

# **ХИМИЯ**

**Учебник**

**Часть 1**

**11**

**Естественно-математическое  
направление**

**Глава I**  
СОЕДИНЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА

**Глава II**  
ЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

**Глава III**  
КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**Глава IV**  
АМИНЫ И АМИНОКИСЛОТЫ

**Глава V**  
ХИМИЯ ЖИВОГО

**Глава VI**  
СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ

**Глава VII**  
ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ

**Глава VIII**  
ЭЛЕМЕНТЫ 14 (IVA) ГРУППЫ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

### Дорогие ребята!

Этот учебный год вы начинаете с увлекательно-го путешествия в удивительный мир органических веществ. В первой главе вы узнаете, почему бензол и его производные называются ароматическими. В главе “Карбонильные соединения”, узнаете, чем обоняются муравьи, что находится в щавеле, какие из кислот находятся в жирах. Узнаете, чем обусловлен приятный аромат цветов, плодов и ягод. Вас наверняка заинтересует то, как получают духи и мыло. Более того, мы подскажем вам, как их получить в нашей замечательной рубрике — Домашний эксперимент.

В главе “Амины и аминокислоты” вы узнаете биологическую роль аминокислот, какими огромными бывают молекулы белков и можно ли их синтезировать. Узнаете тайну, почему передаются наследственные признаки от наших родителей.

Большое внимание уделено миру полимеров. Найдете сходство и различие в молекулах крахмала и целлюлозы. Поймете генетическую связь между классами органических соединений, а также познакомитесь с химией комплексных соединений, биологической ролью переходных металлов. Узнаете способы получения новых веществ и материалов и поймете 12 принципов “зеленой химии”.

Путеводителем по учебнику будут служить специальные знаки, знакомые вам с 7-го класса, внимательно рассмотрите условные обозначения, расположенные на обороте титула и вспомните, что они означают.

В учебнике, как и в предыдущие годы, особое внимание уделено рубрике “Знаешь ли ты?”, а также рубрикам “Домашний эксперимент”, “Умей применить свои знания по химии”, и вы сможете не только узнать массу нового и интересного из мира химии, но и правильно применять их в жизни.

Мы надеемся, что ваша дружба с химией только окрепнет, возможно вы предложите новые идеи будущих разработок видов топлива и материалов для нужд человечества. Внесете свой вклад в развитие химической науки. Учебник сопровождается методическим руководством для учителей и сборником задач и упражнений для учащихся.

Желаем Вам успехов!

Авторы

### Условные обозначения:



— Вопросы и упражнения



— Задачи



— Повышенный уровень



— Дополнительный материал



— Домашний эксперимент



— Запомни!



— Это интересно!



— Самое важное



— топ-10



— Подумай!

# СОЕДИНЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА



## §1. СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ БЕНЗОЛА

Ароматические углеводороды — это соединения, содержащие в молекуле одно или несколько бензольных ядер. Родоначальником класса ароматических углеводородов является бензол  $C_6H_6$ . Общая формула гомологического ряда бензола  $C_nH_{2n-6}$  ( $n > 6$ ).

В зависимости от количества бензольных колец, содержащихся в молекулах ароматических углеводородов, различают *одноядерные* и *полиядерные* (многоядерные).

### Сегодня на уроке:

- изучим строение бензола.

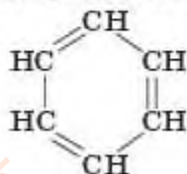
### Ключевые понятия

- бензол
- строение

Схема 1



**Строение молекулы бензола.** В. 1825 г. М. Фарадей установил молекулярную формулу бензола, который был выделен из конденсата светильного газа. Первую структурную формулу бензола предложил немецкий ученый А. Кекуле (1865 г).



Он представил формулу бензола в виде правильного

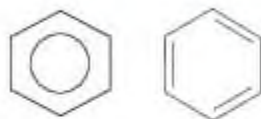
шестиугольника с чередующимися простыми и двойными связями, в





### Фридрих Август Кекуле (1829—1896)

Немецкий химик. Одновременно с Г. Кольбе развил представление о четырехвалентности углерода (1857). Доказал циклическое строение бензола (1865), применил к ароматическим соединениям теорию строения Бутлерова. Создал теорию ароматических соединений. Был одним из организаторов I Международного конгресса химиков в г. Карлсруэ.



котором каждый углеродный атом связан с водородным атомом или сокращенно, т. е. атомы углерода и водорода не указываются. В настоящее время формулу бензола изображают в виде шестиугольника с вписанной в него окружностью или используют формулу, предложенную А. Кекуле.

Однако при действии на бензол бромной воды или раствора перманганата калия обесцвечивания не происходит, следовательно, в его молекуле нет двойных связей. Эта формула не полностью отражает строение бензола.

Согласно квантово-механической теории химических связей, все шесть атомов углерода в молекуле бензола находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации. Каждый атом углерода образует три  $\sigma$ -связи, которые находятся в одной плоскости под углом  $120^\circ$ . Каждое из шести негибридизированных  $p$ -электронных облаков атомов углерода располагается перпендикулярно плоскости  $\sigma$ -связи, образуя единое  $\pi$ -электронное облако.

Электронная плотность в  $\pi$ -электронном облаке распределена равномерно (рис. 1). Все связи между атомами углерода в бензоле равноценны между собой, длина их составляет 0,140 нм. Получается, что найденное

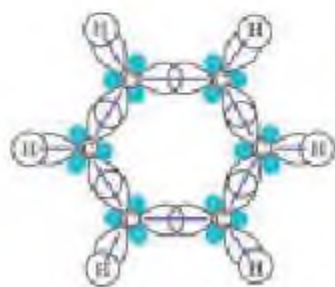
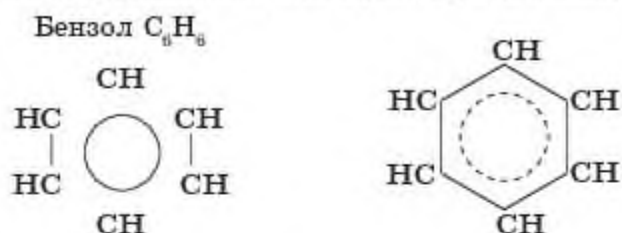


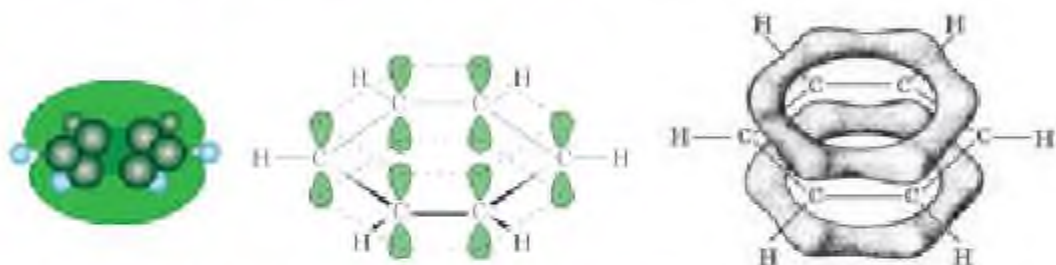
Рис. 1. Схема образования  $\sigma$ -связей в молекуле бензола

расстояние в бензоле не соответствует ни одинарной (0,154 нм), ни двойной связи (0,134 нм)! Это расстояние соответствует *полуторной* связи. Следовательно, в молекуле бензола нет чередующихся одинарных и двойных связей, а есть особая связь — полуторная, т.е. промежуточная между одинарной и двойной связями, поэтому в молекуле все связи равноценны и находятся на одинаковом расстоянии. Так, в молекуле бензола образуется химическая связь, которая носит название *ароматической связи*. Всего в молекуле бензола 12  $\sigma$ -связей.

Чтобы показать равномерное распределение  $\pi$ -электронного облака в молекуле бензола, ее правильнее изображать в виде шестиугольника с вписанной в нее окружностью или пунктирной линией:



В результате взаимного перекрывания облаков негибридных  $2p$ -электронов шести атомов углерода образуется единая  $\pi$ -электронное облако сосредоточенное над и под плоскостью кольца (рис. 2)



а)  $\pi$ -электронное облако в молекуле бензола

б) схема делокализации  $\pi$ -электронов

Рис. 2. Электронное строение молекулы бензола

Модели молекулы бензола представлены на рисунке 3.

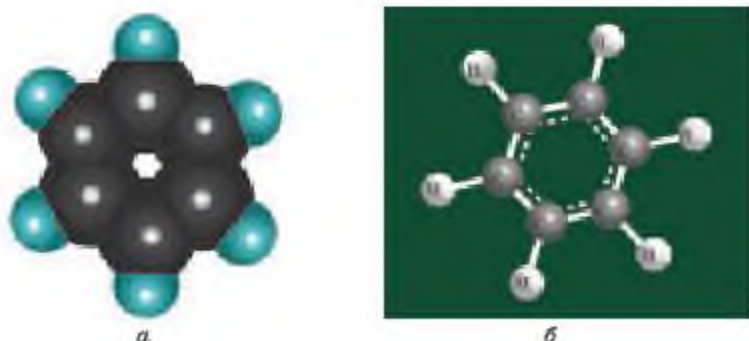


Рис. 3. а) объемная модель молекулы бензола; б) шаростержневая модель бензола

*Ароматические углеводороды* — это соединения, содержащие в молекуле одно или несколько бензольных ядер. Родоначальником класса ароматических углеводородов является бензол  $C_6H_6$ . Общая формула гомологического ряда бензола  $C_nH_{2n-6}$  ( $n > 6$ ).





В молекуле бензола образуется химическая связь, которая носит название *ароматической связи*. Всего в молекуле бензола 12  $\sigma$ -связей.



1. Какие органические вещества называются ароматическими?
  2. Из предложенного ряда веществ выпишите формулы ароматических углеводородов:  $C_7H_{14}$ ;  $C_9H_{20}$ ;  $C_7H_8$ ;  $C_9H_{18}$ ;  $C_8H_{10}$ ;  $C_{10}H_{14}$ ;  $C_{10}H_{22}$ .
  3. На основе современных представлений об электронных орбиталях и их перекрывании поясните, как образуются химические связи в молекуле бензола.
  4. Число связей в молекуле бензола равно: 1) 6; 2) 10; 3) 16; 4) 12
- 
1. Определите массовые доли элементов в составе бензола.
  2. Относительная плотность паров органического вещества по воздуху равна 2,69. При сгорании 19,5 г этого вещества образуется 66 г углекислого газа и 13,5 г воды. Выведите молекулярную формулу органического вещества.

## § 2. ПОЛУЧЕНИЕ БЕНЗОЛА И ЕГО ГОМОЛОГОВ

### Сегодня на уроке:

- изучим получение бензола и его гомологов.

### Ключевые понятия

- бензол
- гомологи бензола
- номенклатура
- изомерия
- получение

### Номенклатура и изомерия гомологов бензола.

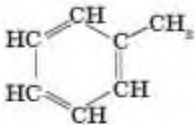
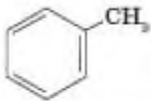
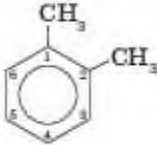
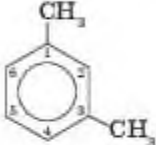
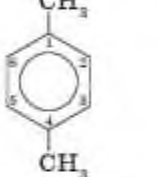
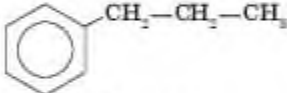
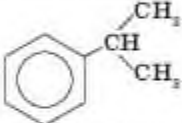
*Ароматические углеводороды* — производные ряда бензола — можно рассматривать как продукт замещения атомов водорода в молекуле бензола на одновалентные радикалы. Названия составляют из названий радикалов боковых цепей с добавлением окончания — *бензол*. Ближайшим гомологом бензола является метилбензол (толуол). Для названия некоторых хорошо известных гомологов бензола используют тривиальные названия, например, толуол, кумол и т. д. Если с бензольным кольцом связано несколько заместителей, то их не

только называют, но и указывают относительное расположение. Для дизамещенных аренов обычно используют приставки *орто-(o-)*, *мета-(m-)* и *пара-(p-)* (табл. 1):

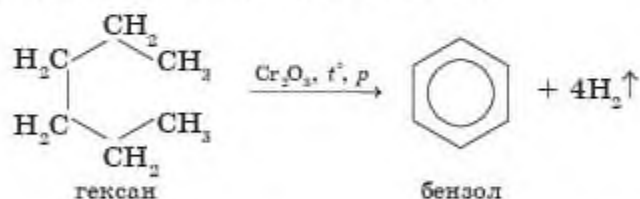
**Изомерия.** Для аренов характерна изомерия заместителей, а также характерна изомерия положения заместителей. Изомерия гомологов бензола начинается с этилбензола. Например, соединение  $C_8H_{10}$  может существовать в четырех изомерных формах: этилбензол  $C_6H_5C_2H_5$ , и три диметилбензола или ксилола (орто-, мета- и пара-ксилолы). Простейшие одновалентные арильные радикалы имеют общую формулу:  $C_6H_5$ . Группа  $C_6H_5$  — называют фенил-радикалом, а группу  $C_6H_5-CH_2$  — бензил-радикалом.

**Получение.** Важнейшими источниками ароматических углеводородов являются каменноугольная смола и газы, образующиеся при коксовании углей и перегонке нефти.

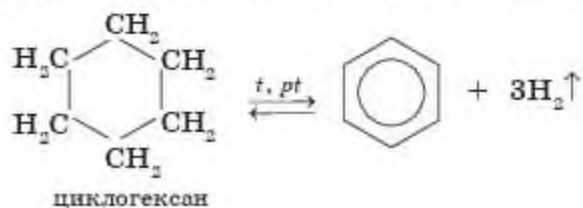
## Гомологи бензола

Формула арена	Название			
$C_7H_8$	Метилбензол или толуол $C_6H_5CH_3$			
	 или 			
$C_8H_{10}$	1,2-диметилбензол	1,3-диметилбензол	1,4-диметилбензол	
	 <i>орто</i> -ксилол ( <i>о</i> -ксилол)	 <i>мета</i> -ксилол ( <i>м</i> -ксилол)	 <i>пара</i> -ксилол ( <i>п</i> -ксилол)	
$C_8H_{12}$	 <i>н</i> -пропилбензол	 изопропилбензол (кумол)		

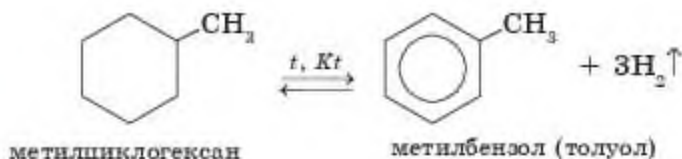
**1. Ароматизация алканов.** Предельные углеводороды, входящие в состав нефти, при пропускании над нагретым катализатором отщепляют водород и замыкаются в цикл. Этот процесс называется *ароматизацией*. При ароматизации гексана образуется бензол



**2. Дегидрирование циклогексана и его производных.** Русский ученый Н. Д. Зелинский доказал, что бензол можно получить из циклогексана, выделяемого из некоторых сортов нефти:

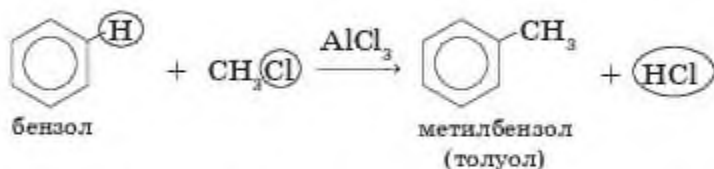




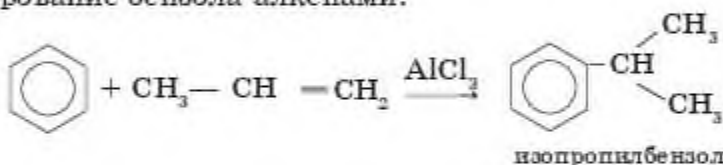


Поскольку в нефти содержится также производное циклогексана — метилциклогексан, то из него при этих же условиях образуется метилбензол.

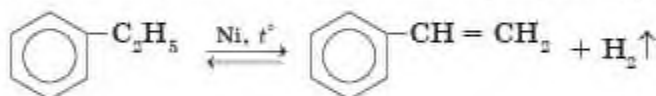
3. Алкилирование бензола галогеналканами в присутствии катализатора  $\text{AlCl}_3$  (Реакция Фриделя – Крафтса) получают производные бензола:



Алкилирование бензола алкенами:



4. При дегидрировании этилбензола образуется производное бензола с непредельной боковой цепью — винилбензол (стирол)  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH} = \text{CH}_2$



Важнейшими источниками ароматических углеводородов являются каменноугольная смола и газы, образующиеся при коксовании углей и перегонке нефти.



- Постройте структурные формулы следующих гомологов бензола: а) 1,2,3-триэтилбензол; б) 1,4-диэтилбензол; в) 1,2-диметил-4-этилбензол; г) *o*-метилэтилбензол; д) *n*-дипропилбензол.
- Какие изомеры может иметь углеводород состава  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ ? Изобразите и назовите их структурные формулы.
- Составьте и назовите структурные формулы всех изомеров ряда бензола состава: а)  $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ; б)  $\text{C}_9\text{H}_{12}$ .
- Получите метилбензол тремя различными способами.
- Осуществите следующие превращения: а) метан → ацетилен → бензол → этилбензол;

- б) гексан → циклогексан → бензол;  
 в) карбид алюминия → метан → ацетилен → бензол → толуол.

1. При тримеризации ацетилена получен бензол массой 390 г с практическим выходом 80% от теоретически возможного. Определите объем ацетилена (н. у.), вступившего в реакцию.
2. Определите, в каком случае выделится больше массы бензола, если взять по 100 г гексана и ацетилена. Подтвердите ответ расчетом.
3. Выведите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет 90,0%, а плотность его паров по воздуху — 4,13. Составьте несколько структурных формул его изомеров.

Ответ: 420 л.

Ответ:  $C_6H_{12}$

### Знаешь ли ты?

Название бензолу дал немецкий ученый Либих.

## § 3. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕНЗОЛА И ЕГО ГОМОЛОГОВ

**Физические свойства.** Бензол и его гомологи обычно жидкие вещества, имеющие своеобразный запах, нерастворимые в воде, но хорошо растворимые во многих органических соединениях. Огнеопасны. Температура кипения ароматических углеводородов закономерно повышается с увеличением их относительных молекулярных масс (табл. 2).

В больших дозах бензол и толуол вызывают тошноту и головокружение, а в некоторых тяжелых случаях отравление может повлечь смертельный исход. Пары бензола и толуола могут проникать через неповрежденную кожу. Хроническое отравление бензолом и толуолом может стать причиной лейкемии и анемии.

### Сегодня на уроке:

- изучим свойства аренов и их применение

### Ключевые понятия

- арены
- физические свойства
- химические свойства
- применение

Таблица 2

Физические свойства ароматических углеводородов

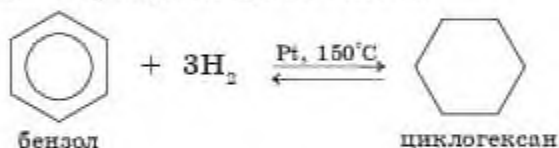
Название	Формула	$t_{\text{пл.}}^{\circ}, \text{C}$	$t_{\text{кип.}}^{\circ}, \text{C}$
1	2	3	4
Бензол	$C_6H_6$	5,5	80,1
Толуол	$C_6H_5CH_3$	-95	110,6
Этилбензол	$C_6H_5C_2H_5$	-94,9	136,2

1	2	3	4
Ксилол (диметилбензол)	$C_8H_{10}(CH_3)_2$		
о-ксилол		-25,2	144,4
м-ксилол		-47,8	139,1
п-ксилол		13,2	138,3

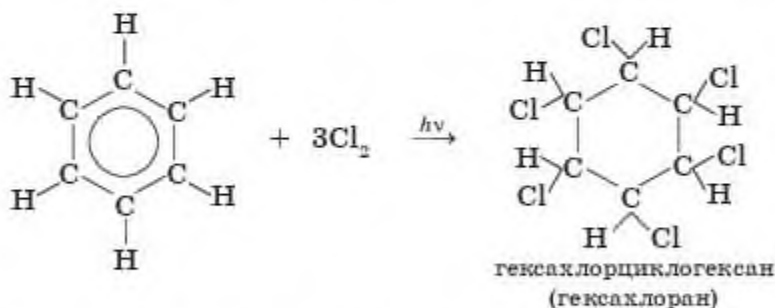
**Химические свойства.** Бензол и его гомологи могут вступать в реакции замещения, присоединения и окисления. Все арены, кроме бензола, окисляются сильными окислителями. Рассмотрим основные химические реакции бензола и его гомологов.

**1. Реакции присоединения.** Эти реакции не характерны для ароматических углеводородов, так как бензольное кольцо и  $\pi$ -электронная система очень прочны, поэтому такие реакции происходят в присутствии катализатора, при нагревании или УФ-облучении.

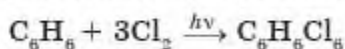
а) *Гидрирование.* В присутствии Ni-, Pt-, Pd-катализаторов, при высоком давлении и при нагревании бензол присоединяет водород, в результате реакции образуется циклогексан:



б) *Галогенирование.* Реакция идет при освещении ультрафиолетовым светом:



или уравнение реакции можно представить:



Гексахлоран применяется в сельском хозяйстве как ядохимикат.

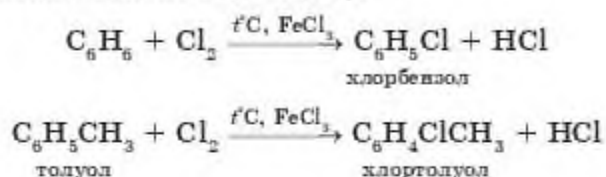
Галогеноводороды и вода к ароматическим углеводородам не присоединяются.

**2. Реакции замещения.** Бензол и его гомологи вступают в реакции замещения легче, чем алканы. Они могут реагировать с галогенами,

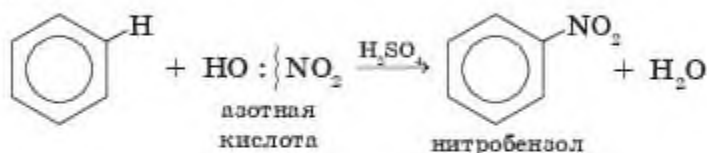


азотной кислотой и другими веществами. Рассмотрим некоторые из этих реакций.

а) *Галогенирование*. Реакции замещения аренов галогенами протекают в присутствии солей железа (III):

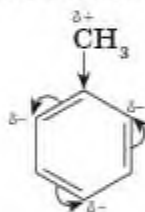


б) *Нитрование*. Реакция нитрования бензола и его гомологов идет в присутствии нитрующей смеси (смесь концентрированных серной и азотной кислот):

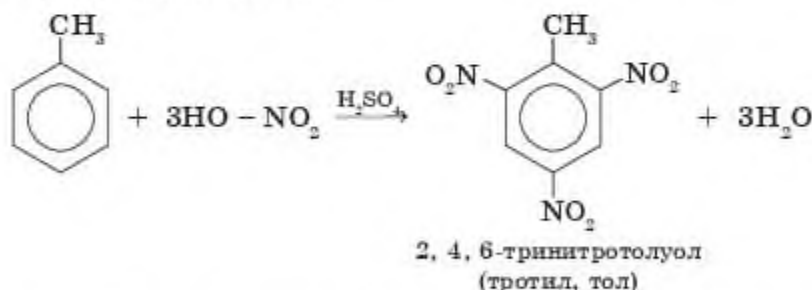


В результате образуется нитробензол.

Гомологи бензола, вследствие взаимного влияния атомов в бензольном кольце, реагируют с азотной кислотой иначе:



Замещение происходит в трех положениях бензольного кольца: 2, 4, 6 (орто-, пара-положениях):



Вследствие такой реакции образуется сильно взрывчатое вещество тротил, который применяют для взрывных работ (при прокладке туннелей, шахт, метро и т. д.).

**3. Реакции окисления.** Бензол очень устойчив к действию окислителей, и обычные окислители на бензол не действуют. А гомологи



бензола, например, толуол, легко обесцвечивают раствор перманганата калия, образуя бензойную кислоту (рис. 4):

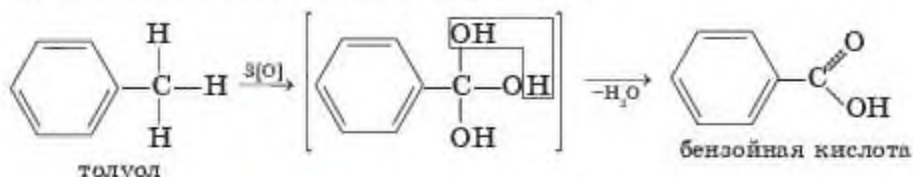
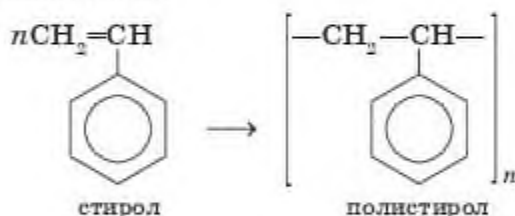


Рис 4. Бензойная кислота

Бензойная кислота (консервант Е-210) — природный консервант, содержащийся в клюкве и бруснике. Используется при изготовлении напитков, плодово-ягодной продукции, рыбопродуктов.

Среди ароматических углеводородов есть разновидности таких веществ, в которых есть радикалы, содержащие кратные связи. Таким веществом является, например, винилбензол (полистирол) (рис. 5):

Этот углеводород обладает и свойствами гомологов бензола, но проявляет и свойства непредельных углеводородов. Винилбензол обесцвечивает бромную воду, реагирует с галогеноводородами и т. д. Но самым важным свойством стирола является реакция полимеризации, в результате которой получается полимер-полистирол:



Из полистирола изготавливают разнообразную продукцию.

**Применение.** Бензол является исходным веществом для синтеза огромного числа органических соединений, играющих важную роль в



Рис. 5. Полистирол (гранулы)



**Рис. 6.** Применение бензола и его гомологов

Для получения: 1 — средств для борьбы с вредными насекомыми и болезнями растений;  
 2, 7 — бутадиен-стирольного каучука; 3 — пластмасс; 4, 8 — синтетических волокон;  
 5 — взрывчатых веществ; 6 — в качестве растворителей

нашей жизни: медикаментов, красителей, средств защиты растений, пластмасс и синтетических волокон и др. (рис. 6). Он является также хорошим растворителем для многих органических веществ.



Бензол и его гомологи могут вступать в реакции присоединения, замещения и окисления. В присутствии катализаторов, при высоком давлении и при нагревании бензол присоединяет водород. Бензол и его гомологи легче вступают в реакции замещения, чем алканы. Они могут реагировать с галогенами, азотной кислотой и другими веществами. Все арены, кроме бензола, окисляются сильными окислителями.

1. Какие физические свойства характерны для аренов?
2. В какие реакции вступают бензол и его гомологи?
3. Напишите уравнения бромирования бензола на свету и при участии катализатора. Назовите продукты реакций.





- 4\*. С какими из перечисленных веществ реагирует бензол:  
а) водород, бром, вода, азот, азотная кислота, бромная вода;  
б) кислород, хлор, соляная кислота, хлорэтан, сера.
- 5\*. Осуществите следующие превращения:  
а) метан → ацетилен → бензол → бромбензол;  
б) карбид кальция → ацетилен → бензол → нитробензол;  
в) бензол → циклогексан → бензол → толуол → 2,4,6-тринитротолуол;  
г) гексан → циклогексан → бензол → толуол → бензойная кислота.
- 6\*. Составьте уравнения реакций, с помощью которых в несколько стадий можно осуществить синтезы:  
а) бензола из метана;  
б) толуола из этана;  
в) гексахлорана из карбида кальция.
- 7\*. Осуществить превращения, определив неизвестные вещества:  
а)  $\text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ\text{C}} \text{A} \xrightarrow{+\text{HBr}} \text{B} \xrightarrow{+\text{H}_2, -\text{H}_2} \text{D} \xrightarrow{\text{Cl}_2} \text{E}$   
б)  $\text{C}_6\text{H}_6 \xrightarrow[\text{AlCl}_3]{\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}} \text{A} \xrightarrow{\text{Cl}_2/\text{hv}} \text{B} \xrightarrow[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]{\text{KOH}} \text{C}$
8. Напишите уравнения реакций присоединения винилбензола:  
а) с водородом; б) с хлором; в) с хлороводородом; г) с водой.

- 1\*. При взаимодействии 8,86 мл бензола (пл. 0,88 г/мл) с 24 г брома был получен бромбензол массой 14,13 г. Определите выход бромбензола.

Ответ: 90%.

- 2. При сжигании 3,9 г ароматического углеводорода образовалось 13,2 г  $\text{CO}_2$  и 2,7 г  $\text{H}_2\text{O}$ . Определите структурную формулу этого арена.

- 3. Какую массу нитробензола можно получить из 30 г раствора азотной кислоты с массовой долей 90% и бензола, который был получен из 13,44 л ацетилена (н. у.)?

Ответ: 24,6 г.

- 4\*. Какая масса нитробензола получится при взаимодействии 200 г раствора азотной кислоты с массовой долей 80% и 133 мл бензола (пл. 0,88 г/мл), если выход нитробензола составляет 90%?

Ответ: 166,05 г.

- 5\*. Какой объем раствора гидроксида натрия (пл. 1,1 г/мл) с массовой долей гидроксида 10% потребуется для поглощения газа, выделившегося при получении бромбензола из 31,2 г бензола?

Ответ: 145,4 мл.

### Знаешь ли ты?

Бензойная кислота (E-210) проявляет антимикробное и антигрибковое действие, оказывает угнетающее воздействие на плесень, дрожжи и некоторые виды бактерий, также бензойная кислота обладает канцерогенным эффектом, вызывает аллергические реакции.

По рекомендациям ВОЗ предельно допустимое потребление консерванта E-210 человеком не должно превышать 5 мл/кг. Превышающие это значения концентрации добавки E-210 отрицательно влияют в первую очередь на печень и почки.

В медицине бензойную кислоту применяют в качестве противомикробного и противогрибкового средства, например, при потливости ног, для лечения грибковых заболеваний кожи, таких как опоясывающий и стригущий лишай.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**  
**Составление модели молекулы бензола**

**Лабораторное оборудование:** набор для построения шаростержневых моделей молекул органических соединений.

**Ход работы:** Напишите структурную формулу бензола. Возьмите из набора 6 шариков черного цвета, которые будут символизировать атомы углерода, необходимое число шариков белого цвета, которые будут символизировать атомы водорода. Химическая связь изображается металлическими стержнями.

При помощи стержней атомы углерода и водорода соедините между собой в цикл согласно структурной формуле бензола.





### Раздел 1. Соединения ароматического ряда

Молекула бензола,  $C_6H_6$ , имеет циклическое строение, гексагональное строение, ароматическую связь.

Арены имеют общую формулу  $C_nH_{2n-6}$ , молекулы данных веществ очень прочны за счет нелокализованной  $\pi$ -связи, прочного бензольного кольца.

Механизм реакций замещения для аренов электрофильный, атомы водорода в ходе такой реакции замещаются на атомы галогенов, нитрогруппу и т.п.

Арены проявляют свойства и предельных (реакции замещения) и непредельных (реакции присоединения) углеводородов. Бензол не вступает в реакции характерное для непредельных УВ, не обесцвечивает бромную воду. В реакции с сильными окислителями гомологи бензола, образуют бензойную кислоту и другие оксокислоты.

Производное бензола — винилбензол (стирол). Химические свойства стирола определяются наличием бензольного ядра и двойной связи в боковой цепи. Стирол легко окисляется, полимеризуется. Важным его производным является полимер поливинилбензол (полистирол).

# ЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ



## § 4. “НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ”. НОМЕНКЛАТУРА ИЮПАК ДЛЯ АРОМАТИЧЕСКИХ И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

**Классификация.** Первым классификационным критерием служит деление органических соединений на группы с учетом строения углеродного скелета (2-схема).

**Ациклические соединения** — это соединения с незамкнутой цепью атомов углерода. Ациклические (от греч. *aleiphar* — жир) углеводороды — простейшие представители ациклических соединений — содержат только атомы углерода и водорода и могут быть *насыщенными* (алканы) и *ненасыщенными* (алкены, алкадиены, алкины). Циклические соединения — это соединения с замкнутой

### Сегодня на уроке:

- Изучим ароматические и гетероциклические соединения.

### Ключевые понятия

- циклические соединения;
- гетероциклы;
- номенклатура изомерия

Схема 2

Классификация органических соединений по строению углеродного скелета



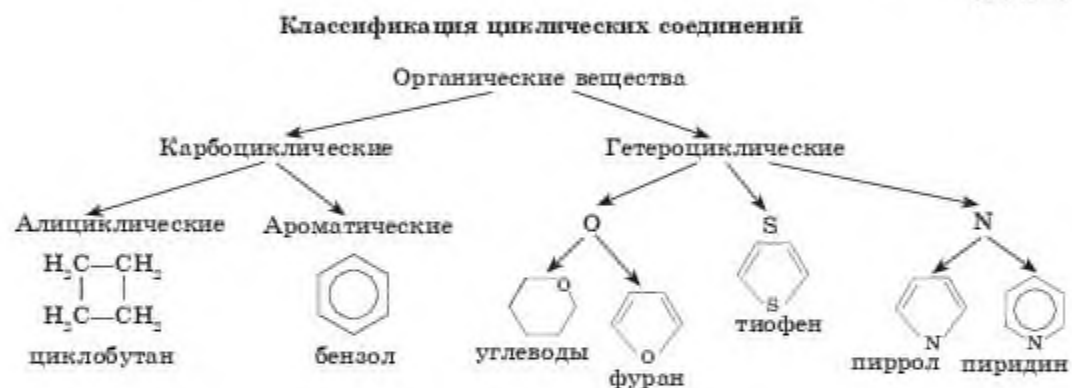
цепью атомов. В зависимости от природы атомов, составляющих цикл, различают карбоциклические и гетероциклические соединения.

