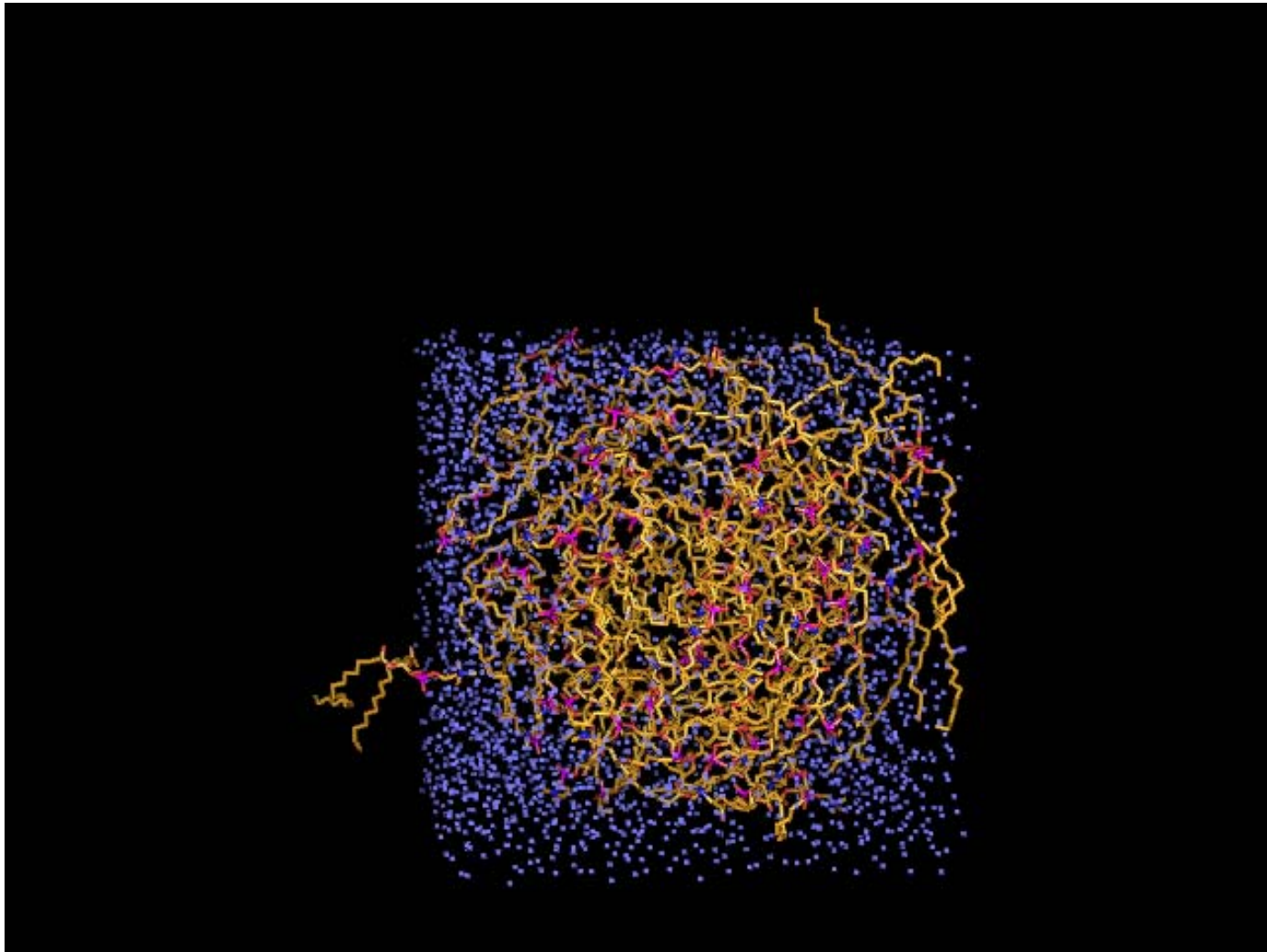


(b)

# “Гидрофобные взаимодействия”

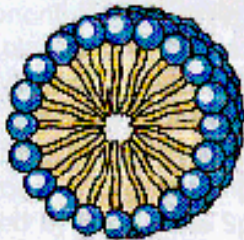
## Гидрофобные эффекты неполярных веществ в воде

# Фосфолипидный бислой

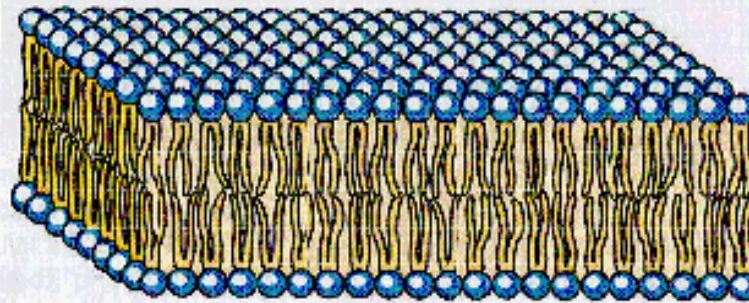


Молекулярная динамика на суперкомпьютерах

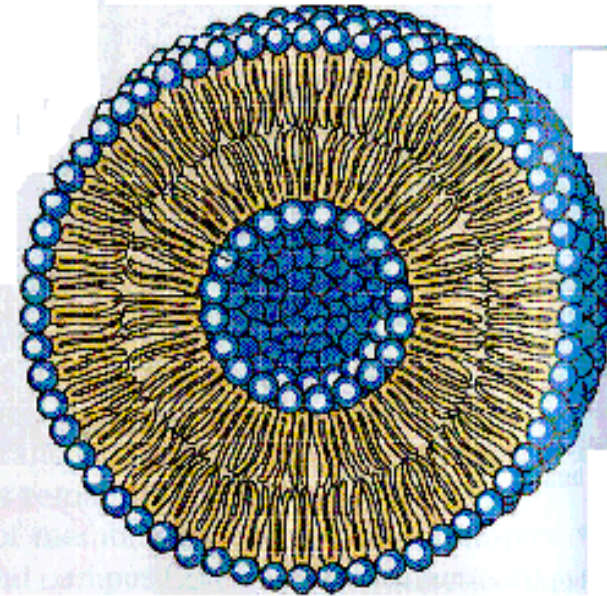
# Липидная мицелла, бислой, липосома



Мицелла



Бислой



Липосома

Свойства бислоя зависят от липидного состава:  
предельные и непредельные кислоты, холестерин