

БИОХИМИЯ

- 1. Определение и содержание;
- 2. Краткая история.
- 3. Методы биохимических исследований.
- 4. Химический состав организмов.
- 5. Закономерности строения и метаболизма макромолекул в живых системах;
- 6. Строение и функции воды;
- 7. Свойства и биологические функции неорганических ионов.

1. Определение и содержание

- **Биохѣмия** (биологѣческая, или физиологѣческая хѣмия) — Наука о химическом составе живых клеток и организмов и о химических процессах, лежащих в основе их жизнедеятельности.
- *Термин «биохимия» был предложен в 1903 году немецким химиком Карлом Нойбергом.*
- Биохимия находится на стыке нескольких наук, прежде всего — биологии и химии.

1. Определение и содержание

- Возникнув как наука о химии жизни в конце XIX века (на основании развития органической химии), биохимия отличается от последней тем, что исследует только вещества и химические реакции, которые имеют место в живых организмах, прежде всего в живой клетке.
- Бурное развитие биохимия получила во второй половине 20 века.

1. Определение и содержание

- Знание биохимии необходимо для специалиста получающего высшее физкультурное образование, т.к. она:
 - - раскрывает законы жизнедеятельности организмов на молекулярном уровне;
 - - устанавливает причинно-следственные связи процессов, происходящих в организме;
 - - показывает особенности биохимических превращений при мышечной деятельности;
 - - раскрывает биохимические принципы спортивной тренировки и повышения работоспособности;
 - - говорит о биохимическом контроле в спорте (допинг-контроль и др. вопросы).

1. Определение и содержание

В зависимости от объекта исследования выделяют:

- *биохимию животных и человека;*
- *биохимию растений и микроорганизмов.*

1. Определение и содержание

Биохимия человека делится на:

1.Общую биохимию (статическую и динамическую).Она изучает:

- структуру и свойства химических соединений, входящих в состав живых организмов;
- химические реакции, происходящие в процессе обмена веществ;

1. Определение и содержание

•2.Функциональную биохимию.

Она изучает связь между обменом веществ и функциями организма.

К этому разделу относится и биохимия ФКиС.

БИОХИМИЯ ФКиС

- *Знание биохимии необходимо для специалиста получающего высшее физкультурное образование, т.к. она:*
 - раскрывает законы жизнедеятельности организмов на молекулярном уровне;
 - устанавливает причинно-следственные связи процессов, происходящих в организме;

- изучает особенности биохимических превращений при мышечной деятельности;
- раскрывает биохимические принципы спортивной тренировки и повышения работоспособности;
- говорит о биохимическом контроле в спорте (допинг-контроль и др. вопросы).

История развития

- Как самостоятельная наука биохимия сформировалась примерно 100 лет назад, однако биохимические процессы люди использовали ещё в глубокой древности, не подозревая об их истинной сущности.
- Уже тогда была известна технология таких процессов как хлебопечение, сыроварение, виноделие, выделка кож.
- Необходимость борьбы с болезнями заставляла задумываться о превращениях веществ в организме, искать объяснения целебным свойствам лекарственных растений.
- Использование растений в пищу, для изготовления красок и тканей также приводило к попыткам понять свойства веществ растительного происхождения.

История развития

- Арабский учёный и врач X века Авиценна в своей книге «Канон врачебной науки» подробно описал многие лекарственные вещества;
- Итальянский учёный и художник Леонардо да Винчи на основании своих опытов сделал важный вывод о том, что живой организм способен существовать только в такой атмосфере, в которой может гореть пламя.
- XVIII век ознаменовался трудами М. В. Ломоносова и А. Л. Лавуазье. На основе открытого ими закона сохранения массы веществ (***Масса веществ, вступающих в химическую реакцию, равна массе веществ, образующихся в результате реакции***) и накопленных к концу столетия экспериментальных данных, была объяснена сущность дыхания и исключительная роль в этом процессе кислорода.

История развития

- Изучение химии жизни уже в 1827 г. привело к принятому до сих пор разделению биологических молекул на белки, жиры и углеводы. Автором этой классификации был английский химик и врач Уильям Праут.
- В 1828 году немецкий химик Ф. Вёлер синтезировал мочевины: сначала — из циановой кислоты и аммиака, а позже в этом же году — из углекислого газа и аммиака. Тем самым впервые было доказано, что химические вещества живого организма могут быть синтезированы искусственно, вне организма.

История биохимии

- Последующими мощными толчками в этом направлении химии явились лабораторные синтезы липидов (в 1854 году — П. Бертло, Франция) и углеводов из формальдегида (1861г. — А. М. Бутлеров, Россия). Бутлеровым была также разработана теория строения органических соединений (1861).

История биохимии

- В 1882 году Иван Горбачевский впервые в мире осуществил синтез мочевой кислоты из глицина. В дальнейших исследованиях он установил источник и пути её образования в человеческом и животном организмах. В 1886 году он предложил новый метод синтеза креатина, а в 1889—1891 годах открыл фермент ксантиноксидазу.
- Иван Горбачевский одним из первых указал, что аминокислоты являются составляющими белков.