**Карбоциклические соединения** содержат в цикле только атомы углерода и делятся на *ароматические* и *алициклические* (циклические неароматические). Число атомов углерода в циклах может быть различным. Известны большие циклы (макроциклы), состоящие из 30 атомов углерода и более.

Для изображения циклических структур удобны *скелетные формулы*, в которых опускают символы атомов углерода и водорода, но символы остальных элементов (N, O, S и др.) указывают. В таких формулах каждый угол многоугольника означает атом углерода с необходимым числом атомов водорода (с учетом четырехвалентности атома углерода).

Циклические соединения также классифицируют на карбоциклические и гетероциклические (схема 3).

Схема 3

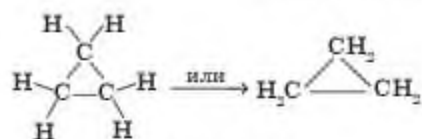


**Циклические соединения.** Для наименования циклических соединений широко применяются тривиальные названия, и многие из них приняты как основные в систематических номенклатурах. Наиболее полная номенклатура циклических соединений разработана в правилах IUPAC. Ниже приведены лишь некоторые сведения, главным образом о старых способах наименования циклических систем, которые встречаются до сих пор.

**Алициклические соединения.** В основу названий алициклических соединений положены названия насыщенных циклических углеводородов  $C_nH_{2n}$ , общее систематическое название которых — *циклоалканы*. Их называют также *циклопарафинами*; по старой номенклатуре эти углеводороды называли *полиметиленами*; триметилен, тетраметилен, пентаметилен, гексаметилен и т. д. — по числу метиленовых групп ( $-CH_2-$ ) в кольце:



## Алициклические углеводороды циклоалканы



циклопропан  
(развернутая и сокращенная  
запись)



циклопропан

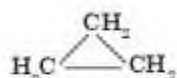


циклопентан

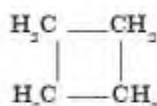


циклогексан

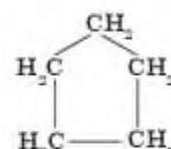
(структурные формулы)



триметилен  
(циклопропан)



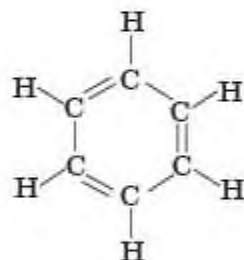
тетраметилен  
(циклобутан)



пентаметилен  
(циклопентан)

Непредельные алициклические углеводороды с двойной связью (циклоалкены) называют также *циклоолефинами*.

## Ароматические углеводороды



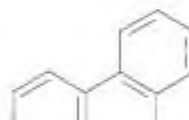
бензол



нафталин



антрацен



фенантрен

## Ароматические соединения. Соединения ряда бензола.

Простейший ароматический углеводород  $C_6H_6$  имеет тривиальное название бензол. Все остальные углеводороды этого ряда могут быть названы как замещенные производные бензола, или имеют свои тривиальные названия. При этом по традиции, установившейся в русском языке, почти все тривиальные названия гомологов бензола также имеют окончание *-ол*.

Например:

$C_6H_5CH_3$  — метилбензол или *толуол*;

$C_6H_4(CH_3)_2$  — диметилбензол или *ксилол*;

$C_6H_5CH(CH_3)_2$  — изопропилбензол или *кумол*;

Как исключение  $C_6H_3(CH_3)_3$  — 1,3,5-триметилбензол имеет название *мезитилен*.

По правилам IUPAC все названия ароматических углеводородов характеризуются окончанием *-ен*. Соответственно: бензен, толуен, ксилен, цимен, стирен и т. д. Но эти названия практически не применяются.



Родоначальником ароматических углеводородов (аренов) является бензол. Нафталин, антрацен и фенантрен относятся к полициклическим аренам. Они содержат конденсированные бензольные кольца.



По строению углеродной цепи органические соединения делятся на две большие группы: ациклические (соединения с открытой цепью) и циклические — соединения с замкнутой цепью углеродных атомов.

Циклические соединения делятся на карбоциклические и гетероциклические. Название циклических соединений производят по правилам международной номенклатуры IUPAC.



1. Приведите примеры циклических и гетероциклических соединений.
2. Как классифицируют карбоциклические и гетероциклические соединения?
3. Напишите структурные формулы изомеров состава  $C_5H_{10}$  и  $C_{10}H_{14}$  (которые содержат один, два, три заместителя), назовите их по систематической номенклатуре.
4. Для ациклического соединения состава  $C_4H_8O$ . Напишите структурные формулы изомеров. Укажите к каким классам их относят. Назовите соединения по заместительной и радикально-функциональной номенклатуре. Отметьте в них первичные, вторичные и третичные атомы углерода.

## §5. КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

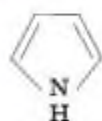
### Сегодня на уроке:

- Изучим состав и строение гетероциклических соединений.

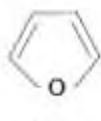
### Ключевые понятия

- гетероциклы;
- гетероатомы;
- классификация;
- номенклатура.

Гетероциклические соединения один из самых многочисленных классов органических соединений, они содержат в цикле, кроме атомов углерода, один или несколько атомов других элементов — гетероатомов (от греч. *heteros* — другой, иной): азот, кислород, серу и др.



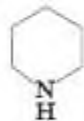
пиррол



фуран



тиофен



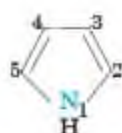
пиперидин

Простейшие гетероциклические соединения

Гетероциклы принято классифицировать по содержанию гетероатома (азото-, сера-, кислородосодержащие). Кроме этого, гетероциклы принято делить по количеству циклов (схема 5).

## Примеры гетероциклов

## Пятичленные гетероциклы с одним и двумя гетероатомами



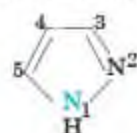
пиррол



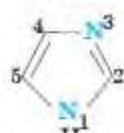
фуран



тиофен



пиразол



имидазол

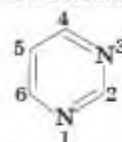


тиазол

## Шестичленные гетероциклы с атомами азота

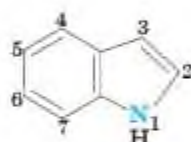


пиридин

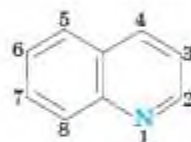


пиримидин

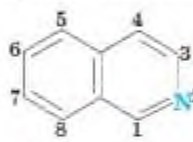
## Конденсированные гетероциклы



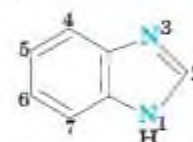
индол



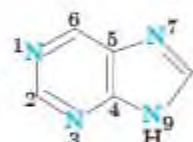
хинолин



изохинолин



бензимидазол



пурин

## Номенклатура гетероциклических соединений.

В настоящее время разработаны приставки для обозначения различных гетероатомов, в том числе, металлов. Они образуются от названий элементов оканчиваются на *-a* (по этой причине их иногда называют *a*-приставками). Например, азот, кислород и сера обозначаются приставками *аза-*, *окса-* и *туа-* соответственно. Если в цикле присутствует два одинаковых гетероатома, то это отражается в названии при помощи приставок *ди-*, *три-*, *тетра-* и т. д.

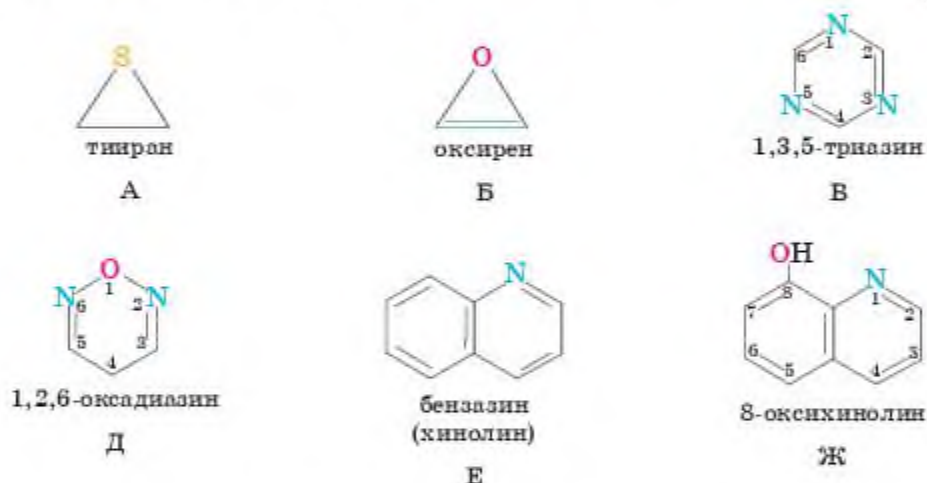
Для большой группы гетероциклических соединений допускают использование тривиальных названий, сложившихся исторически (например, индол), всего таких названий около 60. В остальных случаях названия (их именуют систематическими) составляют по специальным правилам ИЮПАК, которые в этом случае своеобразны и отличаются от той системы, которая принята для большинства органических соединений иных классов. Из специально предложенных для этой цели корней и приставок формируют название, соблюдая оговоренный порядок. В его основе лежит корень, состоящий из двух слогов. Первый слог указывает на количество звеньев цикла, например, слог **"ип"** (две переставленные буквы из латинского корня **"tri"**) соответствует трехчленному циклу, слог **"ет"** (фрагмент латинского **tetra**) четырехзвенный цикл, слог **"ок"** (часть латинского **octa**) используют для восьмичленных циклов. Происхождение некоторых других слогов, обозначающих размер цикла,



не всегда логически обосновано, например, для шестичленных циклов используют слог “ин”, взятый из названия распространенного гетероцикла “пиридин”.

Второй слог указывает, является ли гетероцикл насыщенным слог “ан”, или ненасыщенным слог “ен” (аналогия с названиями углеводородов: этан этен). Перед корнем помещают приставку, обозначающую природу гетероатома: О -окса, S- тиа, N- аза. Поскольку корень часто начинается с гласной буквы, в приставке обычно опускают последнюю букву “а”. Трехчленный О-содержащий ненасыщенный цикл называют оксирен, а насыщенный-оксيران (схема 6). Если в гетероцикле несколько гетероатомов, то их положение указывают с помощью числовых индексов, пронумеровав предварительно атомы в цикле, а количество таких атомов обозначают приставками ди-, три- и т.д., например, 1,3,5-триазин. Если есть различные гетероатомы, их упоминают в следующем порядке: O > S > N.

Схема 6

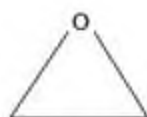


Основа названия присваивается гетероциклу в зависимости от размера цикла. Для насыщенных и максимально ненасыщенных гетероциклов также применяют различные наборы основ. Также иногда применяются специальные основы для указания на частичную ненасыщенность гетероцикла. Например, насыщенные гетероциклы, не содержащие азота, получают основы:

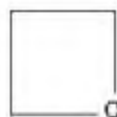
- -иран (для трёхчленного цикла),
- -етан (для четырёхчленного цикла),
- -олан (для пятичленного цикла),
- -ан (для шестичленного цикла) и т. д.

Примером использования различных основ при построении названий гетероциклических соединений могут служить насыщенные кислородсодержащие гетероциклы.





оксиран



оксетан

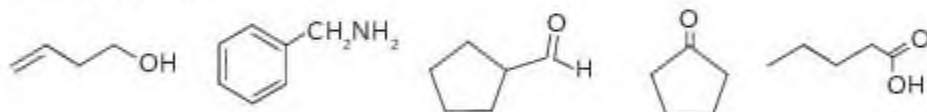
Гетероциклы имеют самые различные области применения: тиофен-медицина (ихтиоловая мазь), фурфурол (хлебопечение). Многие из них образуются в нашем организме: индол образуется при гниении белков в кишечнике; триптофан входит в состав белков.



Существуют ациклические и циклические органические соединения. Важнейшими представителями циклических веществ является бензол и его производные. Гетероциклические соединения могут различаться по содержанию гетероатомов (азота, серы, кислорода) и по количеству циклов (три-четыре-пяти-шести и др. атомные). Существует тривиальная и систематическая номенклатура таких циклических соединений.



1. Приведите примеры гетероциклических соединений.
2. Приведите структурные изомеры соединений состава  $C_7H_9N$ , содержащих бензольное кольцо, и назовите их по заместительной номенклатуре. К каким классам относятся эти соединения?
3. Приведите структурные изомеры соединений состава  $C_8H_{10}O$ , исключив изомеры положения заместителей в бензольном кольце. Назовите их по заместительной номенклатуре.
4. Укажите, к какому классу относится каждое из указанных соединений, отметьте и назовите функциональные группы. Для каждого соединения приведите формулу одного структурного изомера.



## Циклические соединения

По строению углеродной цепи органические соединения делятся на две большие группы: ациклические соединения с открытой цепью циклические — соединения с замкнутой цепью углеродных атомов.

Ациклическим соединениям относят: насыщенные и ненасыщенные углеводороды.

Циклические соединения делятся на карбоциклические и гетероциклические.

Карбоциклические соединения делятся на алициклические и ароматические.

В циклы гетероциклических соединений входят не только атомы углерода, но и другие элементы (азота, серы, кислорода).

# КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ



## § 6. СТРОЕНИЕ КАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Альдегиды и кетоны относятся к карбонильным соединениям. Карбонильные соединения — это производные углеводородов, которые содержат карбонильную группу  $\text{>C=O}$ .

Альдегиды — это карбонильные соединения, в молекулах которых карбонильная группа связана с атомом водорода и углеводородным радикалом. Исключением является формальдегид, или муравьиный альдегид. В этом соединении карбонильная группа соеди-

нена с двумя атомами водорода:  $\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$

Молекулы всех альдегидов содержат функциональную группу  $-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$

Общая формула альдегидов:  $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$

Модели молекул метаналь и этаналь представлены на рис. 7.

В кетонах карбонильная группа связана с двумя одинаковыми или разными углеводородными радикалами. Простейший представитель кетонов — ацетон (рис. 8).

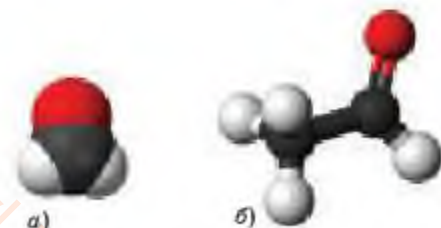


Рис. 7. Модели молекул: а) метаналь  
б) этаналь



Рис. 8. а) структурная формула  
ацетона; б) модель молекулы ацетона

### Сегодня на уроке:

- изучим строение карбонильных соединений

### Ключевые понятия

- альдегиды
- кетоны
- карбонильная группа
- строение
- изомерия
- номенклатура



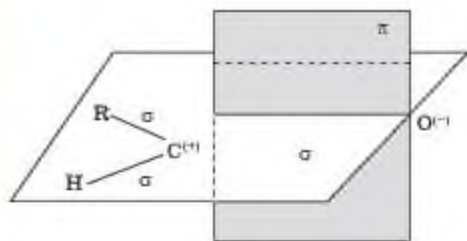
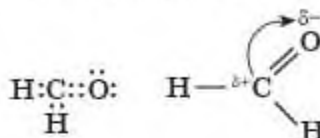


Рис. 9.

Общая формула кетонов:  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}'$

Строение молекулы. Рассмотрим электронное строение формальдегида

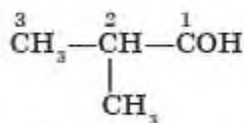


В молекуле формальдегида между атомами углерода и водорода существует  $\sigma$ -связь, а между атомами углерода и кислорода — одна  $\sigma$ -связь и одна  $\pi$ -связь. Атом углерода находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации. В связи с большей электроотрицательностью атома кислорода по сравнению с атомом углерода, электронная плотность  $\pi$ -связи смещена от атома углерода к атому кислорода, в результате чего углерод приобретает частичный положительный заряд, кислород — частично отрицательный заряд (рис. 9). Полярность карбонильной группы оказывает существенное влияние на физические и химические свойства оксосоединений.

**Изомерия и номенклатура.** У альдегидов различают изомерию углеродного скелета и межклассовую изомерию с кетонами. Для кетонов характерна изомерия углеродного скелета и положения карбонильной группы.

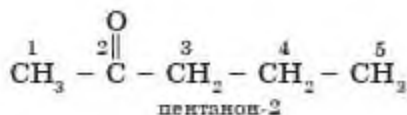
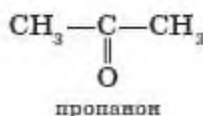
По международной номенклатуре названия альдегидов образуются от названий соответствующих углеводородов с добавлением суффикса *-аль*. Некоторые альдегиды имеют тривиальные названия, или названия, произведенные от соответствующих кислот.  $\text{HCHO}$  — метаналь (формальдегид, муравьиный альдегид),  $\text{CH}_3-\text{CHO}$  — этаналь (ацетальдегид, уксусный альдегид).

Для альдегидов разветвленной цепью перед названием указывают положения заместителей в углеродной цепи. Например,



2-метилпропаналь

Названия кетонов производят от названии соответствующих алканов с добавлением суффикса *-он*:



Нумерация цепи начинается с того конца, ближе к которому расположена карбонильная группа.



1. Какие соединения относят к альдегидам, а какие — к кетонам? Приведите примеры. Сравните их строение.
2. Напишите структурные формулы следующих карбонильных соединений:
  - а) 2-хлорпропаналь;
  - б) 4-метилпентаналь;
  - в) 2, 3-диметилбутаналь;
  - г) 3-гидрокси-4 метилгексаналь
3. Напишите структурные формулы изомерных альдегидов, состав которых соответствует эмпирической формуле  $C_3H_{10}O$ . Сколько может быть таких альдегидов. Дайте им названия по заместительной номенклатуре.

- 1. Относительная плотность паров предельного альдегида по воздуху равна 2. Выведите молекулярную формулу альдегида.

Ответ:  $C_3H_6O$ .

- 2. Относительная плотность паров органического соединения по кислороду равна 2,25. Массовая доля углерода, водорода и кислорода соответственно равны 66,67%, 11,11%, 22,22%. Выведите молекулярную формулу соединения.

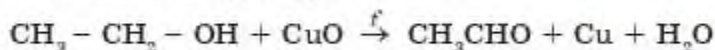
Ответ:  $C_4H_8O$ .

## § 7. ПОЛУЧЕНИЕ АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ

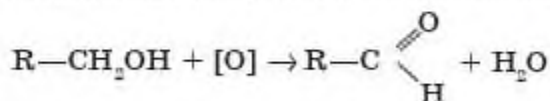
В лаборатории альдегиды получают окислением первичных спиртов. В качестве окислителей применяют оксид меди (II), пероксид водорода, перманганат калия и другие вещества.

### 1. Окисление спиртов.

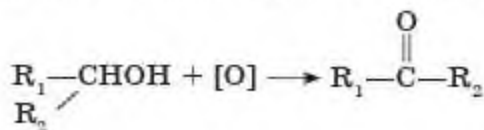
Проведем такой опыт. Накалим в пламени спиртовки спираль из медной проволоки и опустим ее в пробирку со спиртом. Мы заметим, что проволока, покрывающаяся при нагревании темным налетом оксида меди (II), в спирте вновь становится блестящей, одновременно обнаруживается запах альдегида:



В общем виде окисление спиртов можно показать так:



При окислении первичных спиртов образуются альдегиды. При окислении вторичных спиртов образуются кетоны.



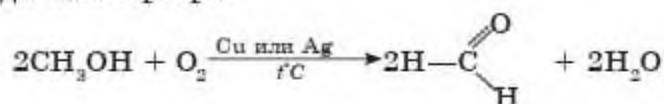
### Сегодня на уроке:

- Изучим способы получения альдегидов и кетонов

### Ключевые понятия

- окисление
- Гидратация
- Кумольный способ

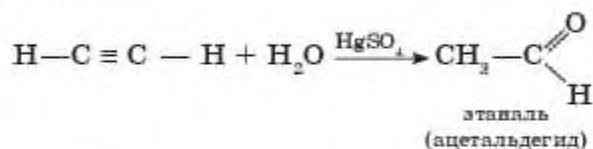
Для простоты окислитель обозначают в виде атома кислорода. В промышленности основную массу формальдегида производят из метанола, пропуская его пары вместе с воздухом через реактор с раскаленной сеткой из меди или серебра:



## 2. Гидратация алкинов.

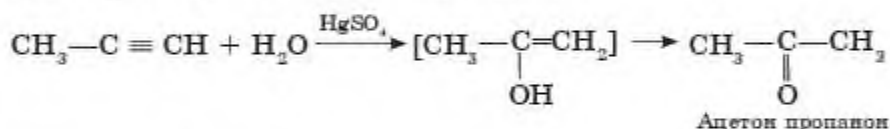
Гидратация алкинов-присоединение воды к алкинам (реакция Кучерова).

Этаналь получают в промышленности преимущественно гидратацией ацетилена в присутствии солей ртути в качестве катализатора (реакция Кучерова).

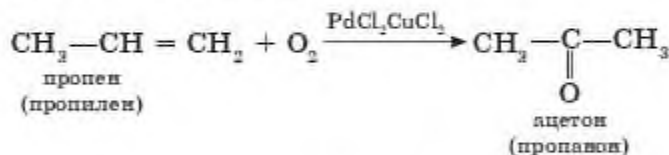


Кетоны получают:

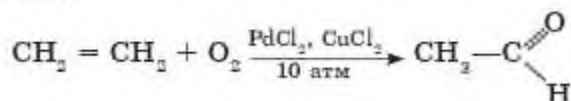
а) при гидратации гомологов ацетилена:



б) при окислении пропилена:



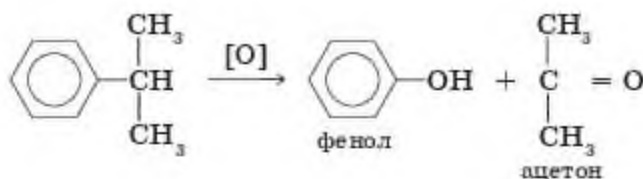
**3. Окисление алкенов.** Ацетальдегид можно получить из этилена окислением кислородом в присутствии медных, железных и палладиевых катализаторов. Для этого смесь этилена с воздухом пропускают через раствор солей меди, железа и палладия. Упрощенно процесс можно показать так:



Этот способ более перспективен, чем гидратация алкинов, при котором используются токсичные ртутные катализаторы.

## 4. Кумольный способ получения ацетона





Альдегиды и кетоны относятся к карбонильным соединениям. *Карбонильные соединения* — это производные углеводородов, которые содержат карбонильную группу  $\text{>C=O}$ .

*Альдегиды* — это карбонильные соединения, в молекулах которых карбонильная группа связана с атомом водорода и углеводородным радикалом. В кетонах карбонильная группа связана с двумя одинаковыми или разными углеводородными радикалами. По международной номенклатуре названия альдегидов образуются от названий соответствующих углеводородов с добавлением суффикса *-аль*. Названия кетонов производят от названий соответствующих алканов с добавлением суффикса *-он*.



1. Напишите структурные формулы альдегидов, образующихся при окислении спиртов:
    - а) пропилового  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ;
    - б) изопентилового  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ ;
    - в) бутилового  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ .
  2. Напишите уравнения реакций для цепочек химических превращений:
    - а) алкен  $\rightarrow$  алкил галогенид  $\rightarrow$  спирт  $\rightarrow$  альдегид;
    - б)  $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH} \equiv \text{CH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
  3. Составьте формулы пропанона, бутанона-2 и приведите формулы и названия изомерных альдегидов.
  4. Напишите структурные формулы следующих соединений:
    - а) 2-этилбутаналь; б) 3,4-диметилпентаналь; в) 4-метилпентанон-2.
- 
1. При взаимодействии 13,8 г этанола с 28 г оксида меди (II) получен альдегид массой 9,24 г. Определите массовую долю выхода продукта реакции.  
*Ответ: 70%.*
  2. При окислении 10 мл метилового спирта ( $\rho=0,8$  г/мл) получили 120 г 3%-ного раствора формальдегида. Какова массовая доля выхода продукта реакции (в%)?  
*Ответ: 48%.*
  3. Сколько граммов пропионового альдегида можно получить при окислении 100 г пропилового спирта, если выход альдегида составляет 90% от теоретического?  
*Ответ: 87,0 г.*
  4. Напишите уравнения реакций получения из этана ацетальдегида. Определите, сколько литров (н. у.) этана вступает в реакцию, если получен 4,4 г ацетальдегида.  
*Ответ: 2,24 л.*

## § 8. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬДЕГИДОВ И КЕТОНОВ

### Сегодня на уроке:

- изучим свойства и применение альдегидов и кетонов.

### Ключевые понятия

- альдегиды
- кетоны
- физические свойства
- химические свойства
- применение

**Физические свойства.** *Альдегиды и кетоны* — полярные вещества с избыточной электронной плотностью на атоме кислороде. Низшие члены ряда альдегидов и кетонов растворимы в воде. Их температуры кипения ниже, чем у соответствующих спиртов. Метаналь (формальдегид) — бесцветный ядовитый газ с резким запахом. Водный 35—40% раствор формальдегида называют *формалином*.

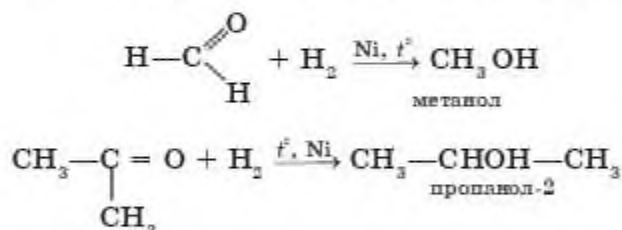
Остальные члены гомологического ряда альдегидов — жидкости, а высшие альдегиды — твердые вещества.

Ацетон — легколетучая жидкость.

### Химические свойства.

**1. Реакции восстановления.** Альдегиды и кетоны способны присоединять водород по двойной связи; альдегиды образуют при этом первичные спирты, кетоны — вторичные:

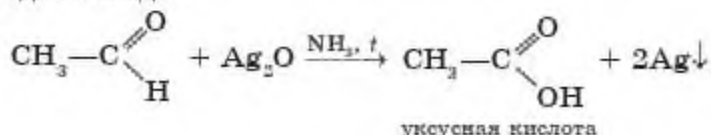
Если, например, пары метанала вместе с водородом пропускать над нагретым никелевым катализатором, то происходит присоединение водорода. Формальдегид восстанавливается до метилового спирта.



Подобные уравнения реакций можно составить и для других альдегидов.

### 2. Реакции окисления.

Под влиянием карбонильного атома кислорода альдегиды окисляются по связи С—Н в альдегидной группе. Если в чистую пробирку налить аммиачный раствор оксида серебра  $\text{Ag}_2\text{O}$ , прибавить к нему раствор альдегида и смесь осторожно нагреть, то на стенках пробирки появится блестящий налет серебра. В этой окислительно-восстановительной реакции альдегид превращается в кислоту, а серебро выделяется в свободном виде:



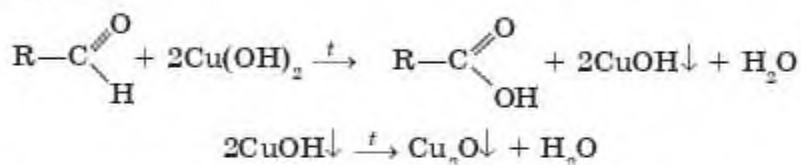


Такая реакция называется *реакцией “серебряного зеркала”*, и она является качественной реакцией на альдегиды (рис. 10).

В качестве окислителя альдегидов может быть использован также гидроксид меди (II)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Если к голубому осадку гидроксида меди (II) прилить раствор альдегида (в щелочной среде) и смесь нагреть, то сначала появляется желтый осадок  $\text{CuOH}$ , который затем превращается в красный оксид меди (I)  $\text{Cu}_2\text{O}$ . В данной реакции гидроксид меди (II) окисляет альдегид в соответствующую карбоновую кислоту, а сам восстанавливается до оксида меди (I).



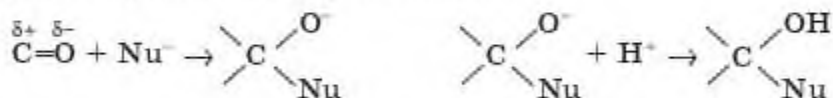
Рис. 10. Реакция “серебряного зеркала”



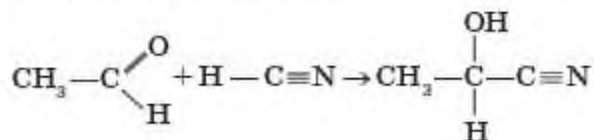
Эта реакция также является характерной реакцией для альдегидов.

В отличие от альдегидов кетоны не окисляются оксидом серебра (I) и гидроксидом меди (II). Карбонильные соединения, особенно альдегиды, весьма реакционноспособные соединения.

**3. Реакции присоединения.** Химическая активность карбонильных соединений, их высокая реакционная способность определяется карбонильной группой. Альдегиды и кетоны способны вступать в реакции присоединения. Связь  $\text{C}=\text{O}$  полярна, на атоме углерода сосредоточен частичный положительный заряд. Такие реакции начинаются с взаимодействия атома углерода карбонильной группы со свободной электронной парой нуклеофильного реагента ( $\text{Nu}^-$ ). Затем образовавшийся анион присоединяет протон или другой катион:

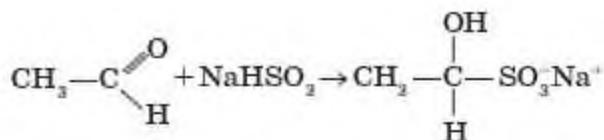


При нуклеофильном присоединении синильной кислоты в присутствии следов щелочей к альдегидам и кетонам образуются оксинитрилы:

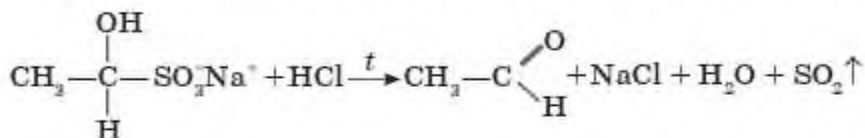


Альдегиды и кетоны вступают в реакцию нуклеофильного присоединения с гидросульфитом натрия:





Образующиеся при этом гидросульфитные производные карбонильных соединений при нагревании с минеральными кислотами или содой разлагаются с образованием исходных карбонильных соединений:



**Применение.** Формальдегид применяется в производстве фенолформальдегидных смол, красителей, синтетического каучука и взрывчатых веществ. Его водный раствор формалин используется для бальзамирования различных органических веществ, органов и организмов, консервирования анатомических препаратов, для выделывания кожи и дезинфекции.

Ацетальдегид применяют в основном для получения уксусной кислоты, а также в некоторых органических синтезах.

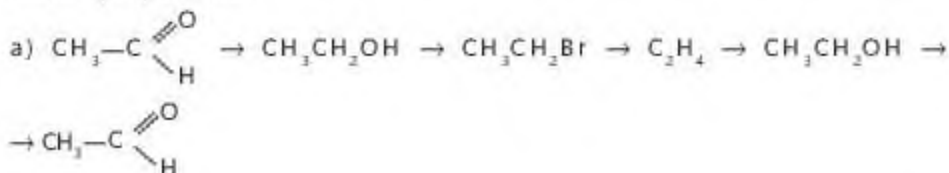
Высшие альдегиды, содержащиеся в молекулах от 7 до 16 атомов углерода, широко применяются в парфюмерии, так как обладают приятным запахом. Ацетон и другие кетоны являются хорошими растворителями лаков, красок и синтетических смол.

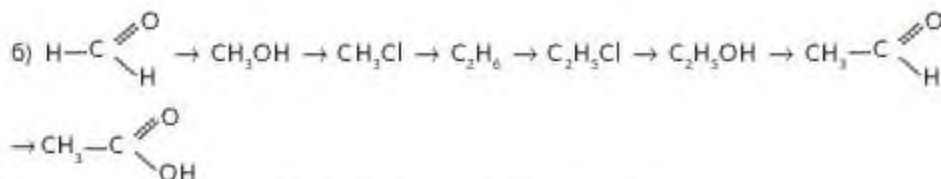


Альдегиды и кетоны способны присоединять водород по двойной связи; альдегиды образуют при этом первичные спирты, кетоны — вторичные. Под влиянием карбонильного атома кислорода альдегиды окисляются по связи C—H в альдегидной группе и превращаются в карбоновые кислоты. В отличие от альдегидов кетоны не окисляются оксидом серебра (I) и гидроксидом меди (II). Альдегиды и кетоны вступают в реакции нуклеофильного присоединения.



1. Составьте уравнения реакций окисления этанола и пропанола.
2. Как можно двумя способами доказать, что в данном растворе содержится альдегид? Приведите уравнения соответствующих реакций.
3. Перечислите области применения важнейших альдегидов и кетонов.
4. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:





5. Метаналь и этаналь являются представителями одного класса веществ.
- Напишите название данного класса веществ и приведите его общую формулу.
  - Напишите структурные формулы этих веществ и приведите другие названия этих же веществ.
  - Составьте структурные формулы двух изомеров пятого представителя данного ряда.
  - Напишите уравнения реакций этаналь с водородом, синильной кислотой, горения, полимеризации.
  - Метаналь используют в виде раствора. Как он называется и где находит применение?
- 1. В результате восстановления оксида серебра уксусным альдегидом образовалось 2,7 г серебра. Сколько граммов альдегида было при этом окислено?  
*Ответ: 0,55 г.*
  - 2. Вещество состава  $w(\text{C}) = 54,55\%$ ,  $w(\text{H}) = 9,09\%$ ,  $w(\text{O}) = 36,36\%$  с плотностью по водороду 22 легко восстанавливает оксид серебра, образуя кислоту. Выведите структурную формулу этого вещества.  
*Ответ: этаналь.*
  - 3. В реакции "серебряного зеркала" с участием 1,32 г альдегида выпадает 6,48 г осадка. Выведите молекулярную формулу альдегида.  
*Ответ: ацетальдегид.*
  - 4. Сколько мл метанола (плотностью 0,8 г/мл) вступило в реакцию окисления, если при этом было получено 120 г 3% раствора формальдегида.  
*Ответ: 4,8 мл.*

## §9. СТРОЕНИЕ И НОМЕНКЛАТУРА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

**Карбоновыми кислотами называют органические вещества, содержащие в молекуле карбоксильную группу — COOH.**

Общая формула карбоновых кислот  $\text{R}-\text{COOH}$  (рис. 11).