История биохимии

- Новый толчок развитию биологической химии дали работы по изучению брожения, инициированные Луи Пастером.
- На рубеже XIX и XX веков работал немецкий биохимик Э. Фишер. Он сформулировал основные положения пептидной теории строения белков, установил структуру и свойства почти всех входящих в их состав аминокислот.
- Но лишь в 1926 г. Джеймсу Самнеру удалось получить первый чистый фермент - уреазу, и доказать, что фермент — это белок.

История биохимии

- Открытие ферментов позволило начать грандиозную работу по полному описанию всех процессов метаболизма, не завершённую до сих пор. Одними из первых значительных находок в этой области стали открытия витаминов, гликолиза и цикла трикарбоновых кислот.
- В 1953 году американский биолог Дж. Уотсон и английский физик Ф. Крик описали структуру ДНК — ключ к пониманию принципов передачи наследственной информации.
- Это открытие означало рождение молекулярной биологии.

История биохимии

- В 1958 Джордж Бидл и Эдуард Тейтем получили Нобелевскую премию за работу проведённую на грибах выводом которой стала гипотеза *"один ген - один фермент"*.
- В 1988 Колин Питчфорд стал первым человеком, осуждённым за убийство на основе доказательств, полученных в результате ДНК-дактилоскопии, и первым преступником, пойманным в результате массового применения этой процедуры.
- Одна из последних вех в развитии биохимии (2006г.) - получение Эндрю Файером и Крейгом Мелло Нобелевской премии по физиологии и медицине за «открытие РНК-интерференции — эффекта гашения активности определённых генов»

3. Методы биохимических исследований

- В биохимии в основе изучения структуры и свойств живого вещества лежит его разделение на отдельные компоненты и их последующий анализ;
- Методы биохимии преимущественно формировались в XX веке;
- Наиболее распространенными являются:
 - - хроматография, изобретённая М. С. Цветом в 1906 г.;
 - - центрифугирование (Т. Сведберг, 1923 г., Нобелевская премия по химии 1926 г.);
 - - электрофорез (А. Тизелиус, 1937 г., Нобелевская премия по химии 1948 г.);
 - - спектральные методы исследования.

Методы биохимических исследований

- Генетические методы исследования – все шире применяются с конца XX в. (взяты из молекулярной и клеточной биологии: искусственная экспрессия и нокаут генов в модельных клетках и целых организмах); **Выделилось отдельное направление биохимии – функциональная геномика.**
- Компьютерное моделирование. Эта методика позволяет исследовать свойства биомолекул там, где невозможно провести прямой эксперимент. Методика основана на компьютерных программах, которые позволяют визуализировать структуру биомолекул, задать их предполагаемые свойства и наблюдать реакции между молекулами.

- Основная масса ферментов была открыта биохимиками в середине XX века и к концу столетия распространилось убеждение, что все ферменты уже открыты.
- Оказалось, что традиционный химический анализ и очистка ферментов из биомассы позволяют получить лишь те белки, которые в живом веществе присутствуют в сравнительно большом количестве.
- Определение структуры генома человека выявило приблизительно столько же ранее неизвестных ферментов и их неизученных продуктов, сколько уже было известно к началу XXI века.

хроматография

- Хроматография [гр. *chrōmatos* – цвет + *graphō* – пишу] — *метод разделения, анализа и физико-химических исследований веществ и их смесей.*

Разделяемые вещества распределяются между двумя несмешивающимися фазами (в зависимости от их относительной растворимости в каждой фазе): подвижной и неподвижной. Неподвижная - твердая фаза или жидкость, связанная на инертном носителе; подвижная - газовая или жидкая фаза (элюент).

- С середины XX века и до наших дней хроматография интенсивно развивалась и стала одним из наиболее широко применяемых аналитических методов.

хроматография

- Существует множество разновидностей этого метода.
- *За создание метода распределительной хроматографии Дж. Мартину и Р. Сингу была присуждена Нобелевская премия по химии (1952г., открытие метода –1941г.).*

По агрегатному состоянию фаз

Газовая хроматография

Газо-жидкостная хроматография

Газо-твёрдофазная хроматография

Жидкостная хроматография

Жидкостно-жидкостная хроматография

Жидкостно-твёрдофазная хроматография

Жидкостно-гелевая хроматография

Сверхкритическая флюидная хроматография

По рабочему давлению

Хроматография низкого давления (FPLC)

Хроматография высокого давления (HPLC)

Хроматография ультравысокого давления (UHPLC)