**Классификация карбоновых кислот.** По числу карбоксильных групп различают *одноосновные (монокарбоновые), двухосновные (дикарбоновые)* и т. д.

Например:  $\text{CH}_3\text{COOH}$  — уксусная кислота,  $\text{HOOC}-\text{COOH}$  — щавелевая кислота.

### Сегодня на уроке:

- Продолжим изучение карбоновых кислот.

### Ключевые понятия

- карбоновые кислоты
- строение
- изомерия
- номенклатура
- получение

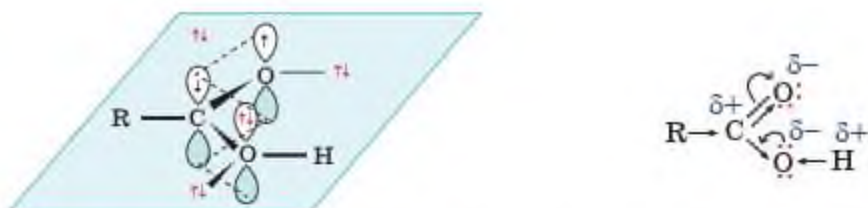
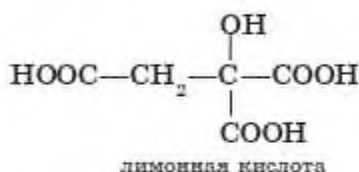


Рис. 11. Атомно-орбитальная модель и распределение электронной плотности

Существуют и многоосновные карбоновые кислоты, содержащие более двух карбоксильных групп. К ним относится, например, трехосновная лимонная кислота:



В зависимости от природы углеводородного радикала карбоновые кислоты делятся на **предельные, непредельные, ароматические**. Общая формула ряда одноосновных насыщенных карбоновых кислот  $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{COOH}$ .

**Номенклатура и изомерия.** По международной номенклатуре названия кислот составляют из названий соответствующих углеводородов с прибавлением окончания *-овая* с добавлением слова *кислота*. Нумерацию углеродного скелета начинают с атома углерода карбоксильной группы.

Многие кислоты имеют и исторически сложившиеся или тривиальные, названия (табл. 3, рис. 12).

Таблица 3

Названия карбоновых кислот

Химическая формула	Систематическое название кислоты	Тривиальное название кислоты
1	2	3
$\text{HCOOH}$	Метановая	Муравьиная
$\text{CH}_3\text{COOH}$	Этановая	Уксусная
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	Пропановая	Пропионовая
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Бутановая	Масляная
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Пентановая	Валериановая





$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Гексановая	Капроновая
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$	Гептановая	Энантовая
$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Гексадекановая	Пальмитиновая
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	Октадекановая	Стеариновая

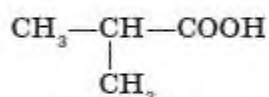
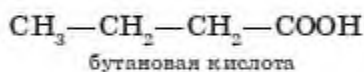


Рис. 12. Модели карбоновых кислот

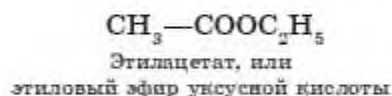
- а) Муравьиная кислота (метановая); б) Уксусная кислота (этановая);  
в) Пропионовая кислота (пропановая)

Для карбоновых кислот возможны различные виды изомерии в зависимости от типа кислоты.

Для насыщенных одноосновных кислот характерна структурная изомерия углеродного скелета и межклассовая изомерия со сложными эфирами:

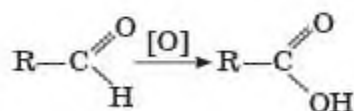
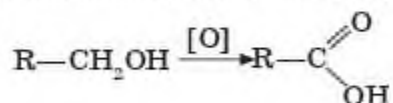


2-метилпропионовая кислота

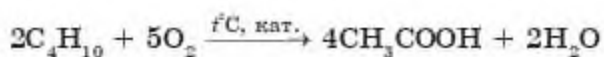


**Получение.** Существуют следующие способы получения карбоновых кислот.

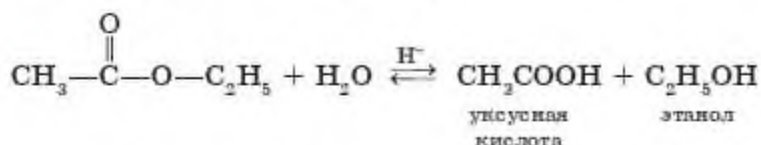
1. Окисление первичных спиртов и альдегидов:



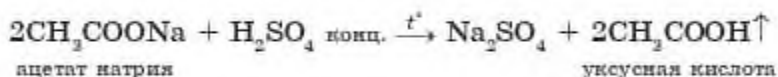
2. При окислении различных углеводородов также образуются карбоновые кислоты. В последнее время большое промышленное значение приобретает способ получения уксусной кислоты путем окисления бутана:



3. Гидролиз различных производных карбоновых кислот также приводит к получению кислот. Так, при гидролизе сложного эфира образуется спирт и карбоновая кислота:



В лаборатории карбоновые кислоты, как и неорганические кислоты, можно получить из их солей, действуя на них концентрированной серной кислотой при нагревании:



Карбоновыми кислотами называются производные углеводородов, содержащие в молекуле одну или несколько карбоксильных групп — COOH.

Общая формула карбоновых кислот R—COOH. По числу карбоксильных групп различают одноосновные (монокарбоновые), двухосновные (дикарбоновые) и т. д. В зависимости от природы углеводородного радикала карбоновые кислоты делятся на **предельные, непредельные, ароматические**. Для насыщенных одноосновных кислот характерна структурная изомерия углеродного скелета и межклассовая изомерия со сложными эфирами. По международной номенклатуре названия кислот составляют из названий соответствующих углеводородов с прибавлением окончания **-овая** с добавлением слова **кислота**.



1. Какие вещества называют карбоновыми кислотами? Какова их общая формула?
2. Как понимать выражение "одноосновные и двухосновные" карбоновые кислоты?
3. Напишите структурные формулы следующих карбоновых кислот:

- а) муравьиной;
- б) уксусной;
- в) пропионовой.

4. Напишите структурные формулы и названия всех изомерных кислот состава  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$   
*Ответ:* (четыре изомера).

5. При окислении этиленгликоля получилось соединение состава  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$ , содержащее две функциональные группы. Составьте структурную формулу этого соединения.

6. Составьте формулы карбоновых кислот, в которых одинаковое число атомов:
  - а) C и O; б) H и O; в) C, H и O (по 4).

- 1. По данным элементного анализа, двухосновная кислота, в которой атомы углерода связаны в неразветвленную цепь, содержит:

- а) С — 49,3%; Н — 6,85%; О — 43,85%;  
б) С — 34,6%; Н — 3,9%; О — 61,5%. Установите молекулярную формулу кислоты.
- 2. Сколько моль кислорода расходуется при окислении 1 моль пропилового спирта в пропионовую кислоту? Определите молекулярные формулы кислот.
  - 3. К раствору уксусной кислоты массой 80 г добавили избыток карбоната натрия. В результате образовался газ с объемом 4,48 л (н. у.). Определите массовую долю уксусной кислоты в исходном растворе.  
*Ответ: 30%.*
  - 4. При сгорании 6 г насыщенной одноосновной карбоновой кислоты образовалось 4,48 л (н. у.)  $\text{CO}_2$ . Определите формулу кислоты.



### Извержение



Для эксперимента нужны: бутылка из-под газировки, противень, земля или песок, столовая ложка питьевой соды, чашка (250 мл) уксуса, красный пищевой краситель. Поставьте бутылку на противень. Со всех сторон засыпьте бутылку землей (песком), чтобы получилась горка. Не закрывайте бутылочное отверстие и постарайтесь, чтобы земля не попала в бутылку. Насыпьте в бутылку соду. Окрасьте уксус в красный цвет и залейте его в бутылку. Наблюдайте извержение углекислого газа.

## § 10. СВОЙСТВА КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

**Физические свойства.** Низшие карбоновые кислоты — жидкости с характерным резким запахом, хорошо растворимые в воде. Кислоты, содержащие от 4 до 9 атомов углерода — маслянистые жидкости с неприятным запахом, содержащие более 9 атомов углерода в молекуле — твердые вещества, которые не растворяются в воде. С повышением относительной молекулярной массы растворимость кислот в воде уменьшается, а температура кипения повышается.

**Химические свойства.** Для карбоновых кислот характерны те же свойства, что и для минеральных. Они взаимодействуют с металлами, стоящими в ряду активности до водорода, оксидами металлов, основаниями и солями. Во всех этих реакциях образуются соли карбоновых кислот. Соли муравьиной кислоты называются *формиатами*, уксусной — *ацетатами*, пропионовой — *пропионатами*. Общие свойства карбоновых кислот представлены в таблице 4.

### Сегодня на уроке:

- изучим свойства и применение одноосновных предельных карбоновых кислот.

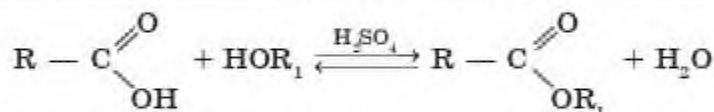
### Ключевые понятия

- карбоновые кислоты
- свойства
- реакция этерификации
- применение

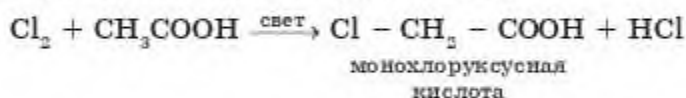


## Общие свойства карбоновых кислот

Химические реакции, характерные для кислот	
Неорганические	Органические
1. Диссоциация водных растворов кислот	
$\text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$
2. Взаимодействие с металлами	
$2\text{HCl} + \text{Ca} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$	$2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Ca} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2 \uparrow$ ацетат кальция
3. Взаимодействие с основными оксидами	
$2\text{HCl} + \text{CaO} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaO} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$
4. Взаимодействие с основаниями	
$\text{HCl} + \text{KOH} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOK} + \text{H}_2\text{O}$
5. Взаимодействие со спиртами	
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{HNO}_3 = \text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ сложный эфир этилового спирта и азотной кислоты	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ Сложный эфир этилового спирта и уксусной кислоты — этилацетат

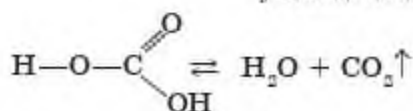
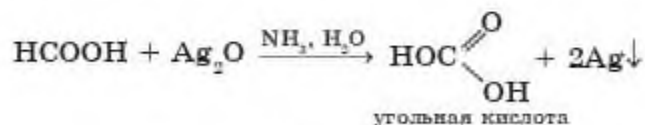


Карбоновые кислоты обладают и некоторыми специфическими свойствами, обусловленными наличием в их молекулах радикалов. Так, например, уксусная кислота реагирует с хлором:

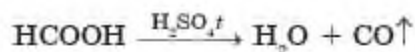


При последующем хлорировании могут быть получены и последующие хлорпроизводные.

2. *Муравьиная кислота* по химическим свойствам несколько отличается от других своих гомологов. Из-за особенности строения молекул муравьиная кислота легко окисляется, вступая в реакцию “серебряного зеркала”:



3. При нагревании с концентрированной серной кислотой муравьиная кислота отщепляет воду и образуется монооксид углерода:



Самой сильной из одноосновных карбоновых кислот является муравьиная кислота. Уксусная кислота значительно слабее. Следовательно, радикал метил  $\text{СН}_3-$  (и другие радикалы) оказывает влияние на карбоксильную группу.

Как мы заметили, в радикалах карбоновых кислот атомы водорода замещаются галогенами. При этом замещение легко происходит в углеводородном звене, которое находится ближе к карбоксильной группе. Тем самым карбоксильная группа влияет на углеводородный радикал, следовательно, их влияние взаимно.

**Применение.** Уксусную кислоту применяют для получения пластмасс и искусственного волокна. Ацетаты различных металлов используют для окрашивания тканей. Кроме того, раствор уксусной кислоты (уксус) широко применяют в пищевой промышленности и в быту.

Муравьиная кислота обладает дезинфицирующим свойством, поэтому находит свое применение в пищевой, кожевенной и фармацевтической промышленности, в медицине. Она также используется при крашении тканей и бумаги.

Натриевые и калиевые соли высших карбоновых кислот — основные составные части мыла.

**Высшие карбоновые кислоты** широко используются в парфюмерно-косметической промышленности, а также для получения различных моющих средств.

♦ **Пальмитиновая и стеариновые кислоты.** Из высших предельных одноосновных карбоновых кислот наиболее важными являются пальмитиновая,  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ , и стеариновая кислота  $\text{СН}_3 - (\text{СН}_2)_{16} - \text{СООН}$ ,  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ . В виде сложных эфиров глицерина они входят в состав растительных и животных жиров.

Этим кислотам свойственны те же реакции, что и другим карбоновым кислотам.

**Одноосновные непредельные карбоновые кислоты** — производные ненасыщенных углеводородов, у которых один атом водорода замещен карбоксильной группой.

Гомологический ряд одноосновных непредельных кислот начинается с акрила (пропеновой кислоты)  $\text{СН}_2 = \text{СН} - \text{СООН}$ , который можно рассматривать как производное пропилена. Существуют кислоты, в углеводородном радикале которых имеются одна или несколько двойных связей между атомами углерода.

Двойная связь в молекуле олеиновой кислоты расположена между атомами  $\text{C}_9 - \text{C}_{10}$ :  
 $\text{СН}_3(\text{СН}_2)_7 - \text{СН} = \text{СН} - (\text{СН}_2)_7\text{СООН}$ .

В молекуле линолевой кислоты имеются две двойные связи, и они расположены между атомами  $\text{C}_{10} - \text{C}_{12}$  и  $\text{C}_{13} - \text{C}_{15}$ :

$\text{СН}_3(\text{СН}_2)_3 - (\text{СН}_2\text{СН}=\text{СН})_2(\text{СН}_2)_7\text{СООН}$ ,

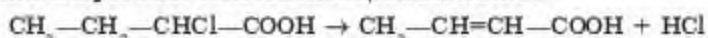
а в линолевой кислоте — между  $\text{C}_9 - \text{C}_{10}$ ,  $\text{C}_{12} - \text{C}_{13}$  и  $\text{C}_{15} - \text{C}_{16}$ :

$\text{СН}_3(\text{СН}_2\text{СН}=\text{СН})_3(\text{СН}_2)_7\text{СООН}$ .

Высшие непредельные карбоновые кислоты входят в состав растительных жиров в виде сложных эфиров глицерина.

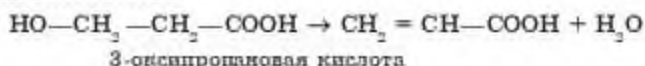
Получение:

1. Дегидрогалогенирование галогензамещенных кислот



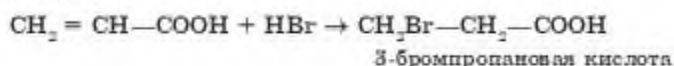


## 2. Дегидратация оксикислот:

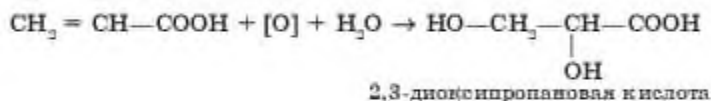


**Физические свойства:** Низшие непредельные кислоты — жидкости, растворимые в воде с сильным острым запахом; высшие — твердые, не растворимые в воде вещества без запаха.

**Химические свойства:** Обусловлены как свойствами карбоксильной группы, так и свойствами двойной связи. Специфическими свойствами обладают кислоты с близко расположенной от карбоксильной группы двойной связью ( $-\alpha$ ,  $-\beta$  — кислоты). У этих кислот присоединения галогеноводорода и гидратация (присоединения  $\text{H}_2\text{O}$ ) идут против правила В. Марковникова.



при окислении образуются диоксикислоты



Для карбоновых кислот характерны те же свойства, что и для минеральных. Они взаимодействуют с металлами, стоящими в ряду активности до водорода, оксидами металлов, основаниями и солями. Во всех этих реакциях образуются соли карбоновых кислот. Самой сильной из одноосновных карбоновых кислот

является муравьиная кислота. Муравьиная кислота по химическим свойствам несколько отличается от других своих гомологов. Из-за особенности строения молекул муравьиная кислота легко окисляется, вступая в реакцию “серебряного зеркала”.



1. Напишите уравнения реакций окисления альдегидов: а) муравьиного, б) пропионового — до соответствующих кислот.
2. Составьте уравнения реакций муравьиной кислоты с: а) цинком, б) едким калием, в) содой. По каким признакам можно судить о прохождении реакции в каждом случае?
3. Составьте уравнения реакций получения уксусной кислоты, исходя из:  
а) карбоната кальция; б) метана.
4. Как исходя из этана, получить: а) простой эфир, б) сложный эфир? Приведите уравнения реакций.
5. Напишите уравнение реакции взаимодействия уксусной кислоты с глицерином.
6. Этановая кислота является вторым представителем класса веществ с общей формулой  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ .  
а) Как называется данный класс веществ? Какую функциональную группу они содержат?  
б) Запишите формулы и названия первых пяти представителей данного класса веществ.  
в) Этановая кислота считается слабой кислотой. Объясните, как вы это понимаете. Приведите пример реакции, в которой это можно заметить.  
г) Напишите уравнения данной кислоты с карбонатом натрия, гидроксидом калия и этанолом.  
д) Можно ли использовать данную кислоту для получения полимеров?



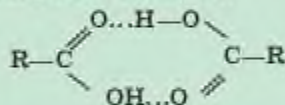
- 1. На нейтрализацию предельной одноосновной карбоновой кислоты затрачено 4 г NaOH. В результате реакции получили 9,6 г соли. Определите формулу кислоты.  
*Ответы:*  $C_2H_5COOH$
- 2. На нейтрализацию смеси муравьиной и уксусной кислоты затратили 11,2 г KOH. При взаимодействии такой же смеси с избытком аммиачного раствора оксида серебра выпал металлический осадок массой 21,6 г. Определите массу уксусной кислоты в смеси.  
*Ответ:* 6 г.
- 3. Какая масса метана образуется при нагревании 6 г уксусной кислоты с избытком гидроксида натрия? Выход метана равен 85%.  
*Ответ:* 1,36 г.

### Знаешь ли ты?

В уксусной эссенции содержится 60 — 80% уксусной кислоты, в концентрированной технической уксусной кислоте — 95—96%, а в столовом уксусе содержание кислоты составляет 3—5%.

### Знаешь ли ты?

Между молекулами карбоновых кислот образуются более прочные водородные связи, чем между молекулами спиртов, поэтому молекулы кислот обычно образуют димерные молекулы:



### Знаешь ли ты?

Безводная уксусная кислота — безводная жидкость с резким запахом, при охлаждении до температуры ниже, чем ее температура плавления (16,3°C), превращается в кристаллическую массу, похожую на лед, поэтому безводную уксусную кислоту называют ледяной уксусной кислотой.

### Знаешь ли ты?

Почему жжется крапива и болит укус от муравьев? На коже возникает чувство жжения за счет действия муравьиной кислоты, которая попадает в ранку.

### Опыты с уксусной кислотой

Проделайте дома доступные опыты с уксусной кислотой, например: а) проверьте действие на мел; б) изменяет ли она окраску некоторых растительных соков.



### Умей применять знания по химии.

Если потребуется отвинтить ржавую гайку, то рекомендуется вечером положить на нее тряпку, смоченную в уксусной кислоте. Утром отвинтить эту гайку будет значительно легче.

## § 11. СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ

### Сегодня на уроке:

- Продолжим изучение номенклатуры, строения сложных эфиров. Рассмотрим свойства и применение.

### Ключевые понятия

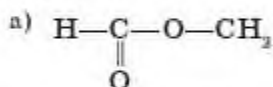
- строение
- изомерия
- получение
- физические свойства
- химические свойства

При изучении кислот мы неоднократно встречались с их производными — сложными эфирами.

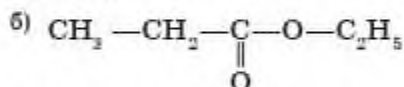
Общую формулу сложного эфира можно

представить:  $R-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-OR'$ , где R и R' могут быть как одинаковыми, так и различными углеводородными радикалами. К сложным эфирам относятся также животные жиры и растительные масла, но они значительно отличаются от других сложных эфиров по некоторым свойствам и их роли в биологических процессах.

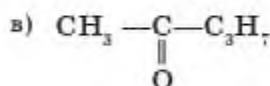
**Номенклатура.** Названия сложных эфиров складываются от названий кислот и спиртов, остатки которых содержатся в их молекулах, например:



метилвый эфир муравьиной кислоты или метилформиат



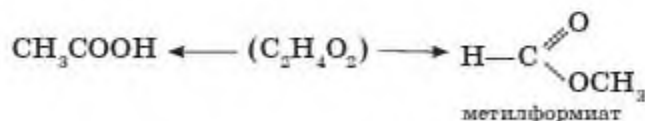
этиловый эфир пропионовой кислоты или этилпропионат



пропиловый эфир уксусной кислоты или пропилацетат

**Изомерия сложных эфиров** определяется изомерией углеводородных радикалов кислот и спиртов, составляющих сложный эфир.

Сложные эфиры изомерны предельным монокарбоновым кислотам, например:



**Нахождение в природе.** Сложные эфиры широко распространены в природе. Часто встречаются в растениях придавая аромат цветам, запах плодам и ягодам являются составной частью эфирных масел — апельсиновое, лавандовое, розовое и др.







Рис. 13. Применение сложных эфиров для получения:

- 1 — красок; 2 — лаков; 3 — пищевых добавок; 4 — искусственных волокон; 5 — полимеров;  
6 — клея; 7 — парфюмерных и косметических изделий; 8 — медицинских препаратов

Реакцию гидролиза сложного эфира называют *омылением*.

**Применение.** Сложные эфиры очень широко применяют в качестве органических растворителей. Эфиры также применяют в качестве добавок при производстве освежающих напитков, конфет и других пищевых продуктов, а также в парфюмерии (рис. 13).



Сложные эфиры — функциональные производные карбоновых кислот.

Общую формулу сложного эфира можно пред-

ставить:  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR}'$ , где R и R' могут быть как одинаковыми, так и различными углеводородными радикалами. К сложным эфирам относятся также животные жиры и растительные масла.

Самой распространенной реакцией получения сложных эфиров является реакция этерификации, в которой взаимодействуют карбоновая кислота и спирт.



- Составьте уравнения реакций этерификации между: а) уксусной кислотой и 3-метилбутанолом-1; б) масляной кислотой и пропанолом-1. Что можно сказать о свойствах образующихся эфиров?
- Дайте названия следующим эфирам:
  - $\text{C}_2\text{H}_5-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OC}_2\text{H}_5 \end{array}$  ; б)  $\text{HCOOC}_3\text{H}_7$
- Составьте уравнения реакций получения: а) метилового эфира муравьиной кислоты, исходя из метана; б) этилового эфира уксусной кислоты, исходя из этилена.
- Составьте формулы всех изомерных кислот и сложных эфиров, отвечающих формуле  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ .
- Три органических вещества имеют одинаковую молекулярную массу:
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
  - Определите класс каждого из веществ и дайте им названия по международной номенклатуре.
  - Одно из данных веществ может реагировать с гидроксидом калия. Напишите уравнение данной реакции, дайте название органическому продукту реакции.
  - Два вещества из приведенных могут реагировать с натрием. Напишите уравнения данных реакций и дайте название органическим продуктам реакций.
  - Два из приведенных веществ могут реагировать друг с другом. Как называется данная реакция? Напишите ее уравнение и дайте название органическому продукту реакции.
  - У какого из данных веществ будет наименьшая и наибольшая температура кипения? Объясните почему.

- Относительная плотность паров сложного эфира по водороду равна 30. Приведите структурную формулу этого эфира.
- При нагревании метанола массой 19,2 г и уксусной кислоты массой 28,8 г получен метилацетат массой 29,6 г. Определите массовую долю выхода эфира.  
*Ответ: 83,3%.*
- Рассчитайте массу пропанола-1 и муравьиной кислоты, которые надо взять для получения пропилформиата объемом 200 мл (плотность эфира равна 0,906 г/мл).  
*Ответ: 123,5 г.; 94,7 г.*
- \*4. Сколько тонн этилацетата можно получить из 7 т газа CO по схеме:  
 $\text{CO} \xrightarrow{2\text{H}_2} \text{CH}_3\text{OH} \xrightarrow{\text{O}} \text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow{\text{H}^-} \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  Если выход составляет 90%.  
*Ответ: 39,6 т.*

## § 12. ЖИРЫ

**Жиры — природные соединения, которые представляют собой сложные эфиры глицерина и высших карбоновых кислот.**

**Строение жиров.** Строение жиров было установлено благодаря трудам французских химиков Шеврёля и Бертло. При нагревании жиров с водой (в щелочной среде) в начале XIX в. Э. Шеврёль установил, что жиры расщепляются и образуются глицерин и различные

**Сегодня на уроке:**

- изучим жиры.





**Мишель Эжен Шеврёль  
(1786—1889)**

Впервые химический состав жиров определил в начале прошлого века французский химик Мишель Эжен Шеврёль.

**Ключевые понятия**

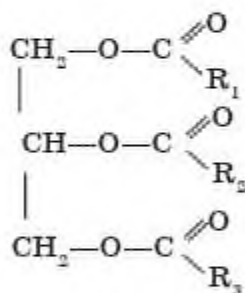
- жиры
- строение
- получение
- свойства
- применение



карбоновые кислоты (стеариновая, олеиновая и др.). М. Бертло осуществил обратную реакцию: при нагревании глицерина с высшими карбоновыми кислотами он получил жиры и воду.

На основании этих экспериментов сделали вывод: жиры — это сложные эфиры глицерина и карбоновых кислот (триглицериды).

Общую формулу жира можно представить в виде:



Большинство жиров образовано тремя карбоновыми кислотами: олеиновой  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ , пальмитиновой  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$  и стеариновой  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ .

В обычных условиях жиры, содержащие в своем составе остатки непредельных кислот, чаще всего бывают жидкими. Их называют маслами. В основном это жиры растительного происхождения — льняное, подсолнечное и др. Реже встречаются жидкие жиры животного происхождения, например, рыбий жир. Большинство природных жиров животного происхождения при обычных условиях твердые вещества и содержат в основном остатки предельных карбоновых кислот, например, бараний жир. Однако, пальмовое масло твердое в обычных условиях — жир (рис. 14).

Общее название жиров триглицериды.



**М. Бертло**  
(1857—1907)

В 1854 г. французский химик Марселен Бертло провел реакцию этерификации между глицерином и жирными кислотами и таким образом впервые синтезировал жир.



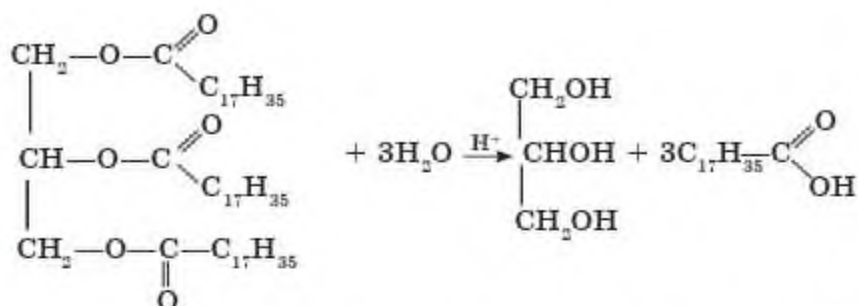
**Физические свойства.** Природные жиры не имеют конкретной температуры плавления (“точки плавления”), они предварительно размягчаются и плавятся в определенном интервале температуры. Температура затвердевания жира тем выше, чем больше в нем содержание остатков предельных кислот. Жиры легко растворяются в органических растворителях и практически не растворяются в воде.

**Химические свойства.** Химические свойства жиров определяются принадлежностью их к классу сложных эфиров, поэтому для них характерна реакция — гидролиз. *Гидролиз жиров* происходит в кислой или щелочной среде при повышенной температуре.

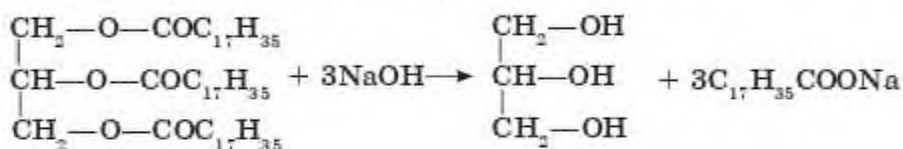
Кислотный гидролиз приводит к образованию карбоновых кислот и глицерина:



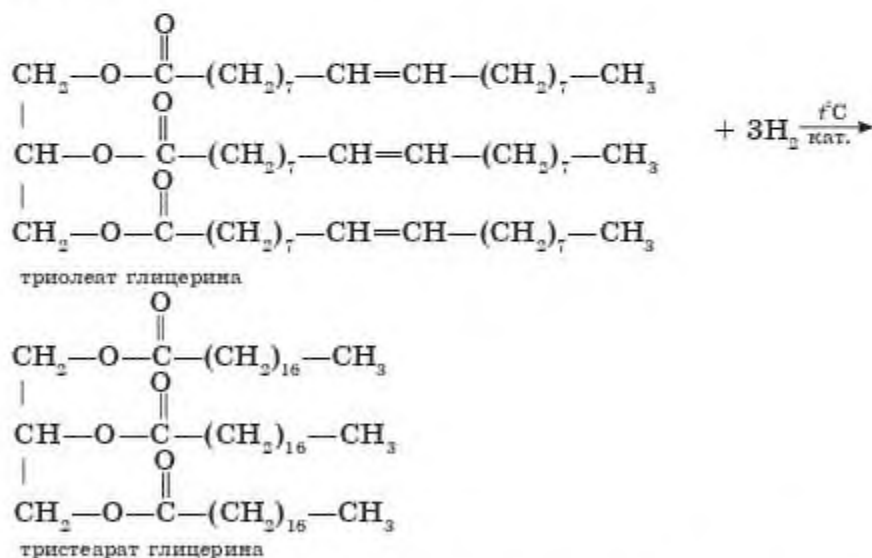
Рис. 14. Твердые и жидкие жиры



Щелочной гидролиз (омыление жиров) приводит к образованию солей жирных кислот (мыла) и глицерина:



Триглицериды, содержащие остатки непредельных кислот, подвергаются *гидрированию*. В промышленности гидрирование жидких жиров используется для превращения их в более ценные твердые жиры (саломас).



Таким образом, из растительного масла в промышленности получают *маргарин*.

**Применение.** Жиры — важная часть пищи человека. В организме человека он подвергается гидролизу, а продукты гидролиза используются для синтеза жиров, свойственных данному организму. Питательная ценность жиров выше, чем углеводов и белков. При окислении 1 г жира выделяется примерно 39 кДж энергии. Жиры в организме служат

резервным питательным веществом, а также выполняют защитную и теплоизоляционную функции.

Кроме того, жиры применяются для получения глицерина, высших карбоновых кислот, мыла.

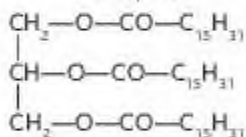


Жиры — природные соединения, которые представляют собой сложные эфиры, глицерина и высших карбоновых кислот. Жиры бывают твердые и жидкие (масло), животного и растительного происхождения. Твердые жиры образованы преимущественно высшими предельными карбоновыми кислотами, а жидкие жиры образованы высшими непредельными карбоновыми кислотами. В промышленности гидрирование жидких жиров используется для превращения их в более ценные твердые жиры. Жиры — важнейшая часть пищи человека.

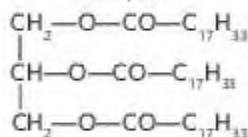


1. Какие вещества называют жирами?
2. Чем отличаются твердые жиры от жидких?
3. Где в природе встречаются жиры?
4. К какому классу производных карбоновых кислот принадлежат жиры и какова их общая формула?
5. Напишите структурные формулы всех возможных триглицеридов, образованных остатками олеиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот.
6. Напишите уравнения реакций гидролиза жира (триглицерида) в: а) кислой среде; б) щелочной среде.
7. Напишите уравнение реакции гидрирования триолеина.
8. Даны структурные формулы трех жиров:

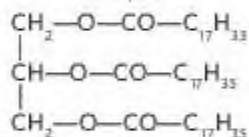
Жир 1.



Жир 2.



Жир 3.



- а) Дайте названия данным жирам.
- б) Два из данных жиров являются насыщенными, а другой ненасыщенным. Определите это.
- в) Какой эксперимент следует провести, чтобы доказать ненасыщенность одного из жиров? Какие изменения можно будет наблюдать при этом?

- 1. На гидрирование образца жира триолеина затратили 336 л (н. у.) водорода. Сколько жира по массе подвергли гидрированию и сколько получили продукта?  
*Ответ:* 4420 г триолеина и 4450 г маргарина.
- 2. Сколько по массе твердого мыла получится при гидролизе 100 кг жира тристеарина, содержащего 10% примесей, если выход в реакции 90%?  
*Ответ:* 83,5 кг.
- 3. На полное сгорание 0,3 моль жира было израсходовано 383 л кислорода (н. у.) и при этом образовалось 275,5 л углекислого газа (н. у.). Определите молекулярную массу жира (г/моль).  
*Ответ:* 664 г/моль.
- 4. Одним из способов доказательства ненасыщенности жиров является определение йодного числа. Эта масса йода, которая реагирует со всеми двойными связями





в 100 г жира. Используя эту информацию, определите число двойных связей в одной молекуле жира, если:

- Масса одного моль жира равна 884 г.
- Один моль йода реагирует с 1 моль двойных связей;
- Йодный номер жира 86,2 г.

Дополните следующие расчеты:

100 г жира реагирует с 86,2 г йода.

884 г жира реагирует с ..... г йода.

1 моль жира реагирует с ..... моль йода.

Число двойных связей в 1 молекуле жира равно .....

### Знаешь ли ты?

Чтобы маргарин имел желтый цвет, в него добавляют немного каротина, который содержится, например, в моркови. Каротин называют также провитамином А, так как в организме животных он может превращаться в витамин А.