По механизму взаимодействия

Распределительная хроматография

Ионообменная хроматография

Адсорбционная хроматография

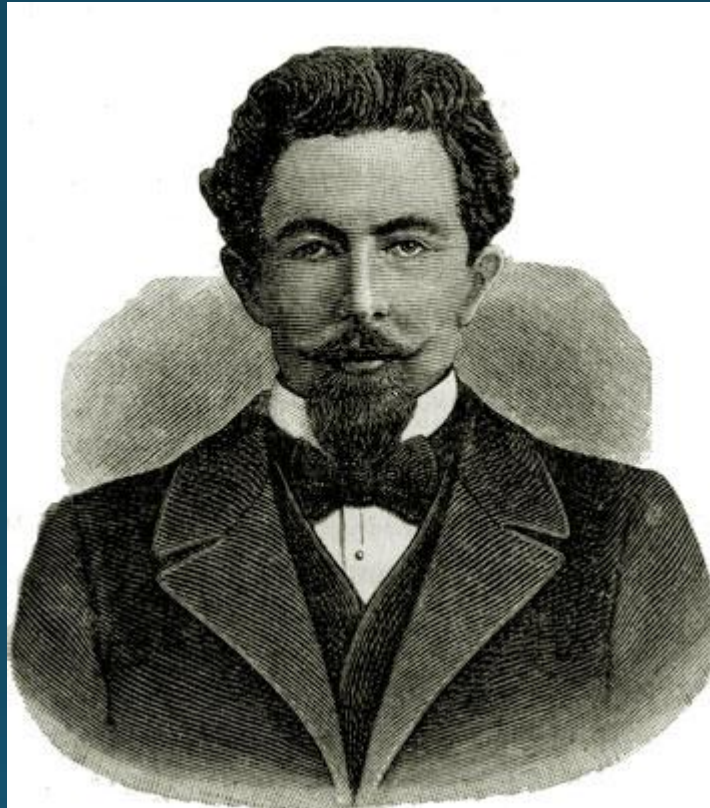
Эксклюзионная хроматография

Аффинная хроматография

Осадочная хроматография

Адсорбционно-комплексобразовательная хроматография





Михаил Семёнович
Цвет (1872-1919)

Замечательный русский ботаник Михаил Семёнович Цвет известен своими исследованиями хлорофилла. Изучая который он создал новый метод адсорбционного хроматографического анализа, открывшего широчайшие возможности для тонкого химического исследования (Варшава, 1910г.).

Метод осуществляет заветную мечту химиков - разделить смесь на компоненты для её анализа.

Он даёт возможность открыть искомое вещество в смеси многих родственных химических веществ там, где обычные химические методы оказываются совершенно бессильными.

В силу исторической случайности адсорбционный метод хроматографического анализа был в забвении почти 30 лет.

Лишь начиная примерно с 1931 г., метод М. С. Цвета стал находить всё более и более растущее применение во многих областях науки.

Сейчас этот метод признан по своему значению совершенно исключительным.

На основе его возникла обширная химия каротиноидов, развёртываются работы большой практической важности по исследованию пигментов жёлчи и порфиринов; исследуются физиологически важные пигменты - флавины и т. д.

Метод Цвета применяется при контроле продуктов и товаров. В будущем он найдёт ещё и другие важные применения.

хроматография

- По экспертным оценкам, хроматография относится к 20 выдающимся открытиям прошедшего столетия, которые в наибольшей степени преобразовали науку, а через нее определили уровень развития техники и промышленности, цивилизации в целом.
- Хотя по образованию и роду занятий Цвет был ботаником, результаты его открытия столь значимы для всех естественных наук, что Федерация европейских химических обществ, приводит имя Цвета, наряду с четырьмя другими русскими именами - Ломоносова, Менделеева, Бутлерова и Семенова, - в числе ста выдающихся химиков прошлого.

- **В конце своего 100-летия хроматография представляет собой:**
- самый распространенный и совершенный метод разделения смесей атомов, изотопов, молекул, всех типов изомерных молекул, включая и оптические изомеры, макромолекул (синтетических полимеров и биополимеров), ионов, устойчивых свободных радикалов, комплексов, ассоциатов, микрочастиц;
- уникальный метод качественного и количественного анализа сложных многокомпонентных смесей:
- самостоятельное научное направление и важный физико-химический метод исследования и измерения;
- препаративный и промышленный метод выделения веществ в чистом виде;
- мощную отрасль научного приборостроения.

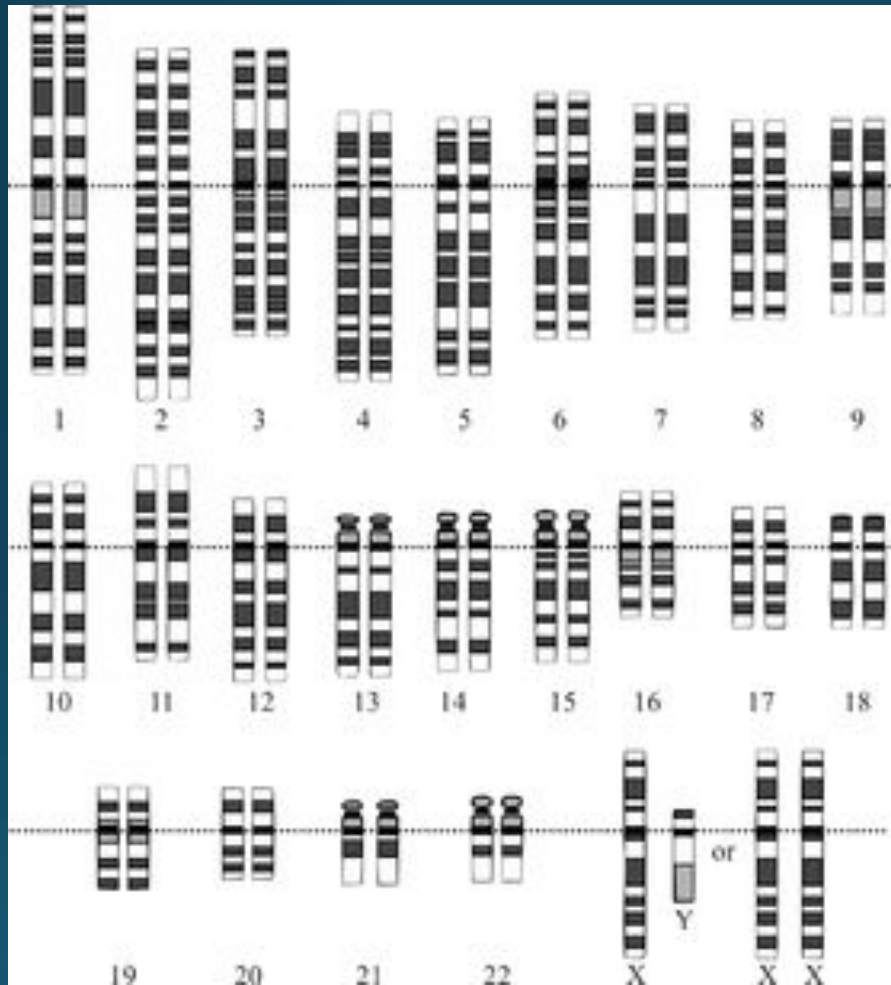
- Ни один аналитический метод не может конкурировать с хроматографией по универсальности применения и эффективности разделения самых сложных многокомпонентных смесей.
- *На современных газохроматографических капиллярных колонках в одном эксперименте могут быть разделены, количественно и качественно определены более 1000 белков или пептидов;*
- Только благодаря сочетанию разнообразных методов хроматографии и капиллярного электрофореза стала возможной расшифровка нуклеотидной последовательности ДНК и завершение работ по программе "Геном человека".

ГЕНОМ ЧЕЛОВЕКА

- **Геном человека** — совокупность наследственного материала, заключенного в клетке человека;
- Человеческий геном состоит из 23 пар хромосом, находящихся в ядре (а также митохондриальной ДНК):
 - - двадцать две пары аутосом;
 - - одна пару половых хромосом (XY или XX)
(вместе они содержат примерно 3,1 млрд пар оснований).

- В ходе выполнения проекта «Геном человека» (начат — в 1990г., закончен в 2000 -2003гг.) была определена последовательность расположения генов в ДНК всех хромосом и митохондриальной ДНК.
- В настоящее время эти данные активно используются по всему миру в биомедицинских исследованиях.
- Выявлено, что **человеческий геном содержит 20—25 тыс. активных генов**, что значительно меньше, чем ожидалось в начале проекта (порядка 100 тыс.) — то есть только 1,5 % всего генетического материала кодирует белки или функциональные РНК. Остальная часть является некодирующей ДНК, которую часто называют мусорной ДНК.

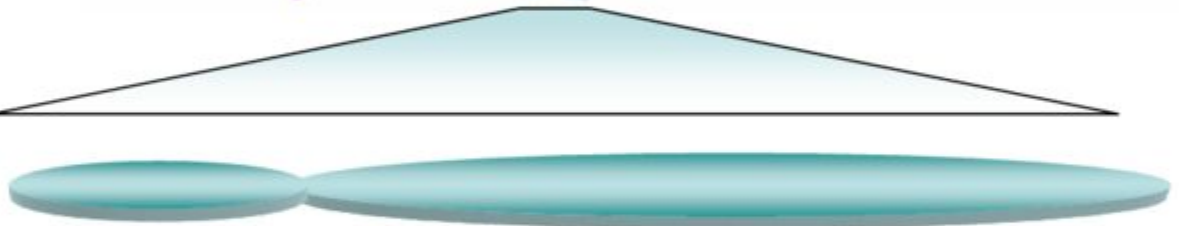
Графическое представление нормального человеческого кариотипа