### Изготовим духи.



Для создания ведущего запаха понадобится прежде всего цитрусовое масло, которое мы получим из кожуры лимонов или апельсинов. Натрем кожуру этих фруктов на терке, в протертом виде завернем в кусочек прочной материи и тщательно выдавим. Через ткань пройдет мутная жидкость, состоящая из эфира и воды. Смешаем приблизительно 2 мл этой жидкости с каплями ландышевого масла, ванильного сахара, масла еловых веток. Затем растворим полученную смесь в 20 мл спирта. Духи готовы!

Проделайте дома следующие опыты: а) выведите при помощи бензина жирные пятна с одежды; б) сравните пенообразование обычного мыла и синтетического моющего порошка в жесткой воде; в) произведите смягчение воды добавкой соды и кипячением и проверьте результаты.

## § 13. МЫЛА И СИНТЕТИЧЕСКИЕ МОЮЩИЕ СРЕДСТВА

### Сегодня на уроке:

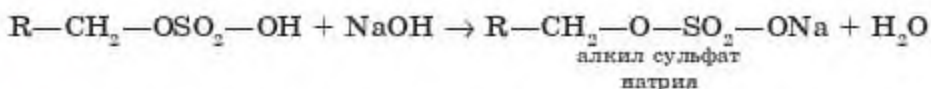
- изучим состав, свойства мыла и синтетических моющих средств.

*Мыла — это соли высших карбоновых кислот.* Обычные мыла состоят главным образом из смеси пальмитиновой, стеариновой и олеиновой кислот. Натриевые соли образуют твердые мыла, калиевые соли — жидкие мыла.

Мыла получают при гидролизе жиров в присутствии щелочей.







Эти соли содержат в молекуле от 12 до 14 углеродных атомов и обладают очень хорошими моющими свойствами. Кальциевые и магниевые соли растворимы в воде, а потому такие мыла моют и в жесткой воде. Алкилсульфаты содержатся во многих стиральных порошках.

Синтетические моющие средства высвобождают сотни тысяч тонн пищевого сырья — растительных масел и жиров.

**Свойства мыла.** Поверхностный слой дистиллированной воды находится в натянутом состоянии подобно упругой пленке. При добавлении мыла и некоторых других растворимых в воде веществ поверхностное натяжение воды уменьшается. Мыло и другие моющие вещества относят к поверхностно-активным веществам (ПАВ). Они уменьшают поверхностное натяжение воды, усиливая тем самым моющие свойства воды (рис. 15).

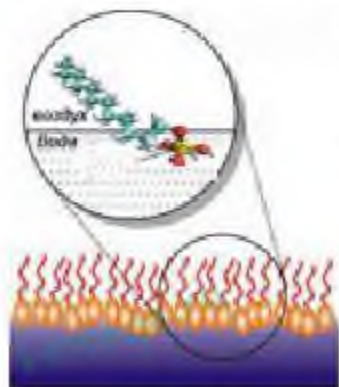


Рис 15

Молекулы ПАВ на пограничной поверхности располагаются так, что гидрофильные группы карбоксильных анионов направлены в воду, а углеводородные гидрофобные выталкиваются из нее (рис. 16). Такая водная поверхность имеет меньшее поверхностное натяжение, что способствует быстрому и полному смачиванию загрязненных поверхностей.

Использование чрезмерного количества этих средств приводит к загрязнению окружающей среды. Многие ПАВ трудно поддаются биологическому разложению. Поступая со сточными водами в реки и озера, они загрязняют окружающую среду. В результате образуются целые

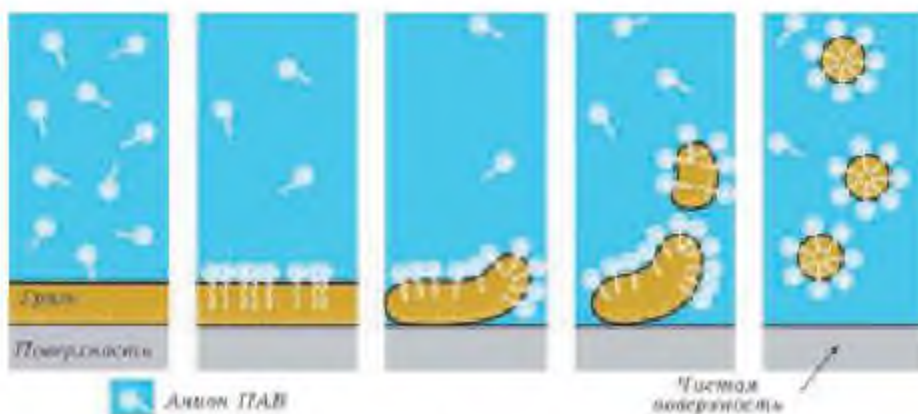


Рис 16





горы пены в канализационных трубах, реках, озерах, куда попадают промышленные и бытовые стоки. Использование некоторых ПАВ приводит к гибели всех живых обитателей в воде.

Мыла, полученные из жиров, содержат неразветвленные углеводородные цепи, которые разрушаются бактериями. В то же время в состав некоторых СМС входят алкилсульфаты или алкил(арил)сульфонаты с углеводородными цепями, имеющими разветвленное или ароматическое строение. Такие соединения бактерии “переварить” не могут. Поэтому при создании новых ПАВ необходимо учитывать не только их эффективность, но и способность к биологическому распаду – уничтожению некоторыми видами микроорганизмов.



В состав мыла входят соли пальмитиновой, стеариновой кислот. Растворимость мыла в воде связана с наличием в его составе катиона металла.

СМС (синтетические моющие средства) — натриевые соли синтетических кислот. СМС в основном состоят из алкилсульфатных солей натрия  $RO-SO_2-ONa$ . R — углеводородный радикал, имеющий в состав е от 8 до 18 атомов углерода.



1. Объясните химический состав мыла.
2. Для каких практических целей используется процесс омыления жиров?
3. В чём отличие состава твёрдого и жидкого мыла?
4. Почему мыло “отъедает” грязь? В чём заключается моющее действие мыла?
5. Почему мыло плохо мылится в морской воде?
6. Как вы думаете, почему раствор мыла имеет щелочную среду? Ответ поясните уравнением реакции.
7. При стирке белья в жёсткой воде расход мыла значительно увеличивается. Чем это можно объяснить?
8. Как правильно выбрать мыло для умывания?
9. В чём преимущества использования синтетических моющих средств по сравнению с мылом?
10. Почему раствор мыла, попадая в реку или озеро, быстро разлагается, а некоторые ПАВ нет?

- 1. Стеарат калия – важный компонент жидкого мыла. Рассчитайте массу гидроксида калия и тристеарата, которые потребуются для получения стеарата калия массой 805 кг. Выход продукта составляет 80%.

*Ответ* 927кг тристеарата, 175 кг гидроксида калия.

- 2. Приведена следующая таблица органических веществ:

Формулы	Номера	Формулы	Номера	Формулы	Номера
$CH_3COOH$		$CH_3CONH_2$		$CH_3CH_2Cl$	
$C_3H_{10}$		$CH_3COCH_3$		$C_6H_{10}$	
$C_{15}H_{32}$		$C_2H_5OH$		$HCHO$	



Определите соответствующие номера для формул:

- 1) алкена;
- 2) этанола;
- 3) ацетона;
- 4) первого альдегида;
- 5) алкана;
- 6) ацетальдегида;
- 7) алкина;
- 8) уксусной кислоты;
- 9) вещества, из которого можно получить этанол.

### Знаешь ли ты?

До изобретения мыла жир и грязь с кожи удаляли золой и мелким речным песком.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Получение и изучение химических свойств уксусной кислоты

**Реактивы:** ацетат натрия, раствор серной кислоты, раствор уксусной кислоты, стружки магния, гранулы цинка, растворы гидроксида натрия, фенолфталеина, изоамиловый спирт, вода.

**Химическая посуда и лабораторное оборудование:** пробирки, штатив для пробирок, газотводная трубка, колба, стеклянная трубка холодильник, спиртовка, асбест, водяная баня.

**Техника безопасности.** Требуется соблюдение правил работы с растворами кислот, щелочей и нагревательными приборами.

#### Ход работы:

##### Опыт 1. Получение уксусной кислоты лабораторным способом.

Для получения уксусной кислоты соберите прибор, который показан на рис. В пробирку внесите 3 г кристаллического ацетата натрия и прилейте 3 мл раствора концентрированной серной кислоты. Закройте пробирку пробкой с газотводной трубкой, конец которой опустите в пустую пробирку до дна. Начните нагревать смесь исходных веществ. Когда в этой пробирке-приемнике соберется 2—3 мл кислоты, прекратите нагревание.

Разбавьте полученную уксусную кислоту наполовину водой и разделите на несколько частей. Далее проведите следующие опыты.

##### Опыт 2. Взаимодействие уксусной кислоты с некоторыми металлами

В две пробирки налейте по 1 мл раствора уксусной кислоты. В одну пробирку всыпьте немного стружек магния, в другую — несколько гранул цинка. Обратите внимание на скорость выделения водорода.

1. Как уксусная кислота реагирует с магнием и цинком? Сравните скорость этих реакций и напишите уравнения реакций.

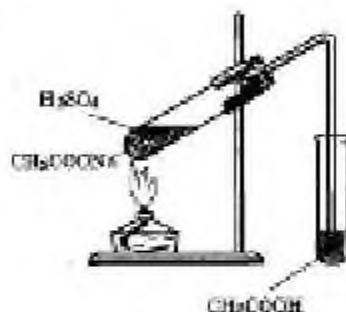
##### Опыт 3. Взаимодействие уксусной кислоты с основаниями

Налейте в пробирку 1—1,5 мл раствора гидроксида натрия и добавьте несколько капель раствора фенолфталеина. К содержимому в пробирке прилейте раствор уксусной кислоты. Что наблюдаете?

#### Вопросы и задания:

1. Какие вещества образуются при взаимодействии уксусной кислоты с основаниями?

Напишите уравнения реакций.





#### **Опыт 4. Взаимодействие уксусной кислоты со спиртами**

В пробирку налейте 2 мл раствора уксусной кислоты. Прилейте 2 мл изоамилового спирта. Затем осторожно добавьте 1 мл концентрированной серной кислоты. Пробирку закройте пробкой с длинной стеклянной трубкой-холодильником. Смесь осторожно подогрейте на водяной бане.

После охлаждения добавьте к содержимому пробирки несколько капель воды. При этом образуются маслянистые капли нерастворимого в воде изоамилового эфира уксусной кислоты с характерным запахом грушевой эссенции.

#### **Вопросы и задания:**

1. Какие свойства уксусной кислоты сходны со свойствами минеральных кислот?
2. Какие вещества образуются при взаимодействии уксусной кислоты со спиртами? Напишите уравнения соответствующих реакций.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3**

#### **Получение и свойства сложных эфиров**

**Реактивы:** раствор уксусной кислоты, этиловый спирт, раствор концентрированной серной кислоты, вода.

**Химическая посуда и лабораторное оборудование:** колба емкостью 50 мл, водяная баня, металлический штатив, горелка или спиртовка, цилиндр, стакан, трубка-холодильник, делительная воронка.

#### **Ход работы:**

Налейте в колбу 10—12 мл выданной вам смеси этилового спирта, уксусной кислоты и серной кислоты. Присоедините к колбе водяной или воздушный холодильник, нижний конец которого опустите в приемник, помещенный в смесь воды со льдом. Колбу с содержимым осторожно подогрейте на водяной бане. Когда соберется достаточное количество эфира и перегонка замедлится, опыт прекратите.

Чтобы освободить эфир от примеси спирта и кислоты, добавьте воду и смесь взболтайте. Затем разделите ее при помощи делительной воронки.

#### **Вопросы и задания:**

1. Какие вещества образуются при взаимодействии уксусной кислоты со спиртами?
2. Напишите уравнения соответствующих химических реакций.

• Альдегиды и кетоны содержат функциональную группу — карбонил  $C=O$ . Альдегиды имеют рядом с такой группой еще один другой атом углерода, а в кетонах данная группа соединена с другими двумя атомами углерода.

• Названия альдегидов содержат суффикс — *аль*, а у кетонов — *он*. Но наряду с современными названиями, альдегиды и кетоны имеют тривиальные названия, например метаналь имеет название — формальдегид, муравьиный альдегид. Пропанон имеет название — диметилкетон, ацетон.

- Альдегиды и кетоны вступают в реакцию гидрирования образуя при этом:  
Альдегиды — первичные спирты;  
Кетоны — вторичные спирты.

• Альдегиды окисляются до карбоновых кислот, а кетоны окисляются только сильными окислителями до нескольких кислот.

• Альдегиды и кетоны вступают в реакции нуклеофильного присоединения с синильной кислотой и гидросульфитом натрия.

• Альдегидам характерна качественная реакция “серебряного зеркала” с реактивом Толленса, в которой образуется серебро, а также с реактивом Фелинга, в которой образуется красный осадок оксида меди (+1). Кетоны в данные реакции не вступают.

• Карбоновые кислоты содержат в своем составе карбонильную группу, а также гидроксогруппу. Функциональная группа кислот имеет состав  $-COOH$ , называется эта группа — карбоксильная группа.

• Карбоновые кислоты бывают: предельные, непредельные и ароматические. Кроме этого, кислоты бывают одно и многоосновные.

• Карбоновые кислоты имеют в названии суффиксное окончание -овая кислота. Все кислоты имеют международное и тривиальное название, например, метановая кислота имеет название — муравьиная.

• Все карбоновые кислоты являются слабыми кислотами и электролитами. Они проявляют общие свойства кислот (реагируют с металлами, их оксидами и гидроксидами, солями), а также проявляют свойства органических веществ (например, этерификацию, замещение с галогенами, разложение и окисление).

• Сложные эфиры также имеют в своем составе карбонильную группу, а их функциональная группа имеет состав  $-COO-$ . Сложные эфиры получают в реакции этерификации со спиртами. Одно из основных их свойств гидролиз, омыление. Сложные эфиры имеют приятные запахи и встречаются в природе.

• Важнейшими представителями сложных эфиров являются жиры. Жиры образованные непредельными кислотами (растительные мас-

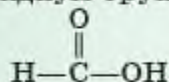


ла), и предельными кислотами (животные жиры). Наиболее важными свойствами жиров являются реакции гидролиза и гидрирования (образование маргарина).

Муравьиная кислота по строению и свойствам отличается от остальных карбоновых кислот.

1) В молекуле муравьиной кислоты вместо углеводородного радикала присутствует атом водорода. По этой причине эта кислота является более сильной.

2) В молекуле муравьиной кислоты наряду с карбоксильной группой можно выделить также альдегидную группу.



Поэтому вступает с реакции, характерные как для кислот, так и для альдегидов.



# АМИНЫ И АМИНОКИСЛОТЫ



## § 14. АМИНЫ

Аминами называют производные аммиака, в молекулах которого один или несколько атомов водорода замещены углеводородными радикалами.

В зависимости от числа углеводородных радикалов, содержащихся в молекуле амина, они подразделяются на *первичные*, *вторичные* и *третичные* (рис. 17):

Заместители могут быть как одинаковыми, так и разными.

Можно также считать, что первичные амины являются производными углеводородов, в молекулах которых атом водорода замещен на функциональную группу  $\text{NH}_2$  — аминогруппу.

В зависимости от природы радикала амины могут быть *предельными*, *непредельными* и *ароматическими*. Например,  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{NH}_2$  — фениламин или анилин.

**Строение.** В молекулах аминов, как и в молекуле аммиака, имеется аминогруппа, атом азота, который содержит, неподеленную пару электронов. За счет неподеленной пары электронов амины подобно аммиаку проявляют основные свойства.

### Сегодня на уроке:

- изучим амины.

### Ключевые понятия

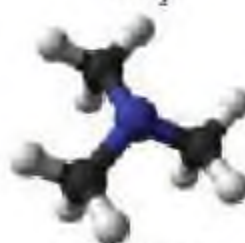
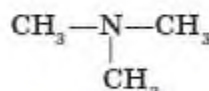
- амины
- строение
- изомерия
- номенклатура
- свойства
- применение



метиламин  
(первичный амин)



диэтиламин  
(вторичный амин)

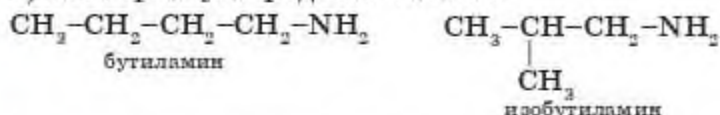


триметиламин  
(третичный амин)

Рис. 17. Амины

**Изомерия и номенклатура.** Для аминов характерна структурная изомерия:

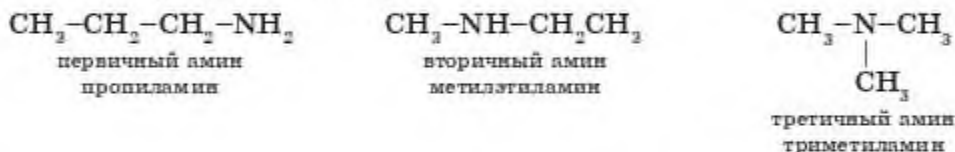
а) изомерия углеродного скелета



б) изомерия положения функциональной группы



*Первичные, вторичные и третичные амины, содержащие одинаковое число атомов углерода, изомерны между собой:*

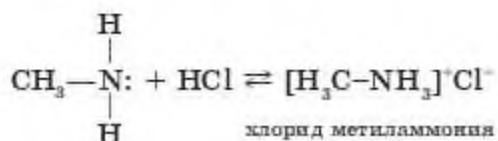
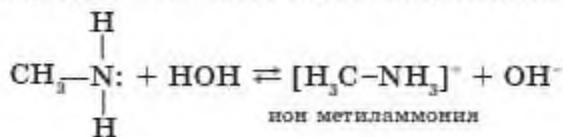


Названия аминов производят от названий соответствующих углеводородных радикалов с добавлением окончания *-амин*.

**Физические свойства.** Простейшие алифатические амины ( $\text{C}_1-\text{C}_3$ ) — газы с запахом аммиака,  $\text{C}_4-\text{C}_9$  — жидкости с резким неприятным запахом испорченной рыбы. Высшие амины — твердые вещества. Простейшие амины хорошо растворимы в воде, с увеличением размера углеводородного радикала растворимость аминов уменьшается.

Амины образуются при гниении органических остатков, содержащих белки. Ряд аминов образуется в организме человека и животных из аминокислот.

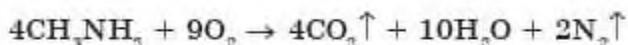
**Химические свойства.** Свойства аминов определяются наличием в их составе аминогруппы, атом азота которой содержит неподеленную электронную пару. В водном растворе и в присутствии кислот эта электронная пара взаимодействует с положительно заряженным ионом водорода и присоединяет его по донорно-акцепторному механизму.





Следовательно, амины, подобно аммиаку проявляют основные свойства. Их водные растворы окрашивают раствор лакмуса в синий цвет, а раствор фенолфталеина — в малиновый цвет. Однако по сравнению с аммиаком, амины являются более сильными основаниями. Поскольку они отличаются от аммиака лишь наличием в молекулах углеводородных радикалов, очевидно, сказывается влияние этих радикалов на атом азота.

Амины горят на воздухе (вспомните, при каких условиях горит аммиак):



**Применение.** Метиламин  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  используют в качестве полупродукта при синтезе лекарственных препаратов и красителей.

Диметиламин  $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$  применяется для вулканизации каучука и в качестве полупродукта в синтезе различных лекарственных препаратов.



Аминами называют производные аммиака, в молекулах которого один или несколько атомов водорода замещены углеводородными радикалами. В зависимости от природы радикала амины могут быть **предельными, непредельными и ароматическими**. В зависимости от числа углеводородных радикалов, содержащихся в молекуле амина, они подразделяются на **первичные, вторичные и третичные**. Изомерия аминов связана с изомерией углеводородного радикала и положением аминогруппы.

Свойства аминов определяются наличием в их составе аминогруппы, атома азота которой содержит неподеленную электронную пару. По сравнению с аммиаком амины являются более сильными основаниями.



1. Что такое *амины* и каково строение их молекул?
2. Составьте формулы всех изомеров пропиламина  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ .
3. Составьте уравнение реакции горения этиламина, считая, что азот при этом выделяется в свободном виде.
4. Приведите уравнения, подтверждающие сходство реакций: а) солеобразования у аммиака и аминов; б) выделения аммиака и аминов из солей действием щелочей.

- 1. Продукты сгорания 0,9 г первичного амина пропустили через концентрированный раствор щелочи и измерили объем оставшегося газа. Этот объем составил  $224 \text{ см}^3$  (н. у.). Найдите формулу амина.

*Ответ:* этиламин.

- 2. Определите формулу вторичного амина, массовая доля атомов углерода, водорода и азота в котором соответственно равны 61,0; 15,3; и 23,7%.



## § 15. АНИЛИН

### Сегодня на уроке:

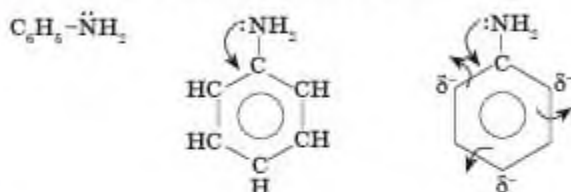
- познакомимся с ароматическим амином-анилином.

### Ключевые понятия

- анилин
- строение
- изомерия
- получение
- свойства
- применение

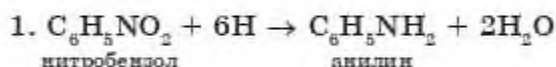
**Строение.** Анилин  $C_6H_5NH_2$  (фениламин) — представитель ароматических аминов, в молекулах которых аминогруппа непосредственно связана с бензольным кольцом.

Строение молекулы анилина можно изобразить несколькими способами:

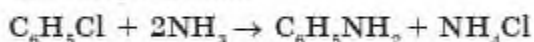


Как видим, в молекуле анилина, как и в молекулах других аминов, у атома азота имеется неподеленная электронная пара. На рис. 18 представлены модели молекул анилина.

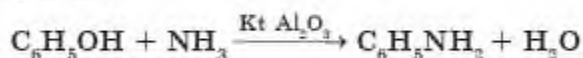
**Получение** анилина в промышленности основано на реакции восстановления нитробензола. Эту реакцию в 1842 году открыл русский ученый Н. Н. Зинин. Эта реакция известна в химии под названием реакции Зинина, и ее можно изобразить уравнением:



2. Из хлорбензола:



3. Аммонолиз фенола:



**Физические свойства.** Анилин  $C_6H_5NH_2$  бесцветная маслянистая ядовитая жидкость, малорастворимая в воде. Он хорошо растворяется в спирте и бензоле.

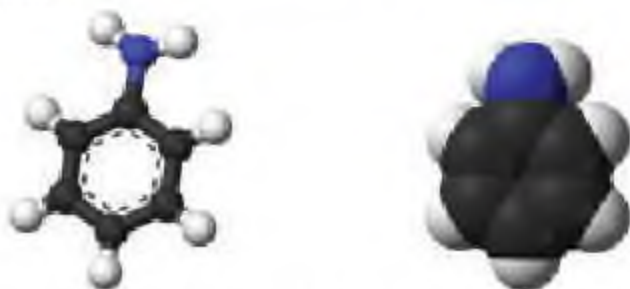


Рис. 18. Модели молекулы анилина



**Химические свойства** Химические свойства анилина обусловлены наличием в его молекуле аминогруппы —  $\text{NH}_2$  и бензольного кольца.

Как и в молекуле фенола, бензольное ядро смещает к себе неподеленную электронную пару азота аминогруппы. Вследствие этого электронная плотность на азоте уменьшается и он слабее связывает ион водорода, поэтому анилин более слабое основание, чем амины предельного ряда.

Анилин реагирует с кислотами с образованием солей, но окраски раствора лакмуса не изменяет, т.к. нерастворим в воде.

Важнейшие химические свойства анилина представлены в таблице 5.

Таблица 5

Химические свойства анилина

Химические свойства анилина, обусловленные наличием в молекуле аминогруппы	Химические свойства анилина, обусловленные наличием в молекуле бензольного ядра
<p>1. Реагирует с кислотами с образованием солей:</p> $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow [\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]^+ \text{Cl}^-$ <p style="text-align: center;"><i>хлорид фениламмония</i></p> <p>Хлорид фениламмония реагирует со щелочами, образуя анилин:</p> $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	<p>1. Энергично реагирует с бромной водой с образованием белого осадка - 2,4,6-триброманилина:</p> <div style="text-align: center;"><p style="text-align: center;">2,4,6-триброманилин</p></div> <p>Это качественная реакция на анилин.</p>

**Применение.** Анилин — один из важнейших продуктов химической промышленности. Он является исходным веществом для получения многих анилиновых красителей, используется при получении важных лекарственных веществ, например сульфаниламидных препаратов анилина.



Анилин — представитель ароматических аминов. Химические свойства анилина обусловлены наличием в его молекуле аминогруппы —  $\text{NH}_2$  и бензольного кольца. Анилин более слабое основание, чем амины предельного ряда. Анилин реагирует с кислотами с образованием солей, но окраски раствора лакмуса не изменяет. Анилин реагирует с бромной водой с образованием белого осадка 2, 4, 6-триброманилина, и эта реакция является качественной на анилин.



1. Как объяснить, что анилин обладает более слабыми основными свойствами, чем амины предельного ряда?
2. Расположите в ряд по возрастанию основных свойств следующие соединения: диэтиламин, анилин, аммиак, этиламин, дифениламин.
3. Составьте уравнения реакций восстановления: а) нитроэтана; б) нитротолуола в соответствующие амины.
4. Составьте уравнения реакций, в результате которых можно осуществить следующие превращения:  

$$\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$$

- 1. При восстановлении 250 г нитробензола получили 150 г анилина. Вычислите, сколько это составляет процентов по сравнению с теоретическим выходом продукта реакции.

*Ответ: 79,36%.*

- 2. Сколько граммов нитробензола можно получить из 312 г бензола, если массовая доля выхода нитробензола составляет 75%, по сравнению с теоретическим?

*Ответ: 369 г.*

## § 16. СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ АМИНОКИСЛОТ

### Сегодня на уроке:

- изучите строение, изомерию и номенклатуру аминокислот.

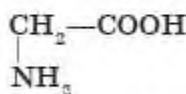
### Ключевые понятия

- аминокислоты
- строение
- пептидная связь
- изомерия
- номенклатура

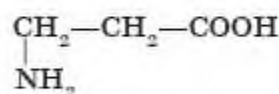
Среди азотсодержащих органических веществ имеются соединения с двойственной функцией. Особенно важными из них являются аминокислоты.

Аминокислотами называют азотсодержащие органические соединения, в молекулах которых содержатся аминогруппы —  $\text{NH}_2$  и карбоксильные группы —  $\text{COOH}$  (рис. 19).

Например:



аминоуксусная кислота



аминопропионовая кислота

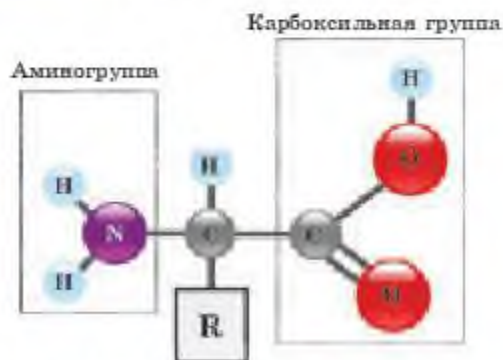


Рис. 19. Состав и строение аминокислот





Изомерия аминокислот определяется изомерией углеродной цепи и изомерией положения аминогруппы по отношению к карбоксильной группе.

Аминокислоты широко распространены в природе, и обнаружено около 150 различных аминокислот. Значение аминокислот исключительно велико, так как они входят в состав молекулы белков, играющих важнейшую роль в жизненных процессах (рис. 20).

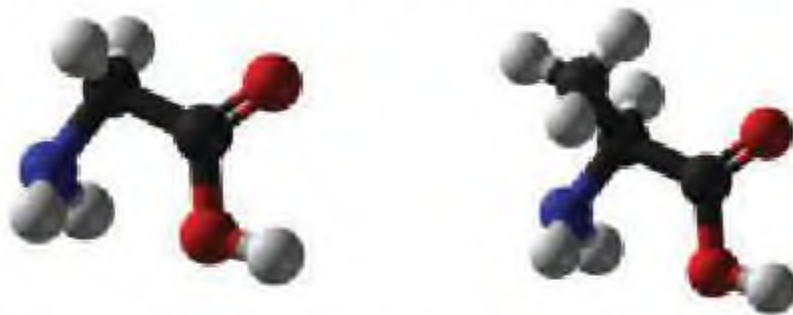


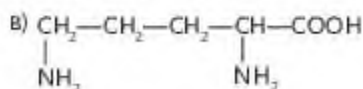
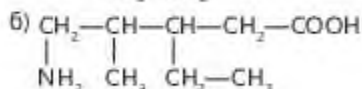
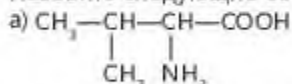
Рис. 20. Модель молекулы глицина (аминоуксусная кислота). Модель молекулы аланина (аминопропионовая кислота)



Аминокислотами называют азотсодержащие органические соединения, в молекулах которых содержатся аминогруппы  $-\text{NH}_2$  и карбоксильные группы  $-\text{COOH}$ .

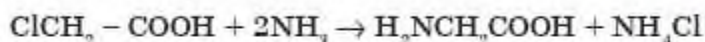


1. Охарактеризуйте строение молекул аминокислот.
2. Какова роль аминокислот в жизни человека и животных?
3. Напишите структурные формулы следующих аминокислот:
  - а) 3-аминопропионовой кислоты
  - б) 2-амино-4-метилпентановой кислоты
  - в) 2,3-диамино-2,3-диметилгексановой кислоты
4. Назовите следующие соединения по заместительной номенклатуре:



## § 17. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМИНОКИСЛОТ

**Получение.** Аминокислоты выделяют из продуктов гидролиза белковых веществ. Наиболее общим методом получения аминокислот является действие избытка аммиака на галогензамещенные карбоновые кислоты или их соли. Реакция идет по схеме:

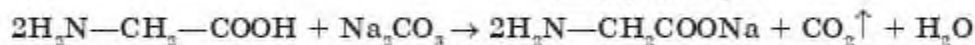
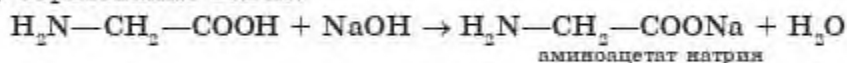


**Физические свойства.** Аминокислоты — бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде. Многие из них обладают сладким вкусом.

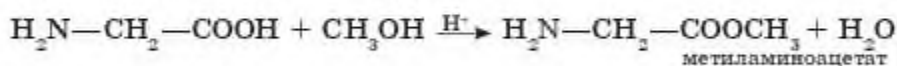
**Химические свойства.** В молекуле аминокислот содержатся карбоксильные группы, имеющие кислотные свойства, и аминогруппы, обладающие основными свойствами, поэтому они проявляют свойства, характерные как для кислот, так и для оснований, т. е. они являются *амфотерными соединениями*. Кроме того, они проявляют специфические свойства, характерные для соединений с одновременным содержанием двух различных по своей природе функциональных групп.

**1. Реакции, связанные с наличием карбоксильной группы (кислотные свойства).**

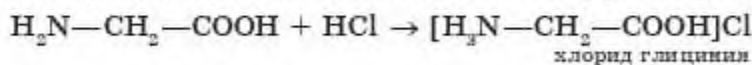
а) Образование солей:



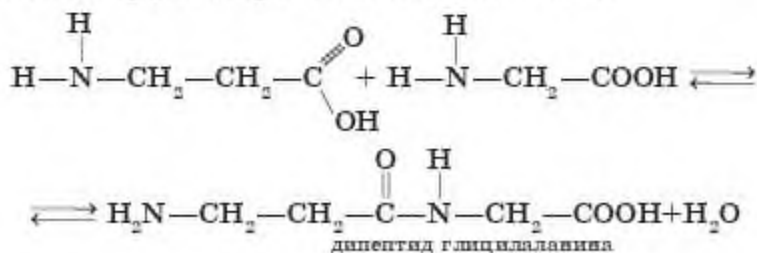
б) образование сложных эфиров:



**2. Реакции, связанные с наличием аминогруппы (основные свойства)**



**3. Реакции, связанные с наличием и взаимным влиянием аминокислотных групп, образование дипептидов:**



### Сегодня на уроке:

- изучим получение и свойства аминокислот

### Ключевые понятия

- кислотные свойства аминокислот
- основные свойства
- образование пептидов



Группу атомов  $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$  называют **пептидной**, или **амидной**, группой, а связь между атомами углерода и азота — **пептидной**, или **амидной**, связью. Синтезируемые высокомолекулярные соединения называют **полипептидами**.

**Применение.** Аминокислоты, особенно  $\alpha$ -аминокислоты, необходимы для синтеза белков в живых организмах. Человек и животные получают их в составе белков пищи. Аминокислоты используются в качестве лечебного средства при некоторых болезнях.

Некоторые аминокислоты применяются для подкормки животных, что положительно влияет на их рост.

Аминокапроновая и аминоксантовая кислоты имеют техническое значение. Из них получают синтетические волокна, известные под названием капрон, зант.



Химические свойства аминокислот обусловлены одновременным содержанием двух различных по своей природе функциональных групп. Аминокислоты являются амфотерными соединениями.



- Составьте структурные формулы всех изомерных кислот: а) аминокислотных; б) аминокислотных.
  - Как получить этиловый эфир аминокислотной кислоты? Составьте уравнение реакции.
  - Как получить  $\alpha$ -аминокислотную кислоту, исходя из пропилового спирта (пропанола-1)? Составьте уравнения реакций.
  - Напишите уравнения реакций, которые подтверждают амфотерность валина (2-амино-3-метилбутановая кислота).
  - Какие свойства (кислотные или основные) будут преобладать у аспарагиновой кислоты? (2-аминобутандиовая кислота.)
  - Напишите уравнения реакций между валином и следующими веществами: а) NaOH; б) HCl; в)  $\text{CH}_3\text{OH}$
- 1. Какой минимальный объем аммиака надо пропустить через раствор массой 300 г с массовой долей хлоруксусной кислоты 20% для полного превращения ее в аминокислотную кислоту? Объем рассчитайте при нормальных условиях.  
*Ответ: 14,2 л.*
  - 2. Из уксусной кислоты массой 27 г получили хлоруксусную кислоту, выход которой составил 60%. Через раствор хлоруксусной кислоты пропустили аммиак объемом 6,72 л (н. у.). Какое количество вещества аминокислотной кислоты получили при этом?