Genome



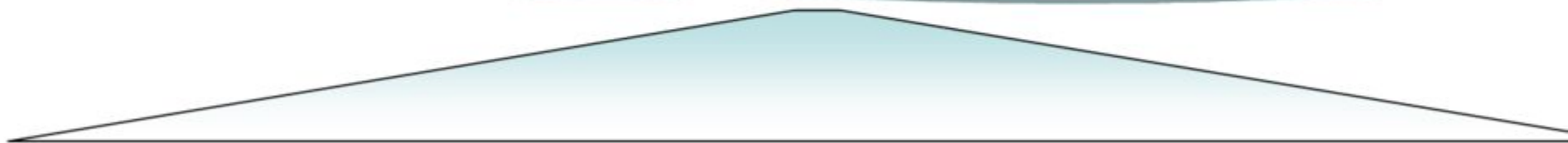
Chromosome



Gene

Intergenic region

Gene



4. Химический состав организмов

- Биохимия – химия живых объектов: клеток и организмов;
- Все живые объекты состоят из неживых молекул, которые подчиняются всем основным законам природы (законам сохранения масс и энергии, законам термодинамики и др.);

Отличительные признаки Живых объектов

- 1) способность к метаболизму - к обмену веществ и энергии с окружающей средой.
- 2) сложность, высокий уровень структурной организации живой материи. **Структурной единицей организма считается клетка.**
- 3) изменчивость (приспособляемость) – способность к самостоятельному реагированию на воздействие окружающей среды изменением химического состава и функции;
- 4) способность к точному самовоспроизведению (за счёт передачи наследственной информации).

4. Химический состав организмов

- **Обязательными структурными элементами** всех известных живых организмов **являются клетки.**
- Каждая клетка состоит из огромного числа атомов и молекул.
- Оказалось, что из 92 химических элементов встречающихся в естественном состоянии в природе, для поддержания жизни необходимо около 20 (24).

Химический состав организмов

- Их называют биологически значимыми элементами и делят на 2 группы:
 - **макроэлементы** (содержание в живых организмах составляет больше 0,01 %);
 - **микроэлементы** (содержание менее 0,01 %).

Макроэлементы

- составляют тела живых организмов;
- как правило, поступают в организм человека вместе с пищей;
- суточная доза их потребления составляет более 200 мг.;

- Четыре из них называют Биогенными
- их содержание в организме более 1%;
- из них построены
Белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты:
- Кислород — 65 %
- Углерод— 18 %
- Водород — 10 %
- Азот — 3 %

Другие макроэлементы

Доля в организме 0,1-1,0%:

- Калий
- Кальций
- Магний
- Натрий
- Сера
- Фосфор
- Хлор

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

- **Микроэлементами** называются элементы, содержание которых в организме мало (ниже 0,01%), но они участвуют в биохимических процессах и необходимы живым организмам;
- Суточная доза потребления для человека составляет **менее 200 мг.**
- Их более 30.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

- ◎ - Это микроэлементы: железо; цинк, марганец, медь, йод, бром, кобальт, молибден, фтор;
- - а также ультрамикроэлементы — кремний, селен, никель и хром.
- *В организме человека находят также ванадий, кадмий, золото, ртуть, литий и др.*
- *Их биологическая роль не ясна, возможно, их появление связано с загрязнением окружающей среды.*

Химический состав организмов

- Из основных биоэлементов наибольшее значение имеет **углерод**.
- Основные структуры живой материи состоят из углеродных каркасов.
- Характерной особенностью атома углерода является способность образовывать углеродные цепи любого размера и конфигурации.
- *Это обусловлено тем, что **три** из четырёх валентностей углерода могут участвовать в образовании **трёхмерного скелета**, а **четвёртая** - связывать ту или иную **функциональную группу**.*

Химический состав организмов

- **Вещества, образованные на основе углерода, называются органическими соединениями.**
- Органические соединения могут иметь огромное число **углеродных цепей** и **функциональных групп**, *причём отдельные части молекулы способны вращаться вокруг одинарных углеродных связей.*
- Они способны также образовывать **трёхмерную структуру**, играющую первостепенную роль в процессах жизнедеятельности.

5. Закономерности строения и метаболизма макромолекул

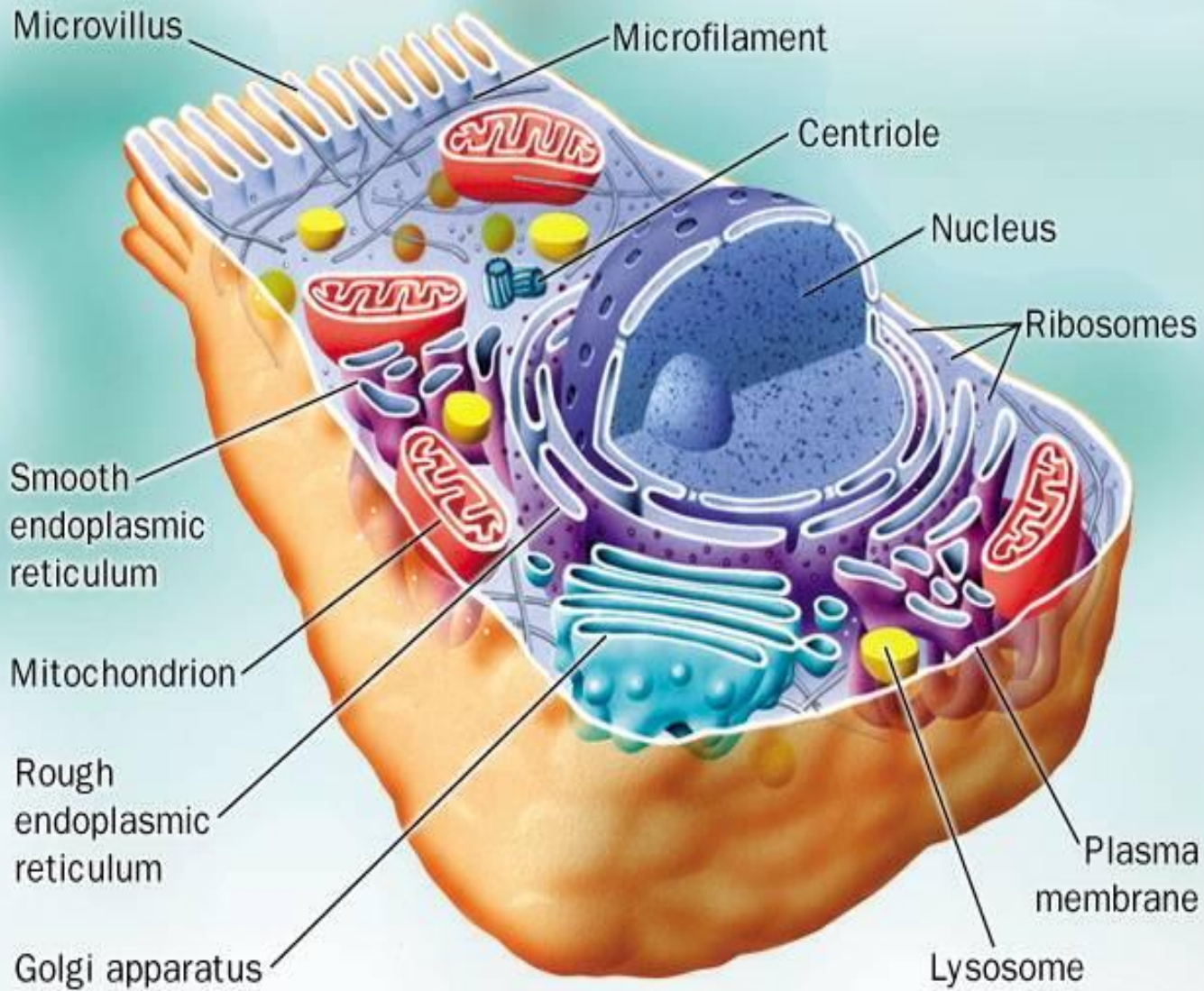
- Если все биологические вещества клетки расположить по сложности их строения – получатся уровни организации клетки:
 - первый уровень занимают низкомолекулярные вещества: вода, углекислый газ, молекулярные кислород и азот, неорганические ионы, ряд химических элементов;
 - на втором уровне - промежуточные химические соединения: аммиак, органические кислоты, рибоза и др.;

5. Закономерности строения и метаболизма макромолекул

- ◎ - в ходе жизнедеятельности клеток из соединений первого и второго уровня образуются биологические мономеры: аминокислоты, олигосахариды, ВЖК и др.;
- Мономеры – строительный материал для биополимеров – имеющих большую молекулярную массу и отличающихся огромным разнообразием;
- Биополимеры, соединяясь друг с другом, образуют сложные макромолекулы: нуклеопротеины, гликопротеины, липопротеины и др.

5. Закономерности строения и метаболизма макромолекул

- Промежуточное положение между биомономерами и полимерами занимают витамины и коферменты;
- Простые и сложные макромолекулы взаимодействуя между собой, создают надмолекулярные структуры: клеточные мембраны и хромосомы;
- Следующий уровень организации - клеточные органеллы: ядра, митохондрии, рибосомы и др.
- Система органелл образует клетку;
- Клетки образуют ткани и органы;
- Ткани и органы составляют целый организм.