*Ответ: 0,27 моль.*

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

##### Составление моделей молекул аммиака и аминов

**Лабораторное оборудование:** набор для построения шаростержневых моделей молекул органических соединений.

**Ход работы:** Напишите структурные формулы аммиака и метиламина. Возьмите из набора один шарик голубого цвета, который будет символизировать атом азота, необходимое число шариков белого цвета, которые будут символизировать атомы водорода. Химическая связь изображается металлическими стержнями. При помощи стержней эти атомы соедините между собой согласно структурной формуле аммиака. Используя модель молекулы аммиака, составьте модель молекулы метиламина. Для изображения атома углерода возьмите черный шарик, к нему прикрепите три атома водорода. С модели молекулы аммиака снимите один шар белого цвета, т. е. атом водорода. Вместо атома водорода присоедините метил радикал. Таким образом вы получите модель метиламина.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

##### Составление моделей молекул аминокислот и определение ассиметричного атома углерода

**Лабораторное оборудование:** набор для построения шаростержневых моделей молекул органических соединений.

**Ход работы:** Напишите структурные формулы глицина и аланина. Возьмите из набора необходимое число шариков черного цвета, которые будут символизировать атомы углерода, необходимое количество шариков голубого цвета, которые будут символизировать атомы азота, необходимое число шариков белого цвета, которые будут символизировать атомы водорода. Химическая связь изображается металлическими стержнями. При помощи стержней эти атомы соедините между собой согласно структурным формулам аминокислот. Определите ассиметричный атом углерода.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

##### Свойства аминокислот

**Реактивы:** кристаллический глицин, 1%-ные растворы глицина, глутаминовой и аспарагиновой кислот, раствор гидрокарбоната натрия; концентрированный раствор соляной кислоты.

**Химическая посуда и лабораторное оборудование:** пробирки, штатив для пробирок, универсальная индикаторная бумага, спиртовка, предметное стекло, стеклянная палочка, микроскоп.



**Техника безопасности.** Требуется соблюдение правил работы с растворами кислот, щелочей и нагревательными приборами.

**Ход работы:**

**Опыт 1. Определение pH растворов разных аминокислот**

На полоску универсальной индикаторной бумаги нанесите рядом по одной капле растворов разных аминокислот (глицина, аспарагиновой и глутаминовой кислот) и определите по шкале их pH. Сравните pH данных кислот. Результаты запишите в таблицу.

**Опыт 2. Амфотерные свойства аминокислот**

**1. Получение натриевой соли глицина.**

В пробирку поместите 1 мл раствора глицина и добавьте 1 мл гидрокарбоната натрия  $\text{NaHCO}_3$ . Что происходит?

**2. Получение солянокислой соли глицина.**

Небольшое количество глицина (кристаллического) смочите несколькими каплями  $\text{HCl}$  конц. и нагрейте до полного растворения кристаллов. Каплю горячего раствора солянокислого глицина нанесите на предметное стекло и, как только при охлаждении начнет выделяться соль глицина, рассмотрите ее кристаллы под микроскопом.

Название кислоты	Структурная формула кислоты	pH раствора кислоты

**Вопросы и задания:**

1. Чем обусловлено различие величин pH растворов аминокислот?
2. В чем проявляется двойственность химических функций аминокислот? Как это можно доказать?
3. Напишите уравнения соответствующих химических реакций.



### Амины и аминокислоты

Амины являются производными аммиака, в котором один или несколько атомов водорода замещены на радикал. Амины бывают первичными, вторичными и третичными. Также они подразделяются по строению радикала на предельные, непредельные и ароматические.

Все амины проявляют свойства доноров и слабых оснований. Эти свойства усиливаются от первичных, через третичные, к вторичным. Они реагируют с кислотами, горят.

Анилин является ароматическим амином, проявляющим свойства слабого основания и ароматического вещества. В связи с возрастанием электронной плотности атомов углерода бензольного кольца находящихся в положениях 2,4,6, анилин легко вступает в реакцию замещения по ароматическому кольцу. Качественная реакция на анилин с бромной водой, выпадает белый осадок 2,4,6-триброманилина.

Аминокислоты, содержат два разных по свойствам функциональные группы: аминогруппу —  $\text{NH}_2$  и карбоксильную группу —  $\text{COOH}$ . Данные вещества проявляют амфотерные свойства.

Аминокислоты могут содержать аминогруппу при 2 ( $\alpha$ ), 3 ( $\beta$ ), 4 ( $\gamma$ ) и т.д. атомах углерода. Наиболее важное значение имеют  $\alpha$ -аминокислоты, многие из которых входят в состав белков. Реакция получения белков из аминокислот, называется поликонденсацией, полипептизацией.



## ХИМИЯ ЖИВОГО

Углеводы широко распространены в природе и играют важную роль в жизни человека.

Общая формула углеводов —  $C_n(H_2O)_m$ , т. е. они как бы состоят из углерода и воды, отсюда и название класса, которое имеет исторические корни. Позднее были найдены углеводы, состав которых не отвечает этой формуле, например дезоксирибоза  $C_5H_{10}O_4$ . Известны также органические соединения, состав которых соответствует приведенной общей формуле, но по свойствам отличаются от углеводов, например формальдегид  $CH_2O$  и уксусная кислота  $CH_3COOH$ .

Однако название “углеводы” укоренилось и в настоящее время является общепризнанным для этих веществ.

Углеводы в зависимости от их строения подразделяются на *моносахариды, дисахариды и полисахариды*.

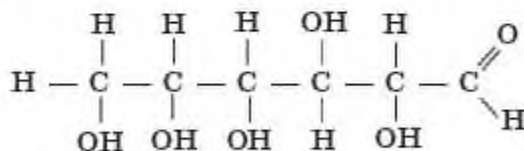
Простейшим и важным моносахаридом является глюкоза.

### § 18. ГЛЮКОЗА

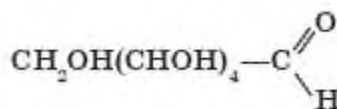
#### Сегодня на уроке:

- поймем, что глюкоза является альдегидоспиртом.

**Строение.** Состав глюкозы выражается формулой  $C_6H_{12}O_6$ . Химическое строение глюкозы можно выразить следующей формулой:



или



Как видно, глюкоза одновременно и альдегид, и многоатомный спирт — она альдегидоспирт (рис. 21).

#### Ключевые понятия

- углеводы
- моносахариды
- глюкоза
- строение
- получение

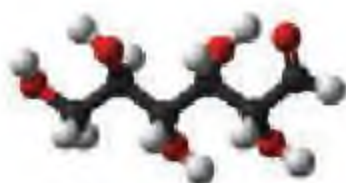
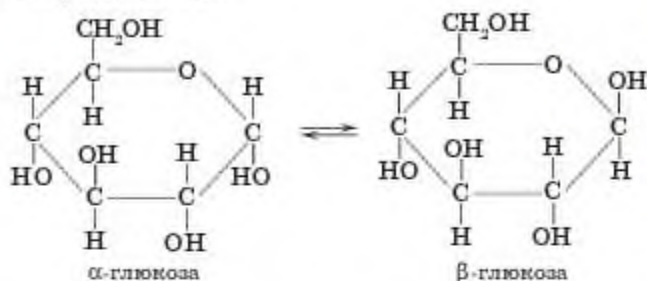


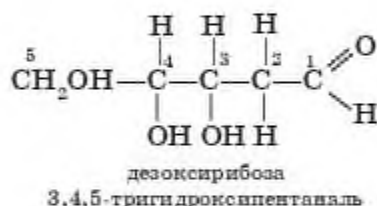
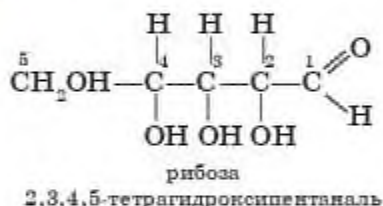
Рис. 21. Модель молекулы глюкозы

Но в действительности, глюкоза может существовать в форме циклических молекул:  $\alpha$ - и  $\beta$ -глюкозы.



Межклассовым изомером глюкозы является фруктоза, находящаяся во фруктах и меде. Она более сладкая, чем глюкоза. Фруктоза является кетонспиртом.

Из пентоз большой интерес представляют рибоза  $C_5H_{10}O_5$  и дезоксирибоза  $C_5H_{10}O_4$ , входящие в состав нуклеиновых кислот, их структурные формулы показаны ниже:



Как видим, рибоза и дезоксирибоза — бифункциональные соединения (содержат две функциональные группы), в молекуле дезоксирибозы отсутствует атом кислорода у второго атома С. Название “дезоксирибоза” показывает, что по сравнению с рибозой в ее молекуле на одну группу OH меньше.

**Получение.** В природе глюкоза наряду с другими углеводами образуется в результате реакции фотосинтеза (рис. 22):

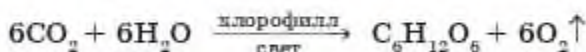
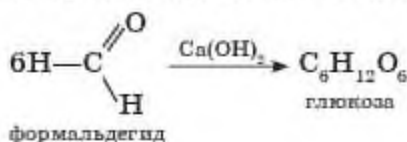


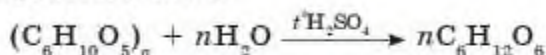
Рис. 22. Фотосинтез



Первый синтез моносахаридов из формальдегида в присутствии гидроксида кальция был произведен А. М. Бутлеровым в 1861 г.



На производстве глюкозу в основном получают гидролизом крахмала в присутствии серной кислоты:



## § 19. СВОЙСТВА ГЛЮКОЗЫ

### Сегодня на уроке:

- рассмотрим свойства глюкозы.

### Ключевые понятия

- свойства
- применение

**Физические свойства.** Глюкоза бесцветное (белое) кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, сладкое на вкус, имеющее невысокую температуру плавления.

**Нахождение в природе.** Глюкоза содержится почти во всех органах зеленых растений. Особенно много глюкозы в соке винограда и в спелых фруктах, ягодах. Иногда глюкозу называют “виноградным сахаром”. В смеси с фруктозой она составляет значительную часть меда.

В крови человека и животных постоянно содержится около 0,1% глюкозы (80—120 мг в 100 мл крови).

**Химические свойства.** Как показывает строение, глюкоза — бифункциональное соединение, поэтому она проявляет химические свойства, характерные как для альдегидов, так и многоатомных спиртов. Кроме того, она обладает и некоторыми специфическими свойствами.

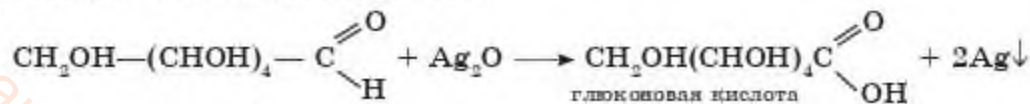
**Реакции глюкозы как многоатомного спирта.**

1. Реагирует с карбоновыми кислотами с образованием сложных эфиров.
2. Как многоатомный спирт реагирует со свежеполученным гидроксидом меди (II), образуя ярко-синий раствор алкоголята меди (II).

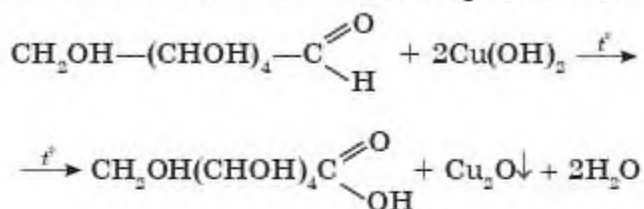
**Реакции глюкозы как альдегида.**

1. Окисление альдегидной группы.

Глюкоза как альдегид способна окисляться в соответствующую (глюконовую) кислоту и давать качественную реакцию альдегидов — реакцию “серебряного зеркала”:

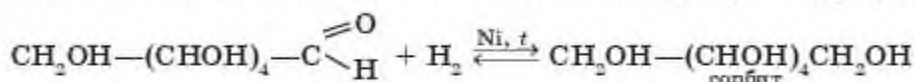


2. Реакция со свежеполученным  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  при нагревании:



3. Восстановление альдегидной группы.

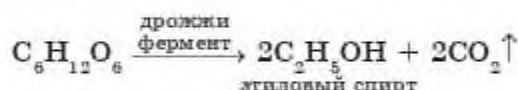
Глюкоза может восстанавливаться в соответствующий спирт (сорбит):



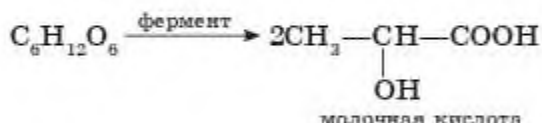
**Специфические свойства глюкозы.**

Глюкоза способна подвергаться брожению. Эти реакции протекают под действием особых биологических катализаторов белковой природы — ферментов. Из различных видов брожения отметим:

1. Спиртовое брожение:



2. Молочнокислое брожение:



**Применение.** Глюкоза — ценное питательное вещество. Как вещество, легко усваиваемое организмом и дающее ему энергию, глюкоза находит непосредственное применение в качестве укрепляющего лечебного средства. Широко применяют глюкозу в кондитерском деле (изготовление карамели, мармелада и т. д.).

Как восстановитель она используется при изготовлении зеркал и елочных украшений. Брожением глюкозы могут быть получены молочная кислота и другие продукты.



Углеводы широко распространены в природе и играют важную роль в жизни человека.

Углеводы в зависимости от их строения подразделяются на моносахариды, дисахариды и полисахариды.

Простейшим и важным моносахаридом является глюкоза. Глюкоза вещество с двойственной химической функцией проявляет химические свойства, характерные для альдегидов и многоатомных спиртов. Кроме того, она обладает и некоторыми специфическими свойствами.





1. Какие вещества относят к углеводам и почему им было дано такое название?
2. Как классифицируют углеводы и почему?
3. Как опытным путем можно доказать, что в молекуле глюкозы пять гидроксильных групп и одна альдегидная группа?
4. Какие химические свойства глюкозы и глицерина являются общими, и чем эти вещества отличаются друг от друга? Напишите уравнения соответствующих реакций.
5. Какова роль глюкозы в живых организмах?
6. Составьте уравнения реакций: а) окисление глюкозы гидроксидом меди (II); б) восстановление глюкозы в шестиатомный спирт.
7. Напишите структурные формулы рибозы и дезоксирибозы.
  - а) Дайте характеристику функциональных групп в этих веществах.
  - б) Напишите уравнения реакций этих веществ с оксидом серебра (аммиачный раствор) с образованием рибоновой и дезоксирибоновой кислот.
  - в) Напишите уравнения взаимодействия этих веществ с уксусной кислотой. Как называется эта реакция? К какому классу относится данное вещество?

- 1. Путем брожения глюкозы получено 115 г спирта. Какой объем займет образовавшийся при этом углекислый газ (н. у.)?

*Ответ:* 56 л.

- 2. При брожении глюкозы образовалось 112 л (н. у.) газа  $\text{CO}_2$ . Сколько глюкозы (в граммах) подверглось брожению?

*Ответ:* 450 г.

- 3\*. Сколько граммов глюкозы было подвергнуто спиртовому брожению, протекающему с выходом 80%, если для нейтрализации образующегося при этом  $\text{CO}_2$  потребовалось 65,57 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия ( $\rho = 1,22 \text{ г/мл}$ )?

*Ответ:* 22,5 г.

### Запомните

Превышение содержания глюкозы в крови уровня 180 мг в 100 мл крови свидетельствует о нарушении углеводного обмена и развитии опасного заболевания — сахарного диабета.

## § 20. ДИСАХАРИДЫ. САХАРОЗА

### Сегодня на уроке:

- познакомимся дисахаридами.

### Ключевые понятия

- дисахариды
- сахароза
- строение
- получение
- свойства
- применение

Дисахаридами называют вещества, состоящие из двух одинаковых или различных остатков моносахаридов. Важнейшими из них являются сахароза (рис. 23), мальтоза и лактоза. Все они являются изомерами и имеют формулу  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ , однако они имеют различное строение.

**Строение.** Сахароза имеет более сложное строение, чем глюкоза.

Наличие гидроксильных групп в молекуле сахарозы легко подтверждается реакцией с гидроксидом меди (II). Если раствор сахарозы





Рис. 23. Сахароза



прилить к гидроксиду меди (II), то образуется ярко-синий раствор сахарата меди (II). Реакцию “серебряного зеркала” с сахарозой осуществить не удастся. Следовательно, сахароза в отличие от глюкозы не является альдегидом, но в ее молекуле содержатся гидроксильные группы. Важные данные для суждения о строении сахарозы можно получить на основе изучения ее реакции с водой если прокипятить раствор сахарозы с несколькими каплями соляной или серной кислоты, то раствор с гидроксидом меди (II) дает красный осадок. Очевидно, при кипячении раствора сахарозы образуется вещество с альдегидной группой, которая и восстановила гидроксид меди (II) до оксида меди (I). Изучение данной реакции показывает, что сахароза при каталитическом действии кислоты подвергается гидролизу, в результате чего образуются глюкоза и фруктоза:

Следовательно, молекулы сахарозы состоят из взаимно связанных остатков молекул глюкозы и фруктозы (рис. 24).

**Нахождение в природе.** Сахароза содержится в соке березы, клена, в моркови, дыне. Особенно много ее в сахарной свекле и сахарном тростнике.

**Получение.** Сахарозу  $C_{12}H_{22}O_{11}$  получают в основном из сахарной свеклы и сахарного тростника. Получение сахарозы из свеклы или сахарного тростника можно представить схемой:

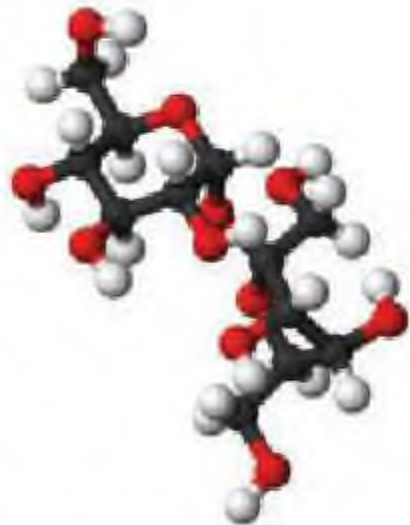
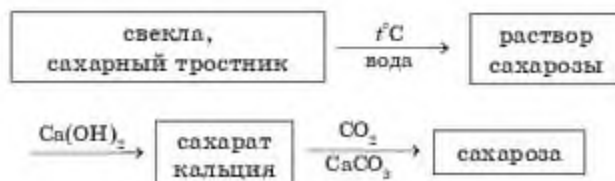
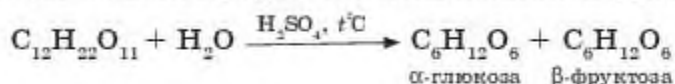


Рис. 24. Модель молекулы сахарозы



**Физические свойства.** Сахароза хорошо известна нам в виде обычного сахара. Она представляет собой бесцветные кристаллы сладкого вкуса, очень хорошо растворима в воде.

**Химические свойства.** Важнейшее химическое свойство дисахаридов — способность подвергаться гидролизу. Так, при гидролизе дисахаридов в кислой среде или под воздействием ферментов образуются соответствующие моносахариды, что можно описать уравнением:



В сахарном тростнике и сахарной свекле осуществляется обратная реакция — из глюкозы и фруктозы синтезируется сахароза.

◆ Лактоза (молочный сахар) состоит остатков из  $\alpha$ -глюкозы и  $\alpha$ -галактозы. Мальтоза (солодовый сахар) состоит из двух остатков  $\alpha$ -глюкозы.

**Применение.** Сахарозу в основном используют в качестве продукта питания и в кондитерской промышленности.

Развитием сахарной отрасли в Казахстане занимается «Центрально-азиатская сахарная корпорация». Она объединяет несколько заводов. Главной производственной деятельностью компании является выпуск сахара-песка и рафинада. Компания на сегодняшний день только по одному заводу имеет производственную мощность 800 тонн в сутки и является монополистом на рынке сахара в Республике Казахстан.



Дисахаридами называют вещества, состоящие из двух одинаковых или различных остатков моносахаридов. Важнейшими из них являются сахароза, мальтоза и лактоза. Все они являются изомерами и имеют одинаковую формулу, но различное строение. В молекуле сахарозы содержатся гидроксильные группы.



1. Какие углеводы называют дисахаридами?
2. С помощью каких реакций можно различить глюкозу, сахарозу? Напишите уравнение реакции гидролиза сахарозы. Укажите условия протекания этой реакции.

- 1. В каком углеводе содержится больше углерода (в процентах по массе) — в глюкозе или в сахарозе?
- 2. При гидролизе сахарозы получилось 270 г смеси глюкозы и фруктозы. Какая масса сахарозы подверглась гидролизу?

Ответ: 256,5 г.

- 3. Вычислите, какой объем (в л) оксида углерода (IV) образуется при окислении 0,25 моль сахарозы при н.у.

Ответ: 67,2 л.



## Знаешь ли ты?

Сложные эфиры сахарозы и высших карбоновых кислот — хорошее моющее средство и поэтому используются в промышленности. Они не имеют ни запаха, ни вкуса и не ядовиты. Сточные воды с этими эфирами легко очищаются в отстойниках, так как имеющиеся там бактерии свободно их разлагают.

## § 21. КРАХМАЛ

Крахмал  $(C_6H_{10}O_5)_n$  — природный полимер. Число повторяющихся звеньев в макромолекуле крахмала может колебаться от нескольких сотен до нескольких тысяч. Поскольку при гидролизе крахмала образуется  $\alpha$ -глюкоза, то можно сделать вывод, что эти звенья являются остатками молекул глюкозы (рис. 25). Также установлено, что крахмал имеет линейную (амилоза) и разветвленную (амилопектин) структуру макромолекул (рис. 26).

### Сегодня на уроке:

- рассмотрим крахмал.

### Ключевые понятия

- крахмал
- строение
- свойства
- применение

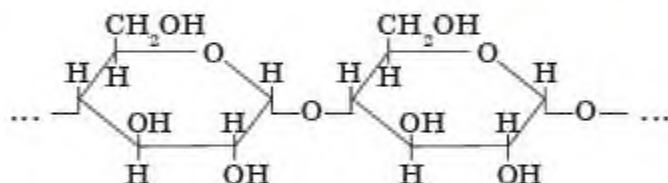


Рис. 25. Структура крахмала

При образовании молекул крахмала из молекул глюкозы образуются не только молекулы высокомолекулярного вещества, но и выделяется низкомолекулярное соединение — вода.

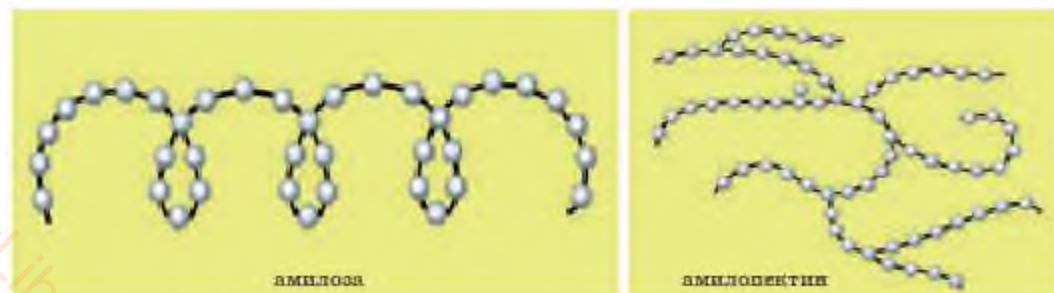
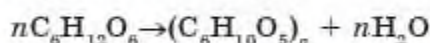


Рис. 26. Линейная (амилоза) и разветвленные (амилопектин) формы крахмала





Рис. 27. Крахмал в природе

Такие реакции относят к реакциям поликонденсации.

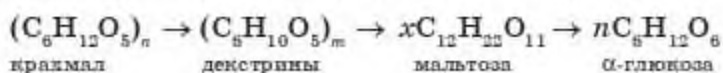
Реакциями поликонденсации называют такие реакции, в результате которых из низкомолекулярных веществ образуются высокомолекулярные, причем этот процесс сопровождается выделением побочного продукта (воды, аммиака, хлороводорода и др.).

**Получение.** Крахмал широко распространен в природе. Он является для различных растений запасным питательным материалом и содержится в них в виде крахмальных зерен. Наиболее богато крахмалом зерно злаков: риса (~70%), кукурузы (~70%), а также клубни картофеля (~20%).

**Физические свойства.** Крахмал представляет собой белый порошок, нерастворимый в воде. В горячей воде он набухает и образует коллоидный раствор — клейстер.

**Химические свойства.** Характерной реакцией крахмала является его взаимодействие с йодом. Если к охлажденному крахмальному клейстеру добавить раствор йода, то появляется синее окрашивание. Эту окраску легко наблюдать, если поместить каплю раствора йода на срез картофеля или ломтик белого хлеба. Так определяют крахмал в пищевых продуктах.

Как установлено, процесс гидролиза крахмала водой идет постепенно. Сначала образуются продукты с меньшей молекулярной массой, чем у крахмала — декстрины, затем изомер сахарозы — мальтоза, конечным продуктом гидролиза является  $\alpha$ -глюкоза:





**Применение.** Крахмал — один из важнейших питательных веществ. В организме он, подобно жирам, вначале подвергается гидролизу. Этот процесс начинается уже при пережевывании пищи во рту под действием фермента, содержащегося в слюне. Далее гидролиз крахмала продолжается в желудке и кишечнике. Образующаяся глюкоза всасывается через стенки кишечника в кровь и поступает в печень, а оттуда на питание всех тканей организма.

Промежуточные продукты гидролиза крахмала (декстрины) легче усваиваются организмом, чем сам крахмал. Приготовление пищи часто связано именно с превращением крахмала в декстрины. Частичный гидролиз крахмала происходит, например, при варке картофеля, при выпечке хлеба.

Крахмал используется не только как продукт питания. В пищевой промышленности из него готовят глюкозу и патоку.

Крахмал в виде зерен злаков и картофеля идет на производство этилового спирта.



Крахмал — природный полимер. Число повторяющихся звеньев в макромолекуле крахмала может колебаться от нескольких сотен до нескольких тысяч. Гидролиз крахмала идет ступенчато по схеме: крахмал → декстрины → мальтоза → глюкоза.



1. Дайте характеристику крахмала как высокомолекулярного соединения.
2. Как объяснить клейкое действие вареного картофеля?
3. Составьте уравнения реакций получения этилового спирта из крахмала:  $(C_6H_{10}O_5)_n \xrightarrow{1} C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{2} C_2H_5OH$  как называются реакции (1) и (2)?
4. Сок зеленого яблока дает реакцию с йодом. Сок спелого яблока восстанавливает аммиачный раствор оксида серебра. Объясните эти явления.

- 1. Сколько по массе крахмала получится из 1 т картофеля с содержанием крахмала 18%, если выход крахмала составляет 75%.

*Ответ:* 135 кг.

- 2. Сколько граммов спирта можно получить из 1 кг кукурузных зерен, которые содержат 70% крахмала по массе?

*Ответ:* 398 г.

### Определение крахмала



Проделайте следующие опыты: а) разбавьте йодную настойку водой в соотношении 1:10 и полученным раствором на вареный картофель, измельченный рис, белый хлеб, зубной порошок и т. д.; б) приготовьте крахмальный клейстер и проследите за изменением окраски его с йодом при нагревании и охлаждении; в) накрахмальте кусочек ткани.



## § 22. ЦЕЛЛЮЛОЗА

### Сегодня на уроке:

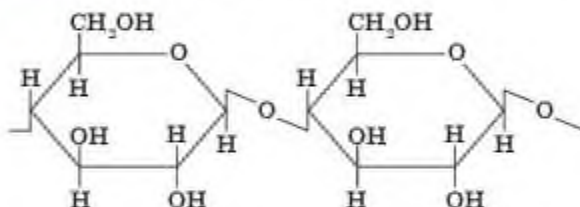
- рассмотрим строение, свойства целлюлозы.

### Ключевые понятия

- целлюлоза
- строение
- свойства
- применение

**Строение.** Молекулярная формула целлюлозы такая же, как и крахмала. Целлюлоза тоже является природным полимером  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Ее молекулы имеют только линейную структуру. Этим объясняется, что целлюлоза образует такие волокнистые материалы, как хлопок, лен и т. д.

Целлюлоза отличается значительно бóльшим числом звеньев и, следовательно, молекулярной массой, которая достигает нескольких миллионов.



Структура целлюлозы

**Нахождение в природе.** Целлюлоза, или клетчатка, входит в состав растений, образуя в них оболочки клеток. Отсюда происходит и ее название целлюлоза (от лат. *cellula* — “клетчатка”). Целлюлоза придает растениям необходимую прочность и эластичность.

Волокна хлопка содержат до 98% целлюлозы, волокна льна и конопля также в основном состоят из целлюлозы, в древесине она составляет около 50% (рис. 28).

**Получение.** Основную массу целлюлозы выделяют из древесины, в которой она содержится вместе с другими веществами.

**Физические свойства.** Целлюлоза — волокнистое вещество, нерастворимое ни в воде, ни в обычных органических растворителях.

**Химические свойства.** Из повседневной жизни известно, что целлюлоза хорошо горит. При нагревании древесины без доступа воздуха

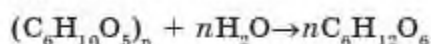


Рис. 28. Целлюлоза в природе



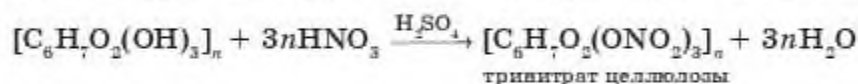


происходит разложение целлюлозы, при этом образуется древесный уголь, метан, метанол. Одно из наиболее характерных свойств целлюлозы — способность в присутствии кислот подвергаться гидролизу с образованием глюкозы. Как и гидролиз крахмала, гидролиз целлюлозы протекает ступенчато, пока, наконец, не образуется β-глюкоза. Таким образом, суммарно гидролиз целлюлозы может быть выражен так:



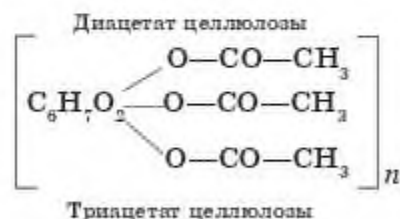
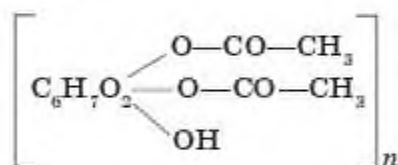
Поскольку структурные звенья целлюлозы содержат гидроксильные группы, она может давать простые и сложные эфиры.

Большое значение имеют азотнокислые эфиры целлюлозы. Они получают при действии на целлюлозу азотной кислотой в присутствии серной кислоты. В зависимости от концентрации азотной кислоты и от других условий в реакцию этерификации вступают одна, две или все три гидроксильные группы каждого звена молекулы целлюлозы, например:



Общее свойство нитратов целлюлозы — их горючесть. Тринитрат целлюлозы, называемый *пироксилином*, — сильно взрывчатое вещество. Он применяется для производства бездымного пороха.

Очень важными являются уксуснокислые эфиры целлюлозы — диацетат и триацетат целлюлозы:



**Применение.** Применение целлюлозы весьма разнообразно. Благодаря своей механической прочности она в составе древесины используется в строительстве, из нее готовят разного рода столярные изделия.

Большое значение имеют продукты этерификации целлюлозы. Так, например, из ацетилцеллюлозы получают ацетатный шелк. Ацетилцеллюлоза идет также на производство негорючей пленки и органического стекла.

Большое количество целлюлозы расходуется на производство бумаги. Недорогие сорта бумаги изготавливают из древесины хвойных пород, лучшие сорта — из льняного и хлопчатобумажного вторичного сырья.



Молекулярная формула целлюлозы такая же, как и крахмала. Целлюлоза тоже является природным полимером. Молекулы целлюлозы имеют только линейную структуру.

Целлюлоза же отличается значительно большим числом звеньев и, следовательно, молекулярной массой, которая достигает нескольких миллионов. Поскольку структурные звенья целлюлозы содержат гидроксильные группы, она может давать простые и сложные эфиры.



1. Чем сходны и чем отличаются друг от друга по строению целлюлоза и крахмал?
2. Какое общее химическое свойство присуще сахарозе, крахмалу и целлюлозе? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
3. Составьте уравнения реакций, ведущих к получению этилового спирта из целлюлозы.
4. Составьте уравнения реакций получения: а) динитрата целлюлозы; б) тринитроцеллюлозы.

- 1. Какая масса целлюлозы потребуется для получения 356,4 кг тринитроцеллюлозы?  
*Ответ:* 194,4 кг.
- 2. Сколько звеньев содержится в молекуле целлюлозы (чему равно число  $n$  в молекулярной формуле): а) льняного волокна ( $M_r = 5\,900\,000$ ); б) хлопкового волокна ( $M_r = 1\,750\,000$ )?
- 3. Какую массу триацетата целлюлозы можно получить из древесных отходов массой 1,62 т, если эфир получается с выходом 75%. Массовая доля целлюлозы в древесине составляет 50%.

*Ответ:* 1,08 т.

## § 23. БЕЛКИ

### Сегодня на уроке:

- изучим строение и состав белков

### Ключевые понятия

- белки
- строение
- состав

Познакомимся теперь с важнейшими природными высокомолекулярными азотсодержащими соединениями-белками.

**Белки — это высокомолекулярные природные соединения (биополимеры), макромолекулы которых состоят из остатков  $\alpha$ -аминокислот, соединенных пептидными связями —  $\text{CO-NH}$ —.**

Белки входят в состав клеток и тканей всех живых организмов и являются главными

носителями жизни. Белки участвуют в важнейших процессах живого организма — обмене веществ, размножении, росте организма, работе

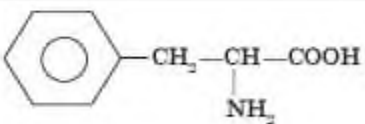
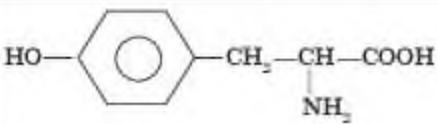
мышц, желез и т. д. Наряду с углеводами и жирами они являются основной составной частью нашей пищи.

**Строение и состав белков.** Русский ученый — биохимик А. Я. Данилевский на основании своих опытов впервые (1888) высказал гипотезу о пептидной связи между остатками аминокислот в белковой молекуле. Позже, в начале XX в., немецкий ученый Э. Фишер экспериментально подтвердил существование пептидной связи. Ему удалось синтезировать полипептид, состоящий из 19 остатков аминокислот. Вы уже знаете, что образование пептидной связи происходит в результате взаимодействия карбоксила одной аминокислоты с аминогруппой другой.

В результате гидролиза белков получают 20 различных аминокислот.

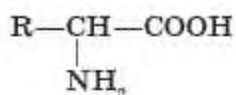
Строение некоторых  $\alpha$ -аминокислот, образующих белки, представлено в таблице 7.

Таблица 7

Название кислот	Формулы
Глицин (аминоуксусная)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Аланин	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Цистеин	$\begin{array}{c} \text{HS} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Серин	$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Глутаминовая	$\begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Лизин	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Фенилаланин	
Тирозин	



Состав аминокислот, образующих белки, можно выразить общей структурной формулой:



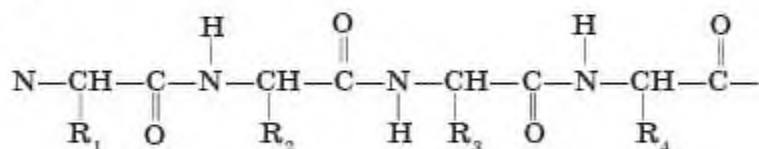
В составе радикала могут быть открытые цепи, циклы и различные функциональные группы. Молекулы приведенных выше аминокислот, как видели, содержат в радикале группы атомов  $-\text{SH}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{NH}_2$  и бензольные кольца. По химическому составу белки разделяют на *протеины (простые)* и на *протеиды (сложные)*. Белки, в состав которых входят исключительно  $\alpha$ -аминокислоты, называются протеинами. В состав протеидов, кроме остатков  $\alpha$ -аминокислот входят и другие компоненты, например остатки полисахаридов, ортофосфорной кислоты, катионов металлов и др. Примером сложного белка является гемоглобин. Число аминокислотных остатков, входящих в молекулы отдельных белков, весьма различно: в инсулине их 51, в миоглобине — около 140, поэтому и молекулярная масса белков колеблется от 10 000 до нескольких миллионов.

Так, например, относительная молекулярная масса белка, входящего в состав куриного яйца равна 36 000.

**Строение.** Белки имеют сложную структуру. Различают несколько степеней организации молекулы белка: первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры белковых молекул (рис. 29).

Последовательность аминокислотных остатков в линейной полипептидной связи называют *первичной структурой*.

Например:



Фрагмент первичной структуры ( $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$ ,  $\text{R}_3$ ,  $\text{R}_4$  — радикалы различных аминокислот).

В результате образования внутримолекулярных водородных связей между атомами водорода аминогруппы и атомами кислорода карбонильных групп полипептидные цепи многих белков скручиваются в спираль. Такую структуру белка называют *вторичной*.

*Третичная структура белка* — это форма спиралевидной полипептидной цепи в пространстве. Полипептидная спираль как бы изгибается в клубок (глобулу), причем устойчивость такого клубка обеспечивается образованием *дисульфидных мостиков*  $-\text{S}-\text{S}-$ , возникающих между серосодержащими аминокислотными звеньями,



Рис. 29. Структуры белков



сложноэфирные  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—O—} \end{array}$ , образующиеся между карбоксильной и гидроксильной группами, а также водородных связей, солевых мостиков между карбоксильной и аминогруппой и т. д. Именно третичная структура обуславливает специфическую биологическую активность белковой молекулы.

Некоторые белковые макромолекулы могут образовывать более крупные агрегаты, формируя *четвертичную структуру*. Ассоциация обусловлена межмолекулярным взаимодействием между боковыми группами аминокислот. Четвертичную структуру имеют не все белки. Примером подобного белка является гемоглобин, макромолекула которого состоит из четырех полипептидных цепей.

Из-за наличия разнообразных функциональных групп белок нельзя отнести к какому-либо одному из известных нам классов органических соединений: в нем объединяются признаки разных классов, и в своем сочетании они дают совершенно новое качество.

Белки — это высокомолекулярные природные соединения (биополимеры), макромолекулы которых состоят из остатков  $\alpha$ -аминокислот, соединенных пептидными связями  $\text{—CO—NH—}$ .



Белки имеют сложную структуру. Различают несколько степеней организации молекулы белка: первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры белковых молекул. В природе белки выполняют все важнейшие функции в обеспечении жизнедеятельности живых организмов.



1. Охарактеризуйте строение белковых молекул.
2. Какие группы атомов и виды связей наиболее характерны для большинства белковых молекул?
3. Где белки встречаются в природе и каково их значение?
4. 1) Укажите, какие химические связи присутствуют в ... структуре белка:
  - а) первичной;
  - б) вторичной;
  - в) третичной;
  - г) четвертичной.
5. В одной из данных структур присутствуют дисульфидные мостики. Приведите пример другого вещества, в котором также есть такие мостики.
6. В одной из данных структур образуются водородные связи. Приведите пример другого вещества, в котором также есть такие же связи.



**Сегодня на уроке:**

- изучим свойства белков

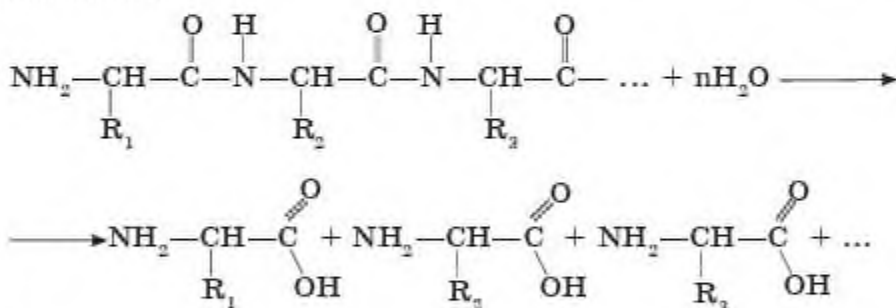
**Ключевые понятия**

- Белки
- Гидролиз
- Денатурация
- Цветные реакции

**Физические свойства.** По растворимости в воде различают глобулярные и фибриллярные белки. *Глобулярные белки* — это простые белки, растворимые в воде, а также в водных растворах кислот и щелочей (например, альбумин, содержащийся в яичном белке). *Фибриллярные белки* нерастворимы в воде (например, кератин, содержащийся в шерсти, волосах). Различают также белки *твердые, жидкие и полужидкие*. По выполняемым функциям белки можно разделить на *структурные, пищевые и запасные, сократительные, транспортные, каталитические, защитные* и др. Белки не имеют температуры плавления и кипения, так как большинство из них при нагревании сворачивается. При высокой температуре все белки сгорают.

**Химические свойства.**

**1. Гидролиз белков.** Важнейшее химическое свойство белка — способность подвергаться кислотному или щелочному гидролизу, в результате чего происходит постепенное разрушение белка до отдельных аминокислот:



Белкам присущи некоторые цветные реакции.

**2. Цветные реакции белков:**

а) если к небольшому количеству раствора белка прилить немного гидроксида натрия и по каплям добавить раствор сульфата меди (II), то появляется ярко-фиолетовая окраска. Реакция называется *биуретовой* и служит для обнаружения пептидных связей;

б) при действии концентрированной азотной кислоты белки окрашиваются в желтый цвет. Данная реакция (*ксантопротеиновая реакция*) указывает на наличие в остатках аминокислот бензольных колец;

в) если к раствору белков прилить ацетат свинца (II), а затем гидроксид натрия и нагреть, то выпадает черный осадок сульфида

свинца (II). Это реакция (*цистеиновая*) на остатки аминокислот содержащих серу.

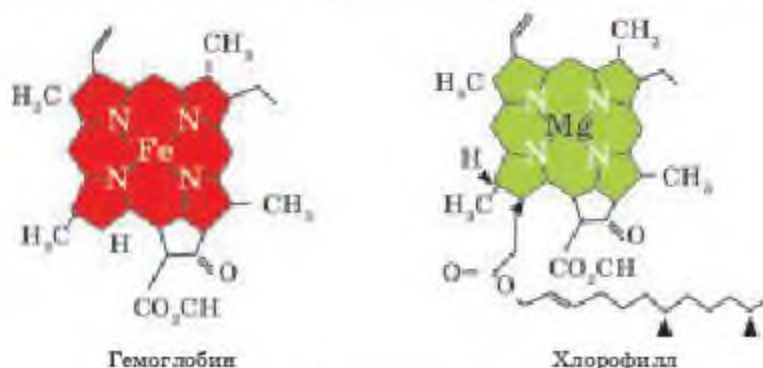
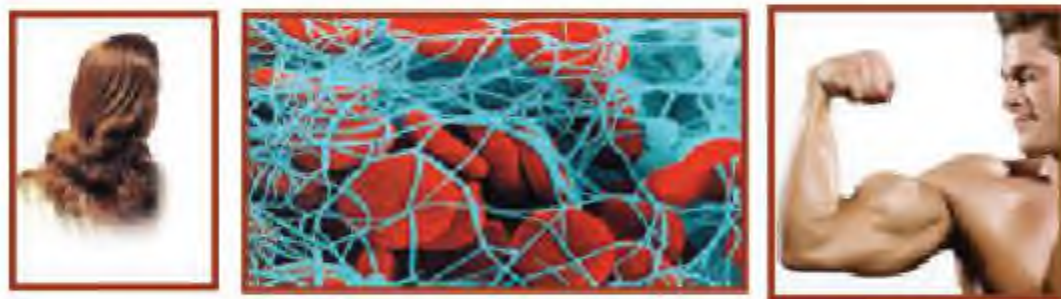
**3. Денатурация.** При действии таких реагентов, как соли тяжелых металлов ( $Hg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и др.), концентрированные кислоты и щелочи, а также в результате нагревания, облучения УФ- и  $\gamma$ -лучами происходит разрушение вторичной, третичной и четвертичной структуры белка и изменение его природных свойств, при этом первичная структура сохраняется.

Это явление называется *денатурацией (коагуляцией, депептизацией) белка*. Наблюдается оно, например, при варке или жаренье яиц.

Сильное нагревание приводит к более глубокому разложению молекулы белка и образованию летучих, специфически пахнущих веществ (запах горелой шерсти), что используется для распознавания натуральных шерстяных тканей.

**Функции белков.** В природе белки выполняют все важнейшие функции в обеспечении жизнедеятельности живых организмов (рис. 30). Например, катализаторы белковой природы — ферменты — регулируют протекание биохимических процессов. Существуют белки, которые обеспечивают превращение химической энергии пищи в механическую.

В организм человека белки поступают вместе с пищей и под влиянием ферментов подвергаются гидролизу и расщепляются на от-



Гемоглобин

Хлорофилл

Рис. 30. Функции белков

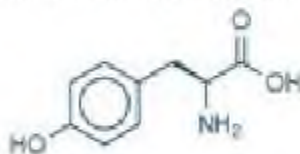




дельные аминокислоты. Из этих аминокислот синтезируются новые аминокислоты, свойственные человеческому организму. Все необходимые человеку аминокислоты содержатся в составе животных белков, находящихся в молоке, мясе, яйцах, рыбе. В сутки человек должен потреблять такое количество пищи, которое дает 1500—2000 ккал. Некоторые белки, не имеющие пищевого значения, используются в технике. К ним относятся, например, белки шелка, шерсти, кожи и другие.



1. Опишите физические свойства белков.
2. Что такое денатурация белков?
3. Какие цветные реакции характерны белкам?
4. Как можно доказать наличие белков в продуктах питания, в шерстяных и шелковых тканях?
5. Какие вещества образуются при гидролизе белков в организме? Охарактеризуйте роль белков в процессах жизнедеятельности человека и животных.
6. Укажите, какое практическое применение находят шелк, шерсть и кожа.
7. Используя дополнительные источники информации напишите проект о синтезе белков.
8. Напишите уравнение получения трипептида состава: ала-гли-цис.
  - а) Как называется тип данной реакции?
  - б) Сколько пептидных связей образуется при этом?
  - в) Можно ли считать данный трипептид белком? Ответ поясните.
  - г) Подсчитайте молекулярную массу данного вещества.
  - д) Подсчитайте массовую долю элемента, входящего во все органические вещества.
9. Ксантопротеиновая реакция происходит белков с азотной кислотой. Эта реакция похожа на нитрование ароматических углеводородов. Напишите уравнение реакции нитрования аминокислоты тирозин с азотной кислотой, если его формула:



#### Знаешь ли ты?

**Почему трава зеленая?** Благодаря хлорофиллу  $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ . Все превращения крахмала, сахара, белка из углекислого газа происходят в зернах хлорофилла. А хлорофилл поглощает все цвета солнечного спектра, кроме зеленого, зеленый луч он отражает — и мы видим лист зеленым. Вот почему трава зеленая.

#### Знаешь ли ты?

**Почему осенью листья окрашены в разные цвета?** Вещество ксантофилл придает листьям желтый цвет. Летом мы видим только зеленый цвет хлорофилла. Осенью хлорофилл разлагается. С его исчезновением прочие пигменты (в том числе и ксантофилл), которые постоянно присутствовали в листе, становятся видимыми. И мы наслаждаемся разнообразием окраски деревьев.



### Сегодня на уроке:

- поймем роль ферментов.

### Ключевые понятия

- ферменты
- селективность
- эффективность
- влияние температуры
- влияние pH
- применение

Термин *ферменты* постоянно на слуху, правда, далеко не все понимают, что такое фермент или энзим, какие функции выполняет это вещество, а также чем отличаются ферменты от энзимов и отличаются ли вообще. Все это мы и узнаем.

**Ферменты** (от лат. *fermentum*, “закваска”) **энзимы** — белки, выполняющие роль катализаторов в живых организмах. Оба термина (энзим и фермент) используются как абсолютные синонимы. В организме всех живых существ, включая даже самые примитивные микроорганизмы, обнаружены ферменты. Количество ферментов у каждого живого существа разное,

это связано с тем, насколько разнообразен рацион питания данного существа. Например, у человека их насчитывается более 2000, так как люди предпочитают питаться разными продуктами.

Без ферментов невозможно ни пищеварение, ни дыхание, без них ни единого раза не сократится сердце, не будут работать мыслительные процессы в головном мозге. Ферменты уменьшают воспалительные процессы, улучшают иммунную систему, а также участвуют в синтезе ДНК и внутриклеточном пищеварении.

Организм человека состоит из клеток, жизнь кипит в каждой из них 24 часа в сутки благодаря ферментам. Как было отмечено выше, каждую секунду в клетке протекают тысячи различных динамических процессов. С технической точки зрения для обеспечения одновременного протекания такого большого количества различных процессов нужны несколько факторов — очень большая температура, давление и катализаторы. Как всем известно, в организме человека первые два фактора отсутствуют. Несмотря на это, сложная система организма человека функционирует. Функционирует благодаря чему? Благодаря катализаторам. Роль катализаторов выполняют ферменты. Все живые организмы на Земле живут благодаря катализу ферментов.

**Ферменты, или энзимы** — это органические катализаторы белковой природы, которые ускоряют реакции, необходимые для функционирования живых организмов.

В химическом отношении ферменты являются белковыми молекулами, которые вырабатывают живые клетки. Ферменты делятся на простые и сложные. Ферменты, состоящие из цепочек аминокислот называют *простыми ферментами*. *Сложные ферменты* состоят из набора

аминокислот и различных веществ небелковой природы. К веществам небелковой природы относят витамины группы В, витамин С, многие микроэлементы. Такие соединения белков с небольшими молекулами небелковой природы называют *коферментами*. Коферменты в отличие от ферментов не могут синтезироваться внутри организма, а поступают в него с пищей.

Схема 7



Молекулярная масса ферментов составляет от  $10^4$  до  $10^{10}$  и более. Чаще всего встречаются ферменты с молекулярной массой 20—60 тысяч. Размер молекулы ферментов колеблется в пределах от  $10^5$  до  $10^7$ , а это значит, что они являются коллоидными частицами. На создание каждого фермента уходит от ста до миллиона аминокислот, нанизанных, словно жемчуг на нить. Но эта нить не бывает ровной — обычно изогнута в сотни раз. Таким образом, создается трехмерная уникальная для каждого фермента структура (рис. 31).

Каждый фермент ускоряет только одну какую-либо реакцию или группу однотипных реакций. Эту их особенность называют **селективностью**, или **избирательностью** действия. Располагая богатым набором ферментов, клетка разлагает молекулы белков, жиров и углеводов до небольших фрагментов-мономеров (аминокислот, глицерина и жирных кислот, моносахаридов и т. д.) и из них заново синтезируют белковые и другие молекулы, которые будут точно соответствовать потребностям данного организма.



Рис. 31. Трехмерная структура фермента





Скорость некоторых ферментативных реакций может быть в  $10^{15}$  раз больше скорости реакций, протекающих в их отсутствие. Такая высокая эффективность ферментов объясняется тем, что их молекулы в процессе работы очень быстро восстанавливаются. Большинство молекул ферментов сохраняют свои каталитические свойства при температуре около  $40^{\circ}\text{C}$ , а при  $70^{\circ}\text{C}$  их полностью теряют, тогда как катализаторы работают при температурах от  $200$  до  $500^{\circ}\text{C}$ .

Ферменты относятся к особому типу катализаторов.

Человек погибает при более низких или при высоких температурах из-за того, что перестают действовать ферменты, следовательно, прекращаются обменные процессы, которые и определяют сам процесс жизни. Ферменты наиболее эффективно действуют на субстрат при строго определенной среде раствора, т. е. при определенных значениях рН. Например, фермент желудочного сока пепсин наиболее активен при рН 1,5–2; каталаза крови при рН-7. Именно такая среда сохраняется в нашей крови. Ее изменение на 0,4 в “+” или в “-” плачевно сказывается на нашем организме и является следствием нарушения работы ферментов. Следовательно, **ферменты** — очень важные и нужные вещества.

В конце XIX в. немецкий ученый химик Эмиль Герман Фишер, изучая работу ферментов, пришел к выводу, что для каждого вещества существует свой “ключ”, который позволяет в химических реакциях получать из этого вещества только те продукты реакции, которые требуются, и снизить к минимуму появление побочных продуктов.

В контакт с субстратом вступает лишь очень небольшая часть молекулы фермента, так называемый активный центр. Он включает обычно от 3 до 15 аминокислотных остатков полипептидной молекулы фермента. Высокая специфичность фермента обусловлена особой формой его активного центра, которая точно соответствует форме молекулы вещества катализируемой реакции. Их можно сравнить с “ключом” и “замком”; катализируемое вещество выступает в роли “ключа”, который точно подходит к “замку”, т. е. ферменту.

Впервые к применению ферментов в быту человечество прибегло более 5 тысяч лет тому назад, когда наши предки научились хранить молоко в “посуде” из желудков животных. В таких условиях под воздействием сычужного фермента молоко превращалось в сыр. *На сегодняшний день в различных отраслях хозяйства применение ферментов является передовым достижением.* Ферменты нашли широкое применение в таких отраслях промышленности, как хлебопечение, пивоварение, виноделие, чайное, кожевенное и меховое производства, сыроварение, кулинария (для обработки мяса) и т. д. *Особое значение ферменты нашли в пищевой промышленности. Ведь именно из-за наличия ферментов в тесте происходит его поднятие и разбуха-*





*ние*. Производство кисломолочных продуктов, например, простокваши, основано на химическом превращении лактозы в молочную кислоту. Протеазы широко используют для обработки кожевенного сырья.

Протеазы расщепляют пептидную связь между аминокислотами в белках, используют как энзимную добавку в синтетические моющие средства для удаления белковых загрязнений.

Фермент целлюлаза используется в стиральных порошках. Он способен удалять “катышки” с поверхности тканей.

Применение ферментов в медицине связано с их способностью заживлять раны, растворять образующиеся тромбы. Иногда ферменты умышленно вводят в организм для их активизации, а иногда из-за излишней активности ферментов, могут вводить вещества, которые действуют как ингибиторы (вещества, замедляющие протекание химических реакций). Например, под действием отдельных ингибиторов, бактерии теряют способность размножаться и расти.



Ферменты, или энзимы — это органические катализаторы белковой природы, которые ускоряют реакции, необходимые для функционирования живых организмов. Все живые организмы на Земле живут благодаря катализу ферментов. Каждый фермент ускоряет только одну какую-либо реакцию или группу однотипных реакций. Большинство молекул ферментов сохраняют свои каталитические свойства при температуре около  $40^{\circ}\text{C}$ , а при  $70^{\circ}\text{C}$  их полностью теряют.

1. Что такое *ферменты*? Какова их химическая природа?
  2. Перечислите факторы, которые влияют на скорость ферментативной реакции.
  3. При какой температуре ферменты проявляют наибольшую активность;  $26^{\circ}\text{C}$ ;  $38^{\circ}\text{C}$ ;  $60^{\circ}\text{C}$ ?
  4. Укажите оптимальное значение pH для действия каталазы и пепсина.
  5. Чем отличается действие ферментов от действия неорганических катализаторов?
- 1. Лимонную кислоту в промышленности получают при ферментативном брожении раствора глюкозы согласно уравнению:  
$$2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 3\text{O}_2 = 2\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{O}$$
(лимонная кислота)  
Выходе 62% от теоретически возможного можно получить из 520 кг 15%-ного раствора глюкозы?  

*Ответ:* 51,6 кг.
  - 2. Из 1 т картофеля, содержащего 20% крахмала, получено в результате брожения 100 л этанола ( $\rho=0,8$  г/л). Определите выход спирта.  

*Ответ:* 70,4%.

### Знаешь ли ты?

В нашем организме существуют ферменты фосфатазы, основной функцией которых является гидролиз и расщепление молекул эфиров фосфорной кислоты. Такие ферменты позволяют усваивать нашему организму энергетически необходимые продукты питания — углеводы!

### Знаешь ли ты?

Когда рану на коже обрабатываем перекисью водорода ( $H_2O_2$ ), то можно заметить, что она вскипает — происходит очень интенсивное выделение кислорода:  
 $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

Распад перекиси водорода происходит потому, что в нашей крови содержится фермент каталаза, расщепляющий ее на воду и кислород.

### Знаешь ли ты?

#### Ферменты поджелудочного сока

Трипсин — расщепляет белки до аминокислот;

Липаза — расщепляет жиры на глицерин и жирные кислоты;

Амилаза, мальтаза — расщепляют углеводы до глюкозы;

Лактаза — расщепляет молочный сахар.



Почему стирка с порошками, содержащими целые комплексы ферментов, должна выполняться в теплой воде?

## § 26. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

### Сегодня на уроке:

- изучим нуклеиновые кислоты.

### Ключевые понятия

- нуклеиновые кислоты
- состав
- ДНК, РНК
- строение

Нуклеиновые кислоты, природные высокомолекулярные соединения (биополимеры). Нуклеиновые кислоты играют важную роль в хранении и передаче наследственной информации в живых организмах. Без нуклеиновых кислот невозможен биосинтез белков.

Они были открыты и выделены из клеточных ядер еще в XIX в., однако их биологическая роль была выяснена только во второй половине XX в.

**Состав нуклеиновых кислот.** Состав нуклеиновых кислот очень сложный. Их относительная молекулярная масса большая и колеблется в пределах 20 000 — 10 000 000. Нуклеиновые кислоты состоят из множества нуклеотидов.

*Нуклеотид* — основная структурная единица нуклеиновых кислот, их мономерное звено. В состав любого нуклеотида входит одно из





азотистых оснований, углевод пентоза и остаток фосфорной кислоты. Азотистые основания цитозин, тимин и урацил называются *пиримидиновыми*, а аденин и гуанин — *пуриновыми*.

Именно поэтому вполне логично предположить, что при полном гидролизе нуклеиновых кислот образуются смесь пиримидиновых и пуриновых оснований, моносахарид (рибоза, дезоксирибоза) и фосфорная кислота.

Различают два вида нуклеиновых кислот — *дезоксирибонуклеиновые* (сокращенно ДНК) и *рибонуклеиновые* (РНК).

Различие в названиях объясняется тем, что в состав молекулы ДНК входит нуклеотид, содержащий остатки  $\beta$  дезоксирибозы, а в состав РНК входит нуклеотид, содержащий остатки  $\beta$  рибозы.

Для обозначения азотистых оснований используют однобуквенные сокращения: аденин — А, гуанин — Г, урацил — У, цитозин — Ц, тимин — Т.

Нуклеиновые кислоты (НК), как и простые белки, имеют первичную, вторичную и третичную структуру. Чередование мононуклеотидов в полинуклеотидной цепи образует первичную структуру нуклеиновой кислоты.

Схематически это можно показать так (фрагмент одной цепи) (рис. 32):

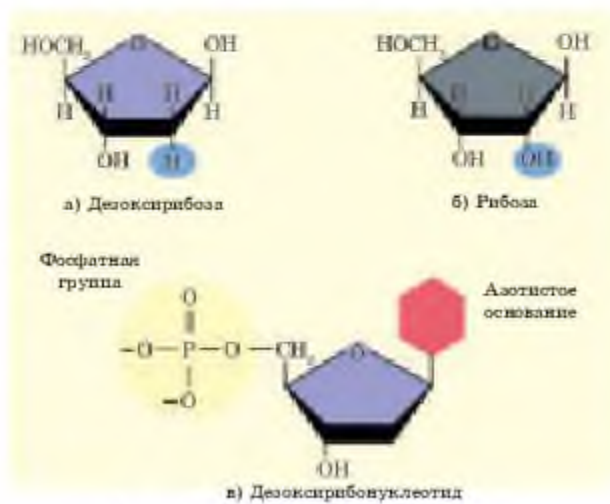
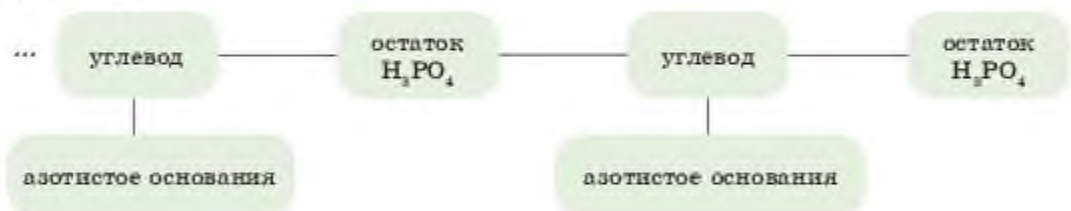


Рис. 32. Построение нуклеотида





Рис. 33. Модель молекулы ДНК

Макромолекула ДНК представляет собой двойную спираль и состоит из двух полинуклеотидных цепей (рис. 33). Две спирали удерживаются вместе водородными связями между парами оснований. Размеры оснований и двойной спирали подобраны в природе таким образом, что тимин (Т) образует водородные связи только с аденином (А), а цитозин (Ц) — только с гуанином (Г).

Таким образом, две спирали в молекуле ДНК *комплементарны* друг другу. Последовательность нуклеотидов в одной из спиралей однозначно определяет последовательность нуклеотидов в другой спирали (схема 8).

Схема 8

#### Комплементарные цепи в молекуле ДНК



В отличие от ДНК, молекулы РНК состоят из одной полинуклеотидной цепи. Число нуклеотидов в цепи колеблется от 75 до нескольких тысяч, а молекулярная масса РНК может изменяться в пределах от 2500 до нескольких миллионов.

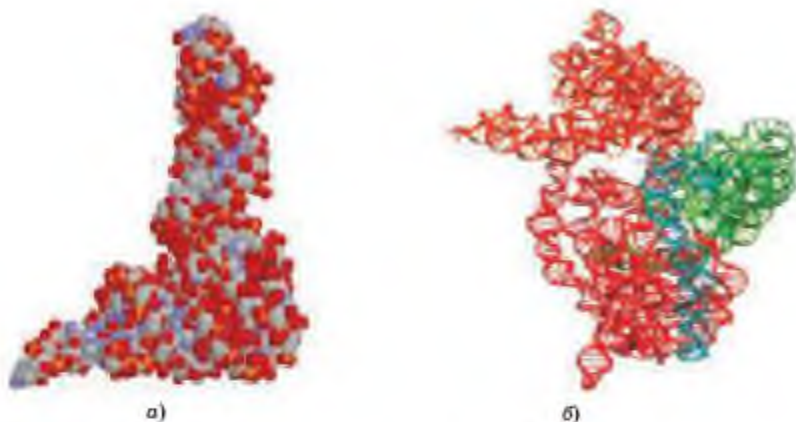


Рис. 34. РНК: а) транспортная; б) рибосомная

Полинуклеотидная цепь РНК не имеет строго определенной структуры. Водородные связи РНК не подчиняются таким строгим правилам, как в ДНК. Так, гуанин (Г) может образовывать водородные связи как с урацилом (У), так и с цитозином (Ц), поэтому двухцепочные участки РНК некомплементарны, и нуклеотидный состав РНК может меняться в широких пределах.

#### Биологическая роль нуклеиновых кислот.

ДНК содержит всю генетическую информацию, но непосредственно в синтезе белков не участвует. Роль посредника между ДНК и местом синтеза белка выполняет РНК. Клетка содержит три типа РНК, которые выполняют различные функции.

1. *Информационная, или матричная, РНК* (ее обозначают м-РНК) считывает и переносит генетическую информацию от ДНК, содержащейся в хромосомах к рибосомам, где происходит синтез белка.
2. *Транспортная РНК (т-РНК)* переносит аминокислоты к рибосомам.
3. *Рибосомная РНК (р-РНК)* непосредственно участвует в синтезе белков в рибосомах. Фактически рибосомы — это фабрика по производству белков (рис. 34).



Нуклеиновые кислоты — это природные высокомолекулярные соединения, которые играют важную роль в хранении и передаче наследственной информации в живых организмах. Различают два вида нуклеиновых кислот — дезоксирибонуклеиновые (сокращенно ДНК) и рибонуклеиновые (РНК).

Различие в названиях объясняется тем, что в состав молекулы ДНК входит нуклеотид, содержащий остатки дезоксирибозы, а в состав РНК входит нуклеотид, содержащий остатки рибозы.





- Сравните РНК и ДНК:
  - по строению нуклеотидов;
  - по строению полинуклеотидной цепи;
  - по выполняемой функции в процессе биосинтеза белка.
- Используя принципы комплементарности, запишите буквенное обозначение второй половинки фрагмента двойной спирали ДНК: А – А – Г – Ц – Т – Т – А – Ц – Ц.
- Какие вещества образуются при полном гидролизе нуклеиновых кислот?
- Почему в молекуле ДНК число пуриновых и пиримидиновых звеньев одинаково?
- Какие виды РНК вы знаете? Какова их роль в жизнедеятельности клетки?

### Знаешь ли ты?

Джеймс Уотсон и Френсис Крик в 1953 году определили структуру ДНК и получили за это Нобелевскую премию.

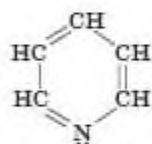
### ◆ Понятия о гетероциклических азотсодержащих соединениях

До сих пор мы изучали органические соединения, в циклах которых содержатся только атомы углерода. Однако встречаются и такие соединения, в циклы которых, кроме атомов углерода, входят также атомы азота, серы, кислорода. Такие соединения относят к *гетероциклическим*.

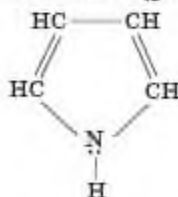
**Гетероциклические соединения** — это органические вещества, содержащие в своих молекулах циклы, в образовании которых, кроме атомов углерода, участвуют атомы других элементов (гетероатомы).

Гетероциклические азотсодержащие соединения играют большую роль в жизнедеятельности живых организмов. Они входят в состав витаминов ( $B_1$ ), пигментов (хлорофилл, гемоглобин), антибиотиков, а также в состав нуклеиновых кислот в виде структурных фрагментов. Наиболее устойчивыми являются имеющие наибольшее значение пяти- и шестичленные гетероциклические соединения.

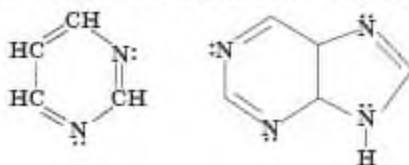
**Пиридин**  $C_5H_5N$  — шестичленный гетероцикл с одним атомом азота. Он проявляет свойства слабого основания.



**Пиррол**. Пиррол  $C_4H_4NH$  — пятичленный гетероцикл с одним атомом азота. Пиррол применяют для синтеза различных органических веществ. Пиррольные структуры содержатся в гемоглобине, хлорофилле, витамине  $B_{12}$  и в других природных соединениях.



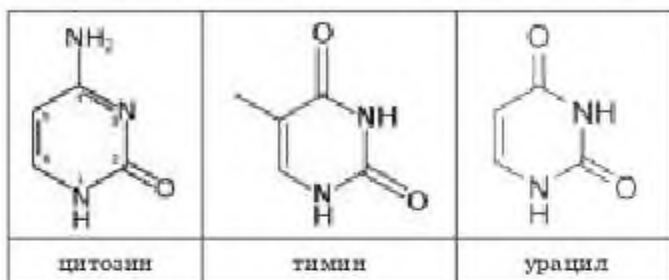
**Пиримидин и пурин**. Пиримидин  $C_4H_4N_2$  — шестичленный гетероцикл с двумя атомами азота. Он проявляет свойства очень слабого основания.