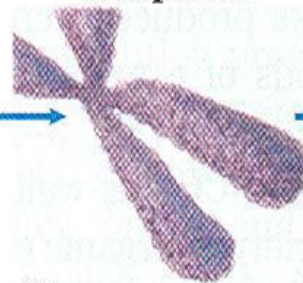


**Level 4:
The cell
and its organelles**

**Level 3:
Supramolecular
complexes**

**Level 2:
Macromolecules**

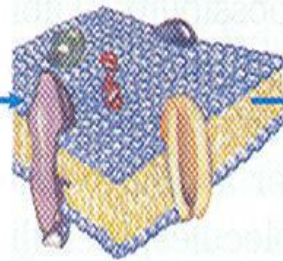
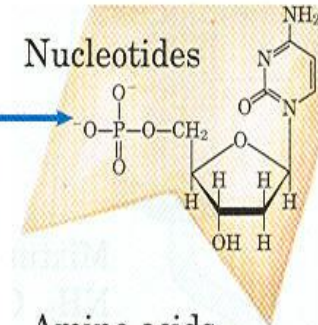
**Level 1:
Monomeric units**



Chromosome



DNA

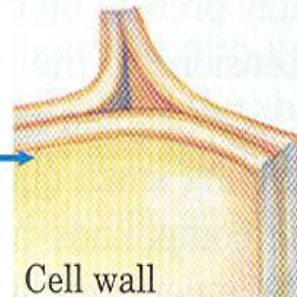
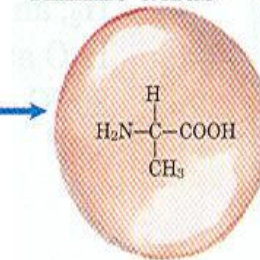


Plasma membrane

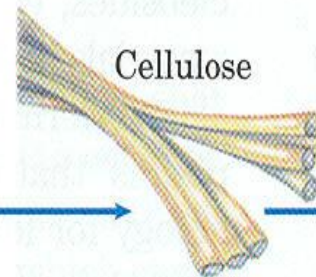


Protein

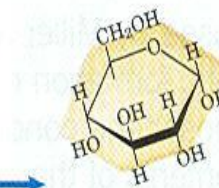
Amino acids



Cell wall



Cellulose



Sugars



6. Структура и функции воды

- Жизнь на планете Земля зародилась в водной среде;
- Ни один живой организм не может обходиться без воды;
- Содержание воды в организме человека зависит от возраста: около 85% массы тела - при рождении; 60-65% - у взрослого человека; около 50% - у стариков;
- В составе костей - всего 22% воды, в мозге - 75%, в мышцах - тоже 75% (в них находится около половины всей воды тела), кровь состоит из воды на 92, моча – 83%, слюна - 99%, пот – 97-99% воды.

Структура и функции воды

- Внутриклеточная вода ($\frac{2}{3}$ общего кол-ва воды в организме) находится в составе протоплазмы. Ее называют структурируемой, она обладает высокой биологической активностью и обеспечивает устойчивость организма к воздействию агрессивных факторов окружающей среды;
- В ней находятся калий, анионы фосфатных эфиров и белки.
- Внеклеточная вода ($\frac{1}{3}$) включает межклеточную жидкость - 20%, воду плазмы крови - 8%, воду лимфы - 2%;
- В ней много ионов натрия, хлориды и бикарбонаты

Структура и функции воды

- Необходимое содержание воды в организме человека (минимальная суточная потребность – 1,5 литра, обычная 2-2,5 литра) поддерживается в норм. условиях за счет:
 - 1.- около 90% за счет поступления извне:
 - с напитками – 60%;
 - с едой -30%.
 2. - около 10% (300-400 мл) - образуется в процессе распада веществ в организме – метаболическая вода.

Структура и функции воды

При полном окислении:

- 100г жиров – образуется 107 г воды;
- 100г углеводов – 56 г воды;
- 100г белков – 41 г воды.

Нарушение водного баланса в клетках приводит к патологическим состояниям вплоть до их гибели.

Структура и функции воды

- ⦿ Процесс обновления воды в организме происходит с большой скоростью: так, в плазме крови за 1 минуту обновляется 70% воды.
- ⦿ Вся вода организма обновляется примерно за 4 недели.
- ⦿ В обмене воды участвуют все ткани организма, но больше всего:
 - почки;
 - кожа;
 - лёгкие;
 - желудочно-кишечный тракт.

Структура и функции воды

- Выделение воды в сутки (в норм. условиях):
 - - с мочой — 60% (1-1,5 литра);
 - - через кожу и легкие — 28% (прямое испарение через кожу - 200-300 мл воды в день, с выдыхаемым воздухом — до 400 мл);
вдыхаемый воздух содержит 1,5% воды, тогда как выдыхаемый - около 6%.
 - с потом — 6% потеря воды (около 150 мл/сутки);
 - с калом — 6% (50-200 мл).

- Количество пота в большей степени зависит от условий окружающей среды и характера физической нагрузки.
- Может достигать (марафон) 6-10 литров в сутки!!
- После большой физической нагрузки водный баланс нормализуется через 48-72 часа.
- Для уменьшения жажды и снижения потери воды нужно добавлять на 1 литр питьевой воды 1 г поваренной соли.

Структура и функции воды

- Активную роль в регуляции водно-солевого обмена играет ЖКТ, в который непрерывно выделяются пищеварительные соки.
- Их общее количество может достигать 8 литров в сутки.
- Большая часть этих соков всасывается вновь и из организма выделяется с калом не более 4%;
- К органам, участвующим в регуляции водно-солевого обмена, относится и печень, способная задерживать большое количество жидкости.