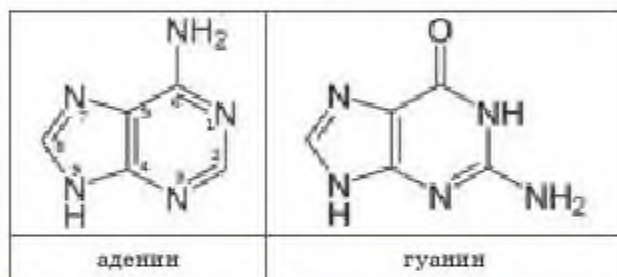


Пурин  $C_5H_4N_4$  — соединение, в молекуле которого сочетаются структуры шести- и пятичленного гетероциклов, содержащих по два атома азота. Проявляет амфотерные свойства. Пиримидин и пурин являются основой пиримидиновых и пуриновых оснований, входящих в состав природных высокомолекулярных веществ — нуклеиновых кислот.

**Пиримидиновые основания.** Пиримидиновые основания — производные пиримидина, входящие в состав нуклеиновых кислот: цитозин, тимин, урацил.



**Пуриновые основания.** Пуриновые основания — производные пурина, входящие в состав нуклеиновых кислот: аденин, гуанин.



## § 25. АТФ (АДЕНОЗИНТРИФОСФОРНАЯ КИСЛОТА) И ЭНЕРГИЯ

В цитоплазме каждой клетки, а также в митохондриях, хлоропластах и ядрах содержится *аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)*. Впервые АТФ выделен из мышц в 1929 г. К. Ломаном, химический синтез осуществлен А. Годдом в 1948 г. Аденозинтрифосфорная кислота  $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$  — белые иглоподобные кристаллы без запаха,  $M = 507,2$  г/моль. Она поставляет энергию для большинства реакций, происходящих в клетке. С помощью АТФ клетка синтезирует новые молекулы белков, углеводов, жиров, избавляется от отходов, осуществляет активный транспорт веществ.

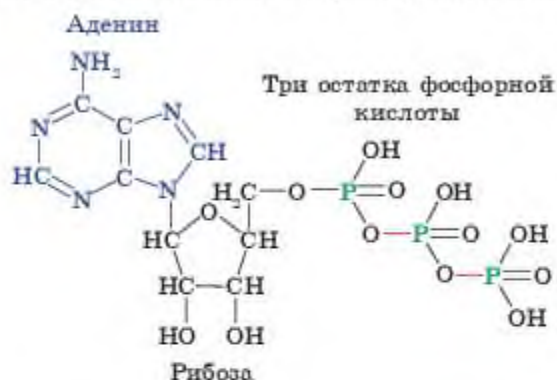
### Сегодня на уроке:

- узнаем структуру и поймем гидролиз АТФ.

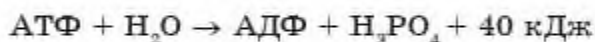
### Ключевые понятия

- аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)
- состав и строение
- свойства

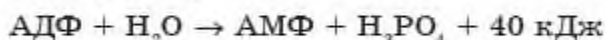
**Молекула АТФ** представляет собой нуклеотид, образованный азотистым основанием аденином, углеводом рибозой и тремя остатками фосфорной кислоты. Фосфатные группы в молекуле АТФ соединены между собой высокоэнергетическими (макроэргическими) связями:



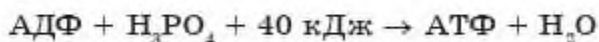
Связи между фосфатными группами не очень прочные, и при их разрыве выделяется большое количество энергии. В результате гидролитического отщепления от АТФ фосфатной группы образуется аденозиндифосфорная кислота (АДФ) и высвобождается порция энергии:



АДФ также может подвергаться дальнейшему гидролизу с отщеплением еще одной фосфатной группы и выделением второй порции энергии; при этом АДФ преобразуется в аденозин-монофосфат (АМФ), который далее не гидролизуется:



АТФ образуется из АДФ и неорганического фосфата за счет энергии, освобождающейся при окислении органических веществ и в процессе фотосинтеза. Этот процесс называется *фосфорилированием*. При этом должно быть затрачено не менее 40 кДж/моль энергии, которая аккумулируется в макроэргических связях:



Следовательно, основное значение процессов дыхания и фотосинтеза определяется тем, что они поставляют энергию для синтеза АТФ, с участием которой в клетке выполняется большая часть работы.

Таким образом, АТФ — это главный универсальный поставщик энергии в клетках всех живых организмов.

АТФ чрезвычайно быстро обновляется. У человека, например, каждая молекула АТФ расщепляется и вновь восстанавливается 2400 раз в сутки, так что ее средняя продолжительность жизни менее 1 мину-



ты. Синтез АТФ осуществляется главным образом в митохондриях и хлоропластах (частично в цитоплазме). Образовавшаяся здесь АТФ направляется в те участки клетки, где возникает потребность в энергии. Помимо энергетической АТФ выполняет в организме еще ряд других не менее важных функций:

Вместе с другими нуклеозидтрифосфатами АТФ является исходным продуктом при синтезе нуклеиновых кислот.

Кроме того, АТФ отводится важное место в регуляции множества биохимических процессов. Она усиливает или подавляет активность ферментов.

АТФ является также непосредственным предшественником синтеза циклического аденозинмонофосфата — вторичного посредника передачи в клетку гормонального сигнала.



Молекула аденозинтрифосфорной кислоты представляет собой нуклеотид, образованный азотистым основанием аденином, углеводом рибозой и тремя остатками фосфорной кислоты. АТФ поставляет энергию для большинства реакций, происходящих в клетке. С помощью АТФ клетка синтезирует новые молекулы белков, углеводов, жиров, избавляется от отходов, осуществляет активный транспорт веществ.

Молекула аденозинтрифосфорной кислоты представляет собой нуклеотид, образованный азотистым основанием аденином, углеводом рибозой и тремя остатками фосфорной кислоты. АТФ поставляет энергию для большинства реакций, происходящих в клетке. С помощью АТФ клетка синтезирует новые молекулы белков, углеводов, жиров, избавляется от отходов, осуществляет активный транспорт веществ.



1. Что такое АТФ и где она образуется?
2. Каково строение АТФ?
3. Какую функцию выполняет АТФ?
4. Объясните, почему АТФ считается универсальным источником энергии?

#### Знаешь ли ты?

Человеческий организм синтезирует около 40 кг АТФ в день, но содержит в каждый конкретный момент примерно 250 г, т. е. запаса АТФ в организме практически не создается, и для нормальной жизнедеятельности необходимо постоянно синтезировать новые молекулы АТФ.

## § 28. БИОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Все клетки и ткани человека состоят из различных химических элементов и их соединений. Они служат основой всех процессов, начиная с роста и развития организма и заканчивая обменом веществ. Эти элементы поступают в наш организм вместе с пищей, водой и воздухом и служат строительным материалом

### Сегодня на уроке:

- рассмотрим некоторые биологически значимые элементы — металлы;
- приведем основные пищевые источники для каждого из них.



## Ключевые понятия

- железо
- магний
- кальций
- калий
- натрий

для клеток, участвуют в биохимических процессах, а после реализации всех своих функций выводятся из организма. Элементы, обеспечивающие жизнедеятельность организма, классифицируются по разным признакам — содержанию в организме, степени необходимости, биологической роли, тканевой специфичности и др. Мы рассмотрим некоторые биологически

значимые элементы, дефицит или избыток которых может быть вызван неграмотным употреблением добавок или несбалансированной диетой.

### Железо ${}_{26}^{56}\text{Fe} - 3d^6 4s^2$

Железо — биологически значимый, полезный микроэлемент для человека. В организме человека железо встречается в виде двух катионов:  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ . Оно входит в состав большого количества белков и ферментов, которые обеспечивают возможность дыхания, синтез ДНК, метаболизм холестерина, иммунные и ферментативные реакции. Микроэлемент железо необходим для обеспечения доставки кислорода в ткани, органы и системы человека. Значительную долю этого микроэлемента (почти 70%) содержит гемоглобин, порядка 26% хранится в виде ферритина и гемосидерина. Эти белки используются для складирования железа в печени и селезенке, а ферритин дополнительно откладывается еще и в костном мозге. Около 4% металла связывается с белком миоглобином, резервирующим запасы кислорода в мышцах. Наконец, совсем небольшая часть железа (порядка 0,6%) сосредоточена в белке трансферрине, который обеспечивает связывание микроэлемента и транспорт к местам накопления. Обычно среднее содержание железа в организме не превышает 5 г. При недостатке железа развивается анемия, неестественная бледность кожи, общее ухудшение самочувствия, ломкость волос и ногтей, частые головные боли, раздражительность, поверхностное и учащенное дыхание. Усталость — первый признак недостатка железа! Чтобы не допустить формирования железодефицитных состояний, следует обогатить свой рацион продуктами, содержащими железо и ферменты, которые требуются для его полноценного усвоения. Этот полезный микроэлемент для человека в пищевых продуктах может быть представлен в разных формах. С продуктами животного происхождения мы получаем органическое двухвалентное гемовое железо. Оно отличается хорошим всасыванием — до 30%, и на его усвоение почти не оказывают влияния остальные составляющие пищевых продуктов. Большой объем полезного гемового железа имеется в мясе и субпродуктах из говядины, баранины, кролика, свинины, птицы, а также в рыбе и морепродуктах. Другая форма — это неорганическое негемовое железо, которое является составляющей частью продуктов растительного происхождения. Эффективно помогают человеку вос-



полнить запасы железа такие продукты, как гранат, яблоко, свекла, бобовые культуры, орехи, черный хлеб, крупы, зелень, капуста. Но вся растительная пища, богатая железом, может служить профилактикой только при каждодневном приеме и в достаточном объеме. В них представлена свободная ионная форма двухвалентного или трехвалентного железа. Получить необходимую норму микроэлемента из этой группы очень сложно, так как негемовое железо гораздо хуже усваивается. *Лук повышает усвоение железа.* Нельзя забывать и об антагонистах железа, препятствующих его усвоению организмом. Например, высокие концентрации витамина Е и цинка. Такие напитки, как кофе, черный и зеленый чай существенно снижают возможности усвоить этот микроэлемент. Взаимно исключают усвоение друг друга кальций и железо. Например, неэффективным для восполнения дефицита железа или кальция будет такое блюдо, как гречка с молоком, ведь организм не сможет усвоить ни железо из гречки, ни кальций из молока, поэтому необходимо разделять прием железосодержащих и молочных продуктов на 2—3 часа.


#### **Магний** ${}^{24}_{12}\text{Mg } 3s^2$

Ионы  $\text{Mg}^{2+}$  образуют в клетках комплексы с нуклеиновыми кислотами, участвуют в передаче нервного импульса, сокращении мышц, метаболизме углеводов. Магний один из основных активаторов ферментативных процессов. В частности, он активизирует ферменты синтеза и распада аденозинтрифосфорной и гуаминтрифосфорной кислот, участвует в процессах переноса фосфатных групп. Магний входит в состав хлорофилла. Содержание магния в организме человека около 42 г. Избыток магния играет роль депрессора нервного возбуждения. Недостаток магния может вызвать у человека страхи, нервозность, нетерпение, бессонницу, головную боль, постоянное чувство усталости, неконтролируемое раздражение. Источниками магния являются: орехи, зелень, овсяные хлопья, горошек, шоколад и др.

#### **Кальций** ${}^{40}_{20}\text{Ca} - 4s^2$

Кальций один из пяти (О, С, Н, N, Са) наиболее распространенных элементов в организме человека. Содержание его в организме составляет около 1700 г на 70 кг массы. Соли кальция — основной строительный материал для костей, зубов, ногтей; они также необходимы и для мышц, участвуют в процессах кроветворения, обмена веществ, способствуют уменьшению проницаемости сосудов, препятствуя проникновению микроорганизмов в кровь и повышая сопротивляемость организма к токсинам и инфекциям. Кальций благотворно влияет на нервную систему, оказывает противовоспалительное действие. Ежедневная доза кальция, необходимая организму, составляет примерно 1 г. При понижении содержания кальция в крови он начинает вымываться





кровью из костной ткани, что, в свою очередь, приводит к размягчению и искривлению костного скелета. Недостаток кальция в плазме крови может вызвать судороги мышц. Образование камней в желчных и мочевыводящих путях, склеротические изменения кровеносных сосудов также связаны с отложением в организме солей кальция в результате нарушения нормальной жизнедеятельности организма. Кальций всегда в союзе с фосфором. Соли кальция и фосфора не могут усваиваться друг без друга. Отвечает за их равновесие в крови витамин D. Продукты, содержащие одновременно кальций и фосфор — яблоки, зеленый горошек, цельные зерна пшеницы, свежие огурцы, все виды капусты, особенно цветная (ее надо есть сырой), сельдерей, салат, редис, творог, белые сыры. Щавелевая кислота препятствует усвоению кальция, она вступает с ним в реакцию, создавая труднорастворимые соли (оксалаты), которые организм не может использовать. Много щавелевой кислоты содержится в шпинате, щавеле, ревене. Эти продукты ни в коем случае нельзя подвергать тепловой обработке.

#### **Калий ${}_{19}^{39}\text{K } 4s^1$**

В организме человека ионы калия находятся внутри клетки. Соли калия необходимы для нормального функционирования всех наших мягких тканей: сосудов, капилляров, мышц, особенно сердечной мышцы, клеток мозга, печени, почек, желез внутренней секреции и других органов. Введение ионов калия способствует расслаблению сердечной мышцы между сокращениями сердца, также калий участвует в активировании работы ряда ферментов, накоплении гликогена — основного источника энергии в клетке. Калий вместе с натрием регулирует содержание воды внутри клеток. Плохой калий-натриевый баланс приводит к нарушению водного обмена, обезвоживанию, ослаблению мускулатуры. Поступление калия с пищей обеспечивает потребность в этом элементе для большинства людей и рекомендуемое ежедневное потребление примерно 2 г. Избыток калия по отношению к натрию может вызвать нарушение работы сердечно-сосудистой системы. Считается, что калий обладает защитным действием против нежелательного действия избытка натрия и нормализует кровяное давление. По этой причине в некоторых странах предложено выпускать поваренную соль с добавлением хлорида калия. Источником калия являются: огурцы, морковь, лук, петрушка, спаржа, чеснок, черная смородина, бананы, капуста, редис, помидоры, фасоль, бобы, ржаной хлеб, овсянка, курага, изюм.

#### **Натрий ${}_{11}^{23}\text{Na } 3s^1$**

Ионы натрия распределены по всему организму человека и содержание их составляет 70 г, причем ионы натрия входят преимущественно в состав межклеточных жидкостей. В организме человека натрий участвует в образовании желудочного сока, регулирует выделение почками





многих продуктов обмена веществ, активизирует ряд ферментов слюнных желез и поджелудочной железы, а также более чем на 30% обеспечивает щелочные резервы плазмы крови. Основное количество натрия — около 80% — организм получает при поглощении продуктов с добавлением поваренной соли. Этого элемента не должно быть слишком мало или слишком много. Избыточное потребление поваренной соли перегружает почки; при этом страдает и сердце. Вот почему при заболеваниях почек и сердца рекомендуется резко ограничить потребление соли. Рекомендуемое ежедневное потребление около 5 г.



Микроэлемент железо необходим для обеспечения доставки кислорода в ткани, органы и системы человека. Ионы  $Mg^{2+}$  образуют в клетках комплексы с нуклеиновыми кислотами, участвуют в передаче нервного импульса, сокращении мышц, метаболизме углеводов. Соли кальция — основной строительный материал для костей, зубов, ногтей; они также необходимы и для мышц, участвуют в процессах кроветворения, обмена веществ, повышают сопротивляемость организма к токсинам и инфекциям. Соли калия необходимы для нормального функционирования всех наших мягких тканей: сосудов, капилляров, мышц, особенно сердечной мышцы, клеток мозга, печени, почек, желез внутренней секреции и других органов. Натрий участвует в образовании желудочного сока, регулирует выделение почками многих продуктов обмена веществ.



1. Как классифицируют элементы, обеспечивающие жизнедеятельность организма?
2. Какова биологическая роль ионов железа? Какие комплексные соединения железа имеют важное биологическое значение? В виде какого соединения находится большая часть (70%) железа в организме?
3. Какую роль играют ионы калия и натрия?
4. Как влияет нарушение баланса калия-натрия на состояние организма?
5. Как влияет избыток и недостаток магния на здоровье человека?
6. Каковы последствия понижения содержания кальция в крови?

- 1. В организме взрослого человека содержится около 20 г катионов магния, а кальция — 1000 г. Вычислите массовую долю кальция и магния в организме человека, масса которого 75 кг.

*Ответ:* 0,027% Mg; 1,33%Ca.

- 2. Суточная потребность человеческого организма в кальции 0,7 г. Массовая доля кальция в коровьем молоке приблизительно 0,13%. Какова масса молока, которое следовало бы ввести в суточный рацион для удовлетворения потребности организма в кальции, если человек не получал кальций с другими продуктами?

*Ответ:* 538г.

- 3. Ежедневная суточная норма железа для человека составляет 1 мг, но поскольку из пищи в организм поступает только 10—20% железа, в продуктах питания железо должно составлять 5—10 мг/сут. Продуктами с высоким содержанием железа являются шпинат (3,5 мг на 100 г продукта), яблоки (2,5 мг на 100 г), шиповник (11,5 мг на 100 г). Рассчитайте, в какой массе этих продуктов содержится суточная норма железа.

### Умей применять знания по химии

Если у вас появились боли в мышцах, припухлости в тканях при ушибах, укусах и синяки в результате разрывов капилляров — вам всегда поможет калий, который легко ввести в организм путем втирания в мышечную ткань яблочного уксуса. Можно добавить к яблочному уксусу мед. Любое воспаление и отек не забывайте смазывать медом или яблочным уксусом.

#### Знаешь ли ты?

Свертывание крови можно ускорить, вводя в организм избыточное количество солей кальция, например при кровотечении.

#### Знаешь ли ты?

Для сохранения железа каши из злаков следует варить в металлической посуде с минимальным добавлением воды, а в готовое блюдо можно добавить свежие ягоды, фрукты или зелень.

## § 29. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

### Сегодня на уроке:

- узнаем источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами;
- узнаем их токсичное влияние на живые организмы.

### Ключевые понятия

- тяжелые металлы
- свинец
- цинк
- ртуть
- хром
- кадмий

Следует отметить, что не все тяжелые металлы действительно являются “тяжелыми” в обычном понимании этого слова. Правильнее было бы называть их “токсичными металлами”, но исторически сложилось так, что первые из изученных токсичных металлов действительно имели высокий удельный вес — свинец, кадмий и др. Позднее оказалось, что и многие “легкие” металлы обладают токсичностью, например, бериллий и литий, но по сложившейся привычке эту группу металлов продолжают называть “тяжелыми”. Роль тяжелых металлов двойственна: с одной стороны, они необходимы для нормального протекания физиологических процессов, являясь катализаторами многих реакций. С другой стороны, тяжелые металлы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на организм человека, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний.

Наибольшую опасность для человека и живой природы представляют





металлы, которые легко соединяются с белками, пептидами, липидами, аминокислотами, образуя комплексные соединения. Именно через реакции комплексообразования с тяжелыми металлами протекают все основные процессы в живых организмах. Многие тяжелые металлы, такие как железо, медь, цинк, молибден, участвуют в биологических процессах и в определенных количествах являются необходимыми для функционирования растений, животных и человека. Не имеющие полезной роли в биологических процессах металлы, такие как свинец и ртуть, определяются как *токсичные*. По чувствительности живых организмов к тяжелым металлам их можно расположить в ряд:

$Hg > Cu > Zn > Ni > Pb > Cd > Cr > Sn > Fe > Mn > Al$ .

Источниками загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами являются предприятия горнодобывающей и черной металлургии, машиностроительные заводы, гальванические цехи. Большой вклад в загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами вносит цветная металлургия. Добыча, обогащение и выплавка цветных металлов и их сплавов наносят урон флоре и фауне прилегающим к территориям промышленных предприятий. Однако не только промышленные предприятия являются источниками загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Одним из основных источников выбросов в атмосферу вредного свинца является автотранспорт, работающий на этилированном бензине.

Автотранспорт также является основным источником выбросов других вредных веществ в городах, которые, в зависимости от загруженности городских дорог, составляют здесь 30—70% от общего объема выбросов, загрязняющих атмосферу. Представляют опасность для окружающей среды и отработанные автомобильные аккумуляторы, и простые батарейки. Когда они разлагаются, в почву и подземные воды попадает большое количество марганца, свинца, кадмия, лития и других токсичных металлов. Встречаются тяжелые металлы и в товарах народного потребления, в том числе в детских игрушках, причем в концентрациях, значительно превышающих допустимые нормы.

Кроме того, тяжелые металлы являются естественными примесями, входящими в состав исходного сырья для производства удобрений и пестицидов, и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных полей и огородов. Водорастворимые формы тяжелых металлов представлены, как правило, нитратами, хлоридами, сульфатами и органическими комплексами.

Основной источник поступления тяжелых металлов в организм человека — пища, при этом наибольший вклад вносит потребление в пищу растений, выращиваемых на полях вблизи промышленных предприятий и автотрасс.



Негативное воздействие тяжелых металлов связано с тем, что они способны “подменять” в организме полезные для жизнедеятельности необходимые металлы и инициировать нежелательные процессы.

Мы рассмотрим некоторые тяжелые металлы.

**Свинец**  $^{207}_{82}\text{Pb} — 6s^26p^2$

Свинец — это природный токсичный металл, который встречается в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, живых организмах. В организм человека свинец попадает как с пищей и водой, так и из воздуха. Свинец — это вещество, способное накапливаться в человеческом организме. При попадании свинца в кровоток организм ошибочно принимает его за кальций и допускает к жизненно важным “объектам”: клеткам костного мозга, почек и головного мозга. Со временем он также накапливается в зубах и костях. Особенно уязвимы перед воздействием свинца дети младшего возраста. По некоторым данным, воздействие свинца в детском возрасте является одним из факторов, вызывающих ежегодно порядка 600 тысяч новых случаев развития у детей нарушений умственной деятельности. Может представлять опасность и питьевая вода, поступающая через свинцовые трубы или трубы, соединенные свинцовым припоем.

**Цинк**  $^{65}_{30}\text{Zn} — 3d^{10}4s^2$

Цинк является важным элементом человеческого организма. Польза цинка проявляется при ежедневной дозе в 5—20 мг в сочетании с другими микроэлементами и витаминами. Вред цинка начинается со значительной передозировки металла в организме — 150—600 мг уже яд для человека, а 6 г гарантируют летальный исход.

Пары цинка образуются на производствах при сварке, резке металла и плавке цинковых сплавов.

В быту цинк может попасть в организм из продуктов и воды, которые хранились в цинковой или оцинкованной посуде. Грибы способны интенсивно накапливать тяжелые металлы, которые обнаруживаются даже в экологически благоприятной окружающей среде.

Опасность представляют цинковые белила, которые при несоблюдении техники безопасности могут попасть в организм человека.

**Ртуть**  $^{201}_{80}\text{Hg} — 5d^{10}6s^2$

Ртуть в природе встречается в самородном состоянии и в составе минерала киновари  $\text{HgS}$ . Ртуть применяется при изготовлении гальванических элементов, термометров и барометров, ламп освещения (энергосберегающих и других). Соли ртути  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{HgSO}_4$  являются катализаторами многих органических реакций. Этот тяжелый металл используют в стоматологии для изготовления некоторых зубных пломб, в косметологии (в частности, при производстве средств для осветления кожи) и в фармакологии. В составе атмосферной пыли содержится



около 12 тыс. т ртути. Ртуть попадает в атмосферу в первую очередь при сжигании угля на электростанциях.

Люди могут подвергаться воздействию ртути в любой ее форме в разных обстоятельствах. Наиболее ядовита не сама металлическая ртуть, а ее пары. Наиболее опасное воздействие на организм может произойти при вдыхании паров элементарной ртути во время промышленных процессов, а также при употреблении в пищу загрязненных продуктов (рыбы, моллюсков и др.). Самым чувствительным к воздействию ртути является плод человека — ртуть может оказать воздействие на развитие мозга и нервной системы будущего младенца. По информации Всемирной организации здравоохранения, вдыхание паров ртути может оказывать вредное воздействие на нервную, пищеварительную и иммунную системы, легкие и почки и может привести к смерти.

#### **Хром ${}_{24}^{52}\text{Cr } 3d^54s^1$**

Хром — важный биогенный элемент, непременно входящий в состав тканей растений, животных и человека. Среднее содержание этого элемента в растениях — 0,0005%. Во взрослом человеческом организме содержание хрома колеблется от 6 до 12 мг. Причем достаточно точно физиологическая потребность в хrome для человека не установлена. Принято считать, что человеку требуется в сутки примерно 20—300 мкг этого элемента.

Хром и его соединения применяются во многих отраслях. Например, в химической, керамической, текстильной и спичечной промышленности, в фотографии, производстве фунгицидов, органических красителей, карандашей, а также как дегазирующее средство. Отравление хромом происходит при поступлении хрома в организм через органы дыхания, пищеварительный аппарат и кожу. При попадании внутрь наблюдаются ожоги пищеварительного аппарата, поражение почек и печени.

#### **Кадмий ${}_{48}^{112}\text{Cd} - 4d^{10}5s^2$**

Кадмий является относительно редким и рассеянным элементом, в природе концентрируется в минералах цинка. Поступает в природные воды в результате смыва почв, выветривания полиметаллических и медных руд и со сточными водами рудообогатительных, металлургических и химических производств. Кадмий в норме присутствует в организме человека в микроскопических количествах. При накоплении организмом соединений кадмия поражается нервная система, нарушается фосфорно-кальциевый обмен. Хроническое отравление приводит к анемии и разрушению костей.





Роль тяжелых металлов двойственна: с одной стороны, они необходимы для нормального протекания физиологических процессов, являясь катализаторами многих реакций. С другой стороны, тяжелые металлы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на организм человека, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний. Источниками загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами являются предприятия горнодобывающей, цветной и черной металлургии, машиностроительные заводы, гальванические цехи. Одним из основных источников выбросов в атмосферу вредного свинца является автотранспорт, работающий на этилированном бензине. Основным источником поступления тяжелых металлов в организм человека — пища.



1. Объясните, что подразумевают под термином *тяжелые металлы*.
  2. Назовите источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.
  3. Каковы последствия загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами?
  4. Как понять двойственную роль тяжелых металлов? Приведите примеры.
  5. Все ли тяжелые металлы имеют биологическую значимость?
  6. Изобразите электронную формулу атомов свинца, цинка, ртути, хрома и кадмия. Определите их степени окисления.
- 1. Сплавы ртути называют *амальгами*. Амальгаму таллия (содержащую 8,5% таллия) используют в термометрах в условиях Крайнего Севера, она затвердевает при  $-60^{\circ}\text{C}$ . Каково соотношения атомов Hg и Tl в этом сплаве?  
*Ответ:* Hg<sub>11</sub>Tl
  - 2. В результате обжига образца сульфида цинка массой 485 г образовалось 256 г сернистого газа. Рассчитайте массовую долю примесей в образце сульфида цинка.  
*Ответ:* 20%.

### Знаешь ли ты?

Всемирная организация здравоохранения называет свинец одним из десяти химических веществ, вызывающих основную обеспокоенность в области общественного здравоохранения.

В 2009 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) выступили с инициативой создания Глобального альянса по отказу от применения свинца в красках.



**Химические свойства глюкозы как альдегидспирта. Качественная реакция на крахмал**

**Реактивы:** 10% -ные раствор глюкозы, аммиачный раствор оксида серебра, вода, раствор формалина, растворы гидроксида натрия, сульфата меди (II), крахмал, спиртовой раствор йода, раствор йодида калия.

**Химическая посуда и лабораторное оборудование:** пробирки, штатив для пробирок, стакан, спиртовка.

**Техника безопасности.** Требуется соблюдение правил работы с растворами кислот, щелочей и нагревательными приборами.

Ход работы:

**Опыт 1. Взаимодействие глюкозы с оксидом серебра (I)**

Налейте в пробирку 1мл аммиачного раствора оксида серебра и добавьте 1—1,5мл 10% -го раствора глюкозы. Нагрейте смесь осторожно над пламенем спиртовки. Нагрев должен быть равномерным и медленным. На стенках пробирки должен образоваться осадок металлического серебра.

**Вопросы и задания:**

1. Объясните наблюдаемое явление.
2. Напишите уравнение реакции.

**Опыт 2. Окисление метанала гидроксидом меди (II)**

В пробирку налейте 1мл сульфата меди (II) и 1 мл раствора гидроксида натрия. К образовавшемуся осадку прилейте 1—2 мл разбавленного водой формалина, и смесь нагрейте.

**Вопросы и задания:**

1. Что образуются при окислении альдегидов? Как можно отличить альдегиды от других органических веществ?
2. Почему при взаимодействии альдегидов с гидроксидом меди (II) появляется желтый, а затем красный осадок? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**Опыт 3. Взаимодействие крахмала с йодом**

Налейте в пробирку 4—5 мл воды, добавьте немного крахмала и встряхните смесь. Образующуюся суспензию понемногу вливайте в пробирку с кипящей водой, постоянно взбалтывая раствор. Полученный клейстер разбавьте холодной водой (1:20) и разлейте его по 3—5 мл в две пробирки. В первую пробирку добавьте немного спиртового раствора йода, а в другую — йодида калия. Что наблюдаете?

**Вопросы и задания:**

Почему синее окрашивание появилось только в первой пробирке? Объясните наблюдаемое явление.



**Лабораторное оборудование:** небольшие шарики пенопласта, иглолка с ниткой, краска и зубочистки.

**Ход работы.** Покрасьте пенопластовые шарики. Выберите шесть разных цветов, которые будут представлять сахар, фосфатную группу и четыре азотистых основания. Это могут быть шесть любых цветов на ваш выбор.

- Вам нужно будет покрасить 16 шариков сахара, 14 фосфатных групп и подобрать 4 разных цвета для каждого азотистого основания (цитозин, гуанин, тимин и аденин).

Вы можете выбрать таким образом, чтобы один из цветов был белым, так вам не придется красить весь пенопласт. Это рациональнее всего применить к шарикам сахара, поскольку в этом случае общий объем вашей работы значительно уменьшится.

Как только краска высохнет, назначьте каждому азотистому основанию цвет. Цитозин всегда связан с гуанином, а тимин — с аденином.

- Воткните зубочистку в каждую пару шариков (пару азотистых оснований), оставив немного места у концов зубочистки.

Отрежьте кусок нити достаточной длины, чтобы пройти сквозь 15 пенопластовых шариков. Завяжите узел на одном конце веревки и проденьте иглу в другой.

- Выстройте пенопластовые шарики сахара и фосфатов так, чтобы они чередовались в двух рядах по 15 шариков. Шариков сахара должно быть больше, чем фосфатных.

- Убедитесь, чтобы в обоих нитях сахар и фосфаты находились в одинаковом порядке, а если положить их рядом, то можно увидеть, что они совпадают.

- Проденьте нитку сквозь центры каждой цепочки пенопластовых шариков сахара и фосфатов. Завяжите нитку на концах, чтобы предотвратить выпадение шариков.

Возьмите зубочистки с парами азотистых оснований и прикрепите их острыми концами к соответствующим шарикам сахара на обоих длинных нитях.

- Прикрепив все пары оснований на зубочистках, изогните двойную спираль в направлении против часовой стрелки, чтобы осматривать внешний вид настоящей двойной спирали ДНК.



Денатурация и цветные реакции белков

**Реактивы:** яичный белок, дистиллированная вода, растворы гидроксида натрия, сульфата меди (II), концентрированные растворы азотной, серной кислот, спирт, раствор формалина, молоко, концентрированный раствор уксусной кислоты.

**Химическая посуда и лабораторное оборудование:** пробирки, штатив для пробирок, пипетки, спиртовка, воронка, фильтровальная бумага.

**Техника безопасности.** Требуется соблюдение правил работы с растворами кислот, щелочей и нагревательными приборами.

Денатурация белков

**Ход работы:**

**Опыт 1. Денатурация белков формалином и спиртом**

В две пробирки налейте по 2 мл яичного белка, в одну прилейте 2 мл спирта, в другую — 2 мл раствора формалина. Какие внешние признаки химических реакций вы наблюдаете?

**Вопросы и задания:**

1. Что происходит с белком при добавлении формальдегида?
2. Какое действие формальдегида иллюстрирует опыт? Где данная реакция находит применение в быту?
3. Что наблюдаете при добавлении к белку спирта?

**Опыт 2. Осаждение белка казеина уксусной кислотой**

В стакан налейте 5 мл молока, 10 мл дистиллированной воды и 2 мл концентрированной уксусной кислоты. Что наблюдаете? Осадок отфильтруйте и прибавьте к нему воды. Растворяется ли осадок?

**Опыт 3. Осаждение белка солями тяжелых металлов**

Берут две пробирки и помещают в них по 1 мл раствора яичного белка. В первую пробирку добавляют одну каплю раствора сульфата меди (II), во вторую — одну каплю раствора ацетата свинца.

**Вопросы и задания:**

1. Наличие каких функциональных групп обуславливает взаимодействие белка с солями тяжелых металлов?
2. Составьте схемы реакций, лежащих в основе процесса осаждения белка солями тяжелых металлов.

**Опыт 4. Свертывание белков при нагревании.** В пробирку налейте 2 мл яичного белка и нагрейте в пламени спиртовки. После остывания пробирки прилейте при взбалтывании 5—7 мл воды. Что наблюдаете? Растворяется ли белок в воде? Обратим ли этот процесс?

**Вопросы и задания:**

1. Какие изменения происходят в структуре белка при нагревании? Меняется ли его первичная структура?





2. Как называется процесс свертывания белков? Почему свернувшийся белок не растворяется в воде?

Цветные реакции белков.

**Ход работы:**

**1. Биуретовая реакция.**

Налейте в пробирку 2—3 мл раствора белка и добавьте 2 мл раствора гидроксида натрия, а затем несколько капель сульфата меди (II). Что наблюдается при взбалтывании раствора?

**Вопросы и задания:**

1. Напишите схему реакции биурета с гидроксидом меди (II). Какие структурные фрагменты белков можно обнаружить с помощью данной реакции?

2. Можно ли считать данную реакцию качественной на белок?