Структура и функции воды

- В результате интенсивной физической нагрузки в организме спортсменов происходят одновременно два процесса: образование тепла и отдача его:
 - - путём излучения в окружающую среду;
 - - путём испарения пота с поверхности тела;
 - - за счет нагревания вдыхаемого воздуха.
- При потоотделении и испарении 1 литра пота организм отдаёт 600 ккал. В результате регулируется температура тела;
- Вместе с потом выделяются минеральные соли (от этого пот солёный на вкус).
- Поэтому во время мышечной работы требуется повышенное потребление жидкости в виде специальных напитков.

Структура и функции воды

- При потере жидкости у человека, особенно спортсмена, появляются определенные симптомы:
 - - потеря 1% воды вызывает чувство жажды;
 - - 2% - снижение выносливости;
 - - 3% - снижение силы;
 - - 5% - снижение слюно- и мочео-отделения, учащенный пульс, апатию, мышечную слабость, тошноту.
- Без воды человек может жить примерно 3-е суток;

Структура и функции воды

- Вода, имея простой химический состав и строение, обладает уникальными физико-химическими и биологическими свойствами;
- Молекула воды — H_2O — полярное соединение. В ней атом кислорода притягивает спаренные электроны от атомов водорода, приобретая частичный отрицательный заряд, а атомы водорода приобретают частично + заряды.

Структура и функции воды

- Молекулы воды обладают способностью объединяться в структурные агрегаты за счет образования водородных связей между разноименно заряженными атомами (кислородом и атомами водорода);
- Такая структура воды обуславливает ее уникальные физико-химические свойства.
- Все биохимические процессы в организме протекают в водной среде;

Структура и функции воды

- Вещества в растворе имеют водную оболочку, которая образуется при взаимодействии полярных молекул воды и с заряженными группами макромолекул или ионов;
- Чем больше такая оболочка, тем лучше растворимо вещество;
- По отношению к воде молекулы или части макромолекул делят на гидрофильные и гидрофобные (водорастворимые и водонерастворимые);

Структура и функции воды

• Гидрофильные:

- - все органические и неорганические соединения, образующие ионы;
- - биологические мономеры и биополимеры, имеющие полярные группы;

Гидрофобные:

- соединения, молекулы которых содержат неполярные группы или цепи: триглицериды, стероиды и др.;

Молекулы некоторые соединений имеют и гидрофильные и гидрофобные группы: жирные кислоты, фосфолипиды и др.

Структура и функции воды

- Таким образом молекулы воды способны взаимодействовать не только между собой, но и с полярными молекулами органических и неорганических веществ в организме.
 - Биологические функции воды
 - - отличный растворитель;
 - - регулирует тепловой баланс организма — *ее теплоемкость значительно превышает теплоемкость любого биологического вещества (долго сохраняет тепло и может переносить его на расстояние);*

Структура и функции воды

- вода способствует сохранению внутриклеточного давления и формы клеток (тургор клеток и тканей);
- в некоторых биохимических процессах выступает в качестве субстрата.

7. Свойства и биологические функции неорганических ионов

- Неорганические (минеральные) вещества находятся в клетках в виде ионов: катионов — с «+» и анионов — с «-» зарядом;
- Основные катионы в клетках и межклеточной жидкости: Na; K; Ca; Mg; Zn; Fe;
- Среди анионов преобладают PO_3 ; Cl; SO_4 ; HCO_3 .
- Концентрация основных катионов и анионов в межклеточной жидкости и в плазме крови почти не отличается.

7. Свойства и биологические функции неорганических ионов

- Na^+ - основной катион во внеклеточной среде, из анионов преобладает хлор;
- K^+ - в основном находится внутри клеток, а из анионов - HCO_3^- .
- Суммы положительных зарядов катионов и отрицательных – анионов в организме должны быть равны (закон электронейтральности).
- Недостаток отрицательных зарядов компенсируют анионы органических кислот и белков.

Свойства и биологические функции неорганических ионов

- Неорганические ионы выполняют в клетках многочисленные биологические функции.

Функции катионов

- транспортная – участвуют в переносе электронов и молекул простых веществ;
- структурообразующая – катионы металлов участвуют в образовании структур макромолекул и надмолекулярных комплексов;
- регуляторная – регулируют активность ферментов;
- осмотическая – регулируют осмотическое давление;

Свойства и биологические функции неорганических ионов

- биоэлектрическая – связана с возникновением разности потенциалов на клеточных мембранах;

Биологические функции анионов

- энергетическая – участвуют в образовании молекулы АТФ – главного энергоносителя организма;
- опорная – анион фосфора и катион кальция входят в состав гидроксиапатита и фосфата костей, обеспечивая им прочность;
- синтетическая – используются для синтеза биологически активных соединений (йод).