**2. Ксантопротеиновая реакция**

В пробирку налейте 2—3 мл раствора белка и добавьте 0,5—1 мл концентрированной азотной кислоты. (Осторожно!) Смесь осторожно нагрейте 2—3 минуты.

**Вопросы и задания:**

1. Какие аминокислоты можно обнаружить с помощью данной реакции? На примере соответствующей аминокислоты напишите реакцию ее взаимодействия с азотной кислотой.

2. Можно ли считать данную реакцию качественной на белки?

## Химия живого

• К веществам, входящим в живые организмы, относятся: углеводы, жиры, белки, нуклеиновые кислоты, АТФ.

• Углеводы содержат несколько гидроксильных групп (как многоатомные спирты), альдегидные или кетонные группы. Углеводы подразделены на: **моносахариды, олигосахариды (дисахариды), полисахариды**. Моносахариды не могут вступать в реакцию гидролиза, а ди- и полисахариды подвергаются гидролизу.

• Важнейшими представителями углеводов являются: рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, фруктоза, сахароза, крахмал и целлюлоза.

• Все углеводы проявляют свойства многоатомных спиртов. Моносахариды: глюкоза проявляет еще свойства альдегидов, а фруктоза — кетонов.

• Белки являются биополимерами, мономерами которых являются 20  $\alpha$ -аминокислот.

• Реакцией получения белков является поликонденсация, полипептизация. Белки образованы пептидной (амидной) связью —NH—CO—.

• Белки делятся на простые и сложные, глобулярные и фибриллярные и т.д. Белки имеют первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры.

• Белки имеют различные химические свойства, среди которых важными являются: гидролиз, денатурация и цветные (качественные) реакции.

• Белки выполняют в организме функции: строительную, каталитическую, транспортную, защитную, сократительную, регуляторную функции.

• Нуклеиновые кислоты являются биополимерами, мономерами которых являются нуклеотиды. Они входят в состав ядра клетки. Нуклеиновые кислоты делятся на два вида: ДНК и РНК.

• В состав нуклеотидов входят: остатки ортофосфорной кислоты, моносахариды ( $\beta$  рибоза или  $\beta$  дезоксирибоза), азотистые основания (аденин, гуанин — пуриновые; цитозин, тимин или урацил — пиримидиновые).

• ДНК имеет двойную спираль построения цепи, а РНК, в основном, одну спираль. РНК бывает матричная, рибосомная, транспортная.

• ДНК является хранителем наследственной информации, а РНК является участником синтеза белка.

• Важным соединением живых организмов является АТФ, которая состоит из аденина, рибозы и остатка ортофосфорной кислоты. АТФ является источником энергии для живого организма.





## СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ

### § 30. ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

#### Сегодня на уроке:

- познакомимся с основными понятиями высокомолекулярных соединений.

#### Ключевые понятия

- мономер
- элементарное звено
- олигомер
- полимер
- степень полимеризации

Высокомолекулярные соединения (полимеры) — вещества, молекулы которых состоят из множества повторяющихся структурных звеньев, соединенных между собой химическими связями. В настоящее время полимеры широко применяются во многих областях человеческой деятельности, удовлетворяя потребности различных отраслей промышленности, сельского хозяйства, медицины. По происхождению полимеры делятся на природные (биополимеры) и синтетические. К биополимерам относят полисахариды, нуклеиновые кислоты, белки и др. К синтетическим — полиэтилен, полипропилен, полистирол и т. д. Все полимеры имеют высокую молекулярную массу от 10 000 до 50

000 и более. Низкомолекулярные соединения, из которых синтезируют полимеры, называют мономерами, а молекулы полимеров — макромолекулами. Буква  $n$  показывает, сколько молекул мономера взаимно соединилось в процессе полимеризации, и ее называют степенью полимеризации, а многократно повторяющиеся в макромолекуле группы атомов — структурными звеньями. Общую формулу можно записать в виде  $(-X-)_n$  где фрагмент  $-X-$  — элементарное звено,  $n$  — степень полимеризации. Это число для разных полимеров может изменяться в широком диапазоне, от сотен до десятков тысяч. Разные молекулы одного и того же полимера могут иметь разное значение  $n$  и разную молекулярную массу, поэтому для характеристики полимеров используют понятия *средней степени полимеризации* и *средней молекулярной массы*. Например, если молекулярная масса полимера 28000, то в нем могут быть молекулы с относительной массой 26000, 28000, 30000 и т. д. При характеристике полимеров понятие молекулярной массы имеет свои особенности. Для условного сравнения соединений употребляются слова “высоко” и “низко”. Если относительная молекуляр-



## Классификация полимеров



По структуре:  
**Линейная форма** (полиэтилен  
низкого давления, невулканизо-  
ванный натуральный каучук)



**Разветвленная форма**  
(полиэтилен) высокого давления



**Пространственная** (трехмерная  
или сетчатая) вулканизированный  
каучук

Рис. 35. Классификация полимеров

ная масса вещества  $M_r < 500$  то оно называется *низкомолекулярным*, если относительная молекулярная масса вещества лежит в пределах  $500 < M_r < 5000$ , то оно называется олигомером (греч. олигос-немного). Если относительная молекулярная масса вещества  $M_r > 5000$ , то оно называется *высокомолекулярным*. Поскольку макромолекула полимера состоит из чрезмерно большого числа атомов, изменение их числа не сказывается на его свойствах.

По расположению атомов и атомных групп в пространстве различают *линейные, разветвленные и сетчатые полимеры*. Из природных полимеров к линейным относится целлюлоза, к разветвленным – крахмал и натуральный каучук. В сетчатых полимерах различные углеродные цепи “сшиты” между собой, и вещество представляет собой одну гигантскую молекулу. Примером могут служить фенолформальдегидные смолы.

Полимеры могут иметь *стереорегулярное и стереонерегулярное* строение. Если же элементарные звенья в молекулах полимера расположены упорядочено (например, в натуральном каучуке) — это стереорегулярный полимер, такие полимеры обладают большей прочностью и теплоустойчивостью. Полимеры с регулярным строением имеют особо ценные физико-химические и механические свойства. Физические свойства полимеров зависят от степени полимеризации и строения полимера.

Для высокомолекулярных соединений характерны два агрегатных состояния – твердое и жидкое. В зависимости от поведения при повышенных температурах все синтетические полимеры делятся на термоактивные и термопластичные. Термоактивные полимеры — при

нагревании изменяют свои физико-химические свойства. Термопластичные полимеры — при повышении температуры и давления свои физико-химические свойства не изменяют.



Высокомолекулярные соединения (полимеры) — вещества, молекулы которых состоят из множества повторяющихся структурных звеньев, соединенных между собой химическими связями. По расположению атомов и атомных групп в пространстве различают линейные, разветвленные и сетчатые полимеры.



1. Какие вещества относят к высокомолекулярным соединениям? Что называют полимером?
2. Какие полимеры называют термопластичными, а какие — терморезистивными?
3. Приведите примеры синтетических полимеров, которые вам известны.
4. На конкретных примерах поясните, понятия мономер, элементарное звено, олигомер, полимер.
5. На конкретных примерах поясните, что такое степень полимеризации.
6. Как классифицируются вещества в зависимости от молекулярной массы?
7. На какие типы делятся полимеры? Почему?

## § 31. РЕАКЦИЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

### Сегодня на уроке:

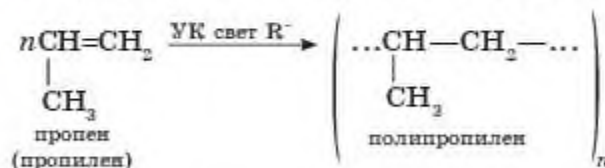
- Ознакомимся с основными понятиями высокомолекулярных соединений мономер, элементарное звено, олигомер, полимер, степень полимеризации.

### Ключевые понятия

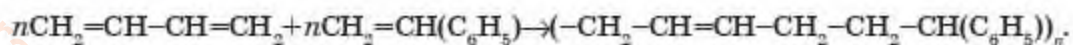
- реакция полимеризации
- полимер
- пластмасса
- синтетический каучук

Существуют два основных способа получения высокомолекулярных веществ: полимеризации и поликонденсации. Мы рассмотрим реакцию полимеризации. В реакции полимеризации участвуют вещества молекулы которых имеют кратные связи.

В реакции полимеризации объединяются одинаковые молекулы за счет разрыва кратных связей или раскрытия цикла. Например:



Реакция полимеризации, в которую вступает несколько разных мономеров одновременно, называется *сополимеризацией*. Примером данной реакции может служить сополимеризация бутадиена и стирола с образованием бутадиенстирольного каучука:





Примеры полимеров, полученных реакцией полимеризации, представлены в таблице 8.

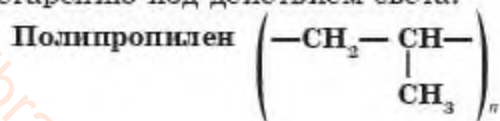
Таблица 8

Полимеры, получаемые реакцией полимеризации

ПОЛИМЕР			ПОЛИМЕР		
Название	Формула	Формула мономера	Название	Формула	Формула мономера
Полиэтилен	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Полибутадиен	$(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
Полипропилен	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-)_n$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$			
Полистирол (поли- винилбензол)	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-)_n$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$	Полиизопрен	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-)_n$	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$
Поливинилхлорид	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-)_n$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$	Полихлоропрен	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{C}=\text{CH}}-\text{CH}_2-)_n$	$\text{CH}_2=\underset{\text{Cl}}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$
Тетрафторэтилен	$(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$	$\text{CF}_2=\text{CF}_2$			
Полиметил- метакрилат	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{C}(\text{O}-\text{CH}_3)}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-)_n$	$\text{CH}_2=\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\overset{\text{O}-\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{O}$	Бутадиен- стирольный каучук (БКС)	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}=\text{CH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-)_n$	сополимер бутадиена и стирола

Полимерам, получаемым реакцией полимеризацией, относятся пластмассы. Пластмассами называют материалы на основе полимеров, способные изменять свою форму при нагревании и сохранять новую форму после охлаждения. Рассмотрим наиболее популярные из современных полимеров.

Полиэтилен  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$  — один из наиболее распространенных в настоящее время полимеров. Он представляет собой роговидное вещество, жирное на ощупь. Тонкие пленки его почти прозрачны. При нагревании до 850—900°C размягчается, а при 1050°C — плавится. Полиэтилен при комнатной температуре практически нерастворим ни в одном из растворителей, устойчив к воздействию кислот, щелочей, солей, водостоек. Важное свойство полиэтилена — термопластичность. К недостаткам полиэтилена относят низкую теплостойкость, склонность к старению под действием света.





Полипропилен — вещество молочно-белого цвета, один из самых легких полимеров, обладает высокой твердостью, прочностью, устойчивостью к истиранию, термопластичностью. По теплостойкости он превосходит полиэтилен.

Полиизобутилен  $(-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-)_n$ . Полиизобутилен — легкий, эластичный, каучукоподобный полимер, но в отличие от каучуков не может вулканизироваться (превращаться в резину). По химической стойкости и прочности уступает полиэтилену и полипропилену. Из него изготавливают герметизирующие мастики, клеи, пленки.

Поливинилхлорид  $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$ . Поливинилхлорид представляет собой белый твердый прозрачный материал. Горит небольшим пламенем, образуя черный хрупкий шарик. Устойчив к действию кислот, щелочей и органических растворителей. Обладает хорошей термостойкостью.

Поливинилацетат (ПВА)  $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OCOCH}_3)-)_n$  — прозрачный, бесцветный, при комнатной температуре жесткий полимер. При нагревании до  $180^\circ\text{C}$  поливинилацетат разлагается с выделением уксусной кислоты. В воде полимер набухает. Он не устойчив к действию кислот, щелочей, горюч.

Полистирол прозрачный, жесткий материал, хрупкий при комнатной температуре. Он растворяется в органических растворителях (бензоле, толуоле). Хорошо окрашивается и перерабатывается в изделие. Сополимеризацией стирола и бутадиена получают ударопрочный полимер.



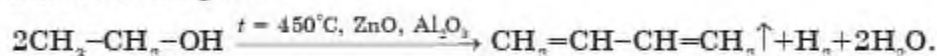
Полиметилметакрилат  $(-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OCOCH}_3)-)_n$  — этот полимер также называют “органическим стеклом”.

Он прозрачный, пропускает свыше 99% солнечного света, в том числе ультрафиолетовые лучи, что выгодно отличает его от силикатного стекла. Другими его преимуществами перед обычным стеклом являются меньшая хрупкость, обрабатываемость. Применяется полиметилметакрилат, соответственно, для остекления зданий, теплиц, плавательных бассейнов.

Политетрафторэтилен  $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$ , техническое название которого “тефлон”. Он обладает исключительно высокой химической стойкостью. Из тефлона изготавливают трубы, подшипники, различные детали химической аппаратуры и предметы быта.



Как заметили из таблицы 9, некоторые широко используемые каучуки также получают реакцией полимеризацией. Обычно каучуки классифицируют по названию мономеров, использованных для их получения (изопреновые, бутадиеновые каучуки), или по характерной группе атомов, входящих в их состав (полисульфидные, кремнийорганические и т. д.). Для получения синтетических каучуков в основном используют углеводороды, содержащиеся в нефтяных газах и продуктах переработки нефти. Каучуки — натуральные и синтетические эластомеры, характеризующиеся эластичностью, водонепроницаемостью и электроизоляционными свойствами. Первым синтетическим каучуком, имеющим промышленное значение, был полибутадиеновый каучук. Он был синтезирован по методу С. В. Лебедева: получение бутадиена из этилового спирта



Важнейшие виды синтетических каучуков, их свойства и применение представлены в таблице 9.

Таблица 9

Важнейшие синтетические каучуки

Название	Формула полимера	Важнейшие свойства и применение
1	2	3
Бутадиеновый каучук	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_2\text{---} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{---CH}_2 \quad \text{H} \end{array} \right]_n$	Характерна газо- и водонепроницаемостью. По эластичности уступает природному каучуку. В производстве кабелей, обуви, принадлежностей быта.
Дивиниловый каучук	$\left[ \begin{array}{c} \text{---CH}_2 \quad \text{H}_2\text{C---} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$	По износоустойчивости и эластичности превосходит природный каучук. В производстве шин.
Изопреновый каучук	$\left[ \begin{array}{c} \text{---CH}_2 \quad \text{CH}_2\text{---} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	По эластичности и износоустойчивости сходен с природным каучуком. В производстве шин.
Хлорпреновый каучук	$\left[ \begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---C---CH---CH}_2\text{---} \\   \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n$	Устойчив к воздействию высоких температур, бензина и масел. В производстве кабелей, трубопроводов для перекачки бензина, нефти.

1	2	3
Бутадиенсти- рольный каучук	$\left[ -\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}- \right]_n$	Характерна газонепроницаемость, низкая жароустойчивость. В производстве лент для транспортеров, авто.
Кремнийорганические каучуки — полиорганосилоксаны	$\left[ \begin{array}{cc} \text{R} & \text{R} \\   &   \\ -\text{Si}-\text{O}-\text{Si}- \\   &   \\ \text{R} & \text{R} \end{array} \right]_n$	Обладают тепло- и морозостойкостью, высокими электроизоляционными свойствами, обладают также физиологической инертностью, что обуславливает их применение в изделиях пищевого и медицинского назначения.

Наиболее массовое применение каучуков — это производство резин (рис. 36). Резина — это вулканизированный каучук с наполнителем (сажа). Суть процесса вулканизации заключается в том, что нагревание смеси каучука и серы приводит к образованию трехмерной сетчатой структуры из линейных макромолекул каучука, придавая ему повышенную прочность. Атомы серы присоединяются по двойным связям макромолекул и образуют между ними сшивающие дисульфидные мостики.

Сетчатый полимер более прочен и проявляет повышенную упругость — высокoэластичность (способность к высоким обратимым деформациям). В зависимости от количества сшивающего агента (серы) можно получать сетки с различной частотой сшивки. Предельно сшитый натуральный каучук — эбонит (более 30% S) — не обладает эластичностью и представляет собой твердый материал.



Рис. 36. Применение резины





Реакция полимеризации характерна для многих органических веществ, в молекулах которых имеются двойные или тройные связи.

В реакции полимеризации объединяются одинаковые молекулы за счет разрыва кратных связей или раскрытия цикла. Реакция полимеризации, в которую вступает несколько мономеров одновременно, называется *сополимеризацией*.



1. Опишите свойства полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и тефлона.
2. Составьте уравнения реакций получения поливинилхлорида, полистирола, полиметилметакрилата.
3. Напишите реакцию сополимеризации стирола и бутадиена.
4. Для получения бутадиенового и дивинилового каучуков используют один и тот же мономер. Поясните, почему эти каучуки отличаются по своим свойствам. Напишите уравнение реакции получения дивинилового каучука.
5. Составьте уравнение образования хлорпренового каучука из 2-хлорбутадиена-1, 3.
6. Охарактеризуйте известные вам синтетические каучуки и напишите уравнения реакций их получения.
7. Чем отличаются каучуки от резины? Поясните.

#### Знаешь ли ты?

##### *Прозрачная резина.*

При изготовлении резины из каучука применяют оксид цинка (он ускоряет процесс вулканизации каучука). Если вместо оксида цинка к каучуку прибавить пероксид цинка, то резина получается прозрачной. Через слой такой резины толщиной 2 см можно свободно читать книгу.

## § 32. РЕАКЦИИ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ. ПОЛИАМИДЫ И ПОЛИЭФИРЫ

Поликонденсация — способ получения полимеров из низкомолекулярных веществ, который сопровождается выделением побочных низкомолекулярных продуктов реакции (воды, хлороводорода, аммиака и т. д.). С реакциями поликонденсации вы уже ознакомились при изучении свойств полисахаридов и аминокислот. Реакцией поликонденсации получают такие синтетические волокна, как полиамиды и полиэфиры.

Классификация важнейших видов волокон показана на схеме 2.

#### Сегодня на уроке:

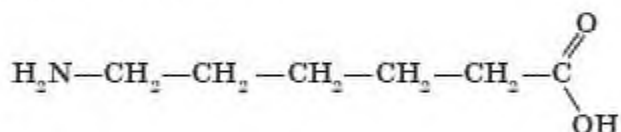
- рассмотрим реакции поликонденсации и полимеры, получаемые на их основе.

#### Ключевые понятия

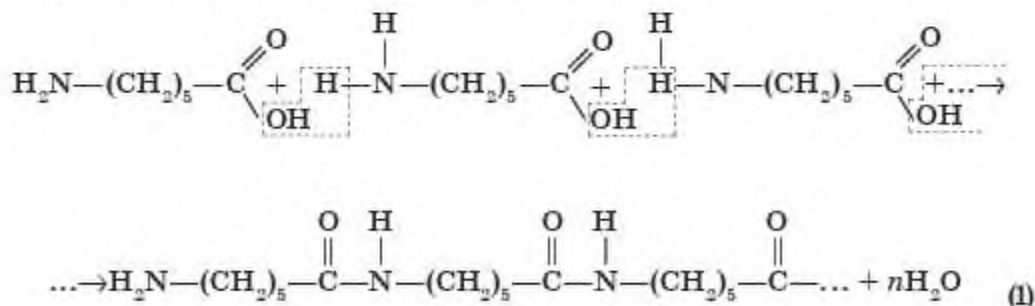
- реакции поликонденсации
- полиамиды
- полиэфиры



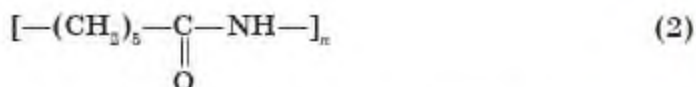
Волокна, для производства которых используют химические методы, составляют группу химических волокон. Они делятся на искусственные и синтетические. Искусственные волокна получают химической модификацией природных материалов (хлопка, шерсти), тогда как для производства синтетических волокон используются только синтетические материалы-полимеры. Из числа синтетических волокон капроновое волокно является наиболее широко известным. Синтезируется оно из  $\epsilon$ -аминокапроновой кислоты:



Молекулы этой кислоты, имея на концах функциональные группы с противоположными свойствами — основную и кислотную, вступают между собой в реакцию поликонденсации:

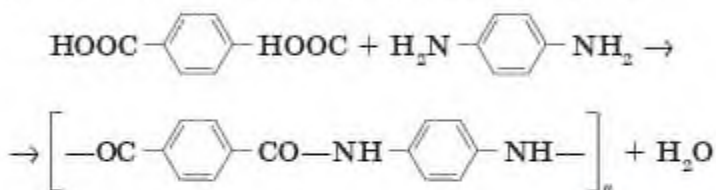


В результате реакции образуется высокомолекулярное вещество, макромолекулы которого имеют линейную структуру. Отдельные звенья полимера имеют вид:



Капрон относится к группе полиамидных волокон, которые содержат амидную группу ( $-\text{NH}-\text{CO}-$ ). Капроновые ткани устойчивы к истиранию и не мнутся при деформациях, однако они разрушаются кислотами и не выдерживают высоких температур, поэтому их нельзя гладить горячим утюгом. Так как полимер представляет собой смолу, его применяют для получения пластмасс. Из него изготавливают различные детали машин. Предметы из капроновых пластмасс обладают большой прочностью и износоустойчивостью.

Волокно кевлар также относят к группе химических синтетических полиамидных волокон. Это волокно получают реакцией поликонденсации терефталевой кислоты и парафенилендиамина:

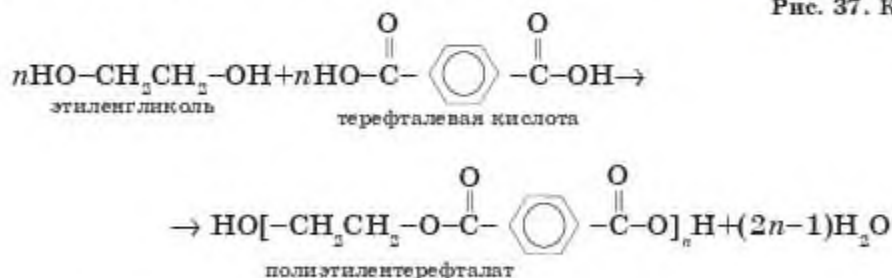


Кевлар используется для изготовления пуленепробиваемых бронежилетов, сверхлегких летательных аппаратов, спортивного оборудования (рис. 37).

**Лавсан** — полиэфирное волокно, его получают реакцией поликонденсации терефталевой кислоты  $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$  и этиленгликоля  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ . В результате реакции образуется сложный эфир:



Рис. 37. Кевлар



При поликонденсации этого сложного эфира образуется высокомолекулярное вещество — лавсан, процесс сопровождается отщеплением побочного продукта — воды. Волокно лавсан отличается высокой прочностью, износостойкостью, большой светостойкостью, является



диэлектриком, однако концентрированные кислоты его разрушают. Лавсан добавляют к шерсти для изготовления высококачественных тканей и трикотажа. Его применяют также для производства транспортерных лент, ремней, ковров, парусов и т. д.



Из числа синтетических волокон капроновое волокно является наиболее широко известным. Капрон относится к группе полиамидных волокон. Волокно кевлар также относят к группе химических синтетических полиамидных волокон. Лавсан — полиэфирное волокно.



1. Какие основные виды волокон вам известны? Приведите примеры.
2. На конкретных примерах поясните, чем отличаются реакции поликонденсации от реакций полимеризации?
3. Назовите наиболее известные вам полиамидные волокна. Охарактеризуйте свойства и получение этих волокон.
4. Найлон – полиамидное волокно, которое получают поликонденсацией гексаметилен диамин  $H_2N(CH_2)_6NH_2$  и адипиновой кислоты  $HOOC(CH_2)_4COOH$ . Составьте уравнение реакции.
5. Каковы характерные свойства кевлара?
6. По какому признаку лавсан относят к полиэфирным волокнам? Охарактеризуйте его свойства.
7. Используя дополнительные информации, поясните чем отличаются искусственные волокна от синтетических.

### § 33. ПРИМЕНЕНИЕ И ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЛАСТИКОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

#### Сегодня на уроке:

- познакомимся с производством полимеров в Казахстане;
- узнаем области применения пластиков;
- оценим воздействие пластиков на окружающую среду.

#### Ключевые понятия

- пластики
- применение
- влияние на окружающую среду
- производство полимеров в Казахстане

**Производство полимеров в Казахстане.** По мнению авторитетных международных экспертов, производство полимерной продукции имеет большой потенциал для развития. На сегодня 96 процентов всех товаров народного потребления производится с участием нефтехимической продукции. Казахстан имеет значительный потенциал, обусловленный богатыми природными ресурсами, наличием нефтеперерабатывающих предприятий. В Атырауской области специально создана нефтехимическая зона и в Атырау построен первый казахстанский завод по производству полимерной продукции — Polymer Production. И сегодня уже завод выпускает три вида продукции: полиэтиленовую пленку, полипропиленовые мешки и БОПП-пленку. Ввод в экс-



платацию завода Polymer Production позволил впервые в Казахстане наладить выпуск инновационной полимерной продукции — биоксиально-ориентированной полипропиленовой пленки (БОПП).

БОПП-пленка отличается высокой термостойкостью, прочностью и гибкостью. Благодаря этому, пленку часто используют при упаковке товаров парфюмерной, косметической, табачной, легкой, бумажной и пищевой промышленности. Часто пленку используют для оформления цветов и сувениров, а также в производстве медицинских изделий.

На предприятии в год производят около 15 тысяч тонн БОПП-пленки, более 4 тысяч тонн полиэтиленовой пленки и 48 млн штук полипропиленовых мешков. Полипропилен производит Павлодарская «Компания Нефтехим LTD». В 2009 году завод стал первым построенным в независимой республике комплексом нефтехимической отрасли. Завод находится в городе Павлодар. Он оснащен высокопроизводительным оборудованием лидирующих японских, европейских и американских фирм, что наряду с применяемыми передовыми технологиями позволяет выпускать качественную конкурентоспособную продукцию, пользующуюся спросом и в других странах. Проект по производству полипропилена и полиэтилена в настоящее время реализуется ФНБ «Самрук-Казына». Данный проект позволит организовать на территории РК производство до 1250 тыс. тонн полиэтилена и 500 000 тонн полипропилена в год. Помимо того, что готовая продукция наполнит местный рынок, 40 процентов будет постоянно экспортироваться в страны Центральной Азии.

**Применение.** Полиэтилен и полипропилен применяют для изготовления труб, пленок, пенопластов, товаров широкого потребления. Изделия из этих полимеров хорошо подвергаются механической обработке. Из полистирола изготавливают электроизоляционные материалы, различные бытовые пластмассовые изделия, пенопласты, облицовочные плиты и другие.

Поливинилхлорид один из самых широко используемых в строительстве полимеров. Из поливинилхлорида изготавливают линолеум, пленки, трубы, облицовочные материалы. В последние годы поливинилхлорид все чаще применяется для получения кровельных материалов, дверных блоков. Применяется полиметилметакрилат, соответственно, для остекления зданий, теплиц, плавательных бассейнов.

Из тефлона изготавливают трубы, подшипники, различные детали химической аппаратуры и предметы быта.

Фенолформальдегидные пластмассы производятся в наибольшем количестве. Основу их составляет фенолформальдегидная смола.

Из фенолформальдегидного полимера, добавляя различные наполнители, получают фенолформальдегидные пластмассы, так называемые





фенопласты. Применяя в качестве наполнителя волокнистые материалы, например коротковолокнистый хлопок, получают пластмассы волокнисты, обладающие большой прочностью. При использовании хлопчатобумажной ткани в качестве наполнителя получается особенно прочная пластмасса — текстолит. Если в качестве наполнителя используется асбест, получаются материалы с очень высоким коэффициентом трения. В последнее время получают распространение древесно-слоистые пластики на основе фенолформальдегидной смолы. Такие пластмассы получают путем обработки смолой древесного шпона — тонких листов древесины — и последующего прессования их. Они прочны, дешевы и с успехом применяются в качестве конструкционных материалов и в производстве мебели.

**Влияние пластика на окружающую среду.** Используя его в качестве одноразовой посуды или упаковочных материалов, человечество столкнулось с накоплением пластиковых отходов, которые не разлагаются с помощью природных факторов. По приблизительным подсчетам ученых, от 1950 года и до настоящего времени в окружающую среду попало более миллиарда тонн пластика.

Большинство пластмасс производится из нефти или природного газа. Эти ресурсы добываются и перерабатываются с использованием энергоемких методов, которые разрушают хрупкую экосистему. Пластмассы содержат много различных видов химических веществ в зависимости от типа пластика. Добавление химических веществ является основной причиной, почему эти пластмассы стали настолько многоцелевыми, однако это создаёт проблемы, связанные с ним. Производство пластмассы и все технологии термического обезвреживания пластиковых отходов (сжигание, газификация и пиролиз) приводят к высвобождению токсичных металлов (свинца и ртути), органических веществ (диоксинов и фуранов), кислых газов и других токсичных веществ в воздух, воду и почву. При использовании пластиковых изделий люди глотают или вдыхают большое количество частиц микропластика и сотни токсичных веществ. Доказано, что эти токсины оказывают пагубное воздействие на кожу, глаза и другие органы чувств, а также дыхательные пути, нервную систему, желудочно-кишечный тракт, печень и мозг. Пластиковая упаковка, особенно пластиковый пакет, является главным отходом на мусорных свалках и регулярно съедается многочисленными морскими и наземными животными, что приводит к смертельным последствиям. Влияние пластика на окружающую среду — на основе лабораторных экспериментов, удалось установить, что для полного разложения пластиковой бутылки под действием ультрафиолета и перепадов температур, понадобится от ста до пятисот лет. А некоторые экологи указывают также срок до 1000-и лет! Области свалок постоянно





завалены множеством различных типов пластмасс. На этих свалках присутствует множество микроорганизмов, которые ускоряют биодegradацию пластмасс. Что касается биоразлагаемых пластиков, то, по мере того как они разлагаются, высвобождается метан, который является очень сильным парниковым газом, что вносит существенный вклад в глобальное потепление. Пластмассы в океанах обычно разлагаются в течение года, но не полностью, и в процессе этого токсичные химические вещества, такие как бисфенол А и полистирол, могут попадать в воду. Частички полистирола и пластиковые гранулы являются наиболее распространёнными видами пластикового загрязнения в океанах. Частицы пластика блокируют желудочно-кишечный тракт животного. Морские млекопитающие могут иногда запутаться в сетях и неводах из пластика, которые могут нанести вред или убить их.

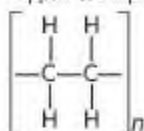
Для борьбы с загрязнением окружающей среды полиэтиленовыми пакетами применяются различные меры, и уже около 40 стран ввели запрет или ограничение на продажу и производство пластиковых пакетов. Своими директивами Еврокомиссия обязала производителей пластика и материалов платить дополнительные налоги. Другими действенными механизмами в борьбе за уменьшение объемов пластиковых отходов, в странах того же Евросоюза, являются дополнительные налоги с продажи пластиковых изделий и преференции для производителей их бумажных заменителей. Таким образом, посуда из прессованного картона, бумажные пакеты для продуктов в супермаркете или для мусора являются дешевле пластиковых. Экономные и экологически грамотные граждане, перед пластиковыми, отдают предпочтение бумажным изделиям. Бумага состоит из целлюлозы — основного компонента всех растений, поэтому при попадании в природную среду, в отличие от пластика, очень быстро разлагается бактериями и грибами. Сегодня ведется разработка пластиков нового поколения, которые могут разлагаться под действием природных факторов: света, воды, бактерий и так далее. В частности к ним относятся “перегнойные” (компостные) пластики, которые после использования становятся удобрениями на полях, биопластики — перерабатываются в биотопливо, окси-биопластики — разлагаются кислородом, водой и бактериями.



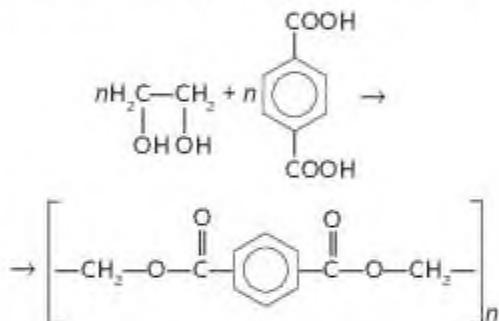
Казахстан имеет значительный потенциал, обусловленный богатыми природными ресурсами, наличием нефтеперерабатывающих предприятий. Полимеры широко применяются во многих областях человеческой деятельности, удовлетворяя потребности различных отраслей промышленности, сельского хозяйства, медицины.



1. Расскажите о производстве полимеров в Казахстане. Производятся ли полимеры, в краях, где вы проживаете?
2. Где применяют полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид и тефлон?
3. Составьте уравнение реакции получения фенолформальдегидной смолы
4. Поясните, какие полимеры получают на основе фенолформальдегидных смол? Где применяют эти вещества?
5. Расскажите о влиянии пластика на окружающую среду.
6. Назовите меры борьбы с загрязнением окружающей среды пластиками. Какое участие вы принимаете в решении этой проблемы?
7. Один из применяемых полимеров имеет следующую структурную формулу:



- а) Определите, его название и формулу его мономера.
  - б) Напишите уравнение, в котором участвует четыре молекулы мономера;
  - в) Подсчитайте молекулярную массу полимера, если в полимере 1000 звеньев.
  - г) Приведите несколько примеров использования данного полимера.
8. Один из полимеров получают по данной схеме реакции:



- а) Как называется данный полимер?
- б) Как называется данная реакция получения полимера?
- в) Где находит применение данный полимер?
- г) Является ли он биоразлагаемым? Поясните, смысл данного термина.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

### Полимеры и их свойства

**Реактивы:** метилметакрилат, пероксид бензоила (при выполнении работы использовать видеоресурсы).

**Химическая посуда и лабораторное оборудование:** пробирка, обратный воздушный холодильник, водяная баня, электроплита, термометр, металлический штатив.

**Техника безопасности.** Требуется соблюдение правил работы с растворами кислот, щелочей и нагревательными приборами.

#### Ход работы:

1. В пробирку налейте 2 мл метилметакрилата, добавьте 30 мг пероксида бензоила  $C_{14}H_{10}O_4$ . Пробирку закройте обратным воздушным холодильником (см. рис) и установите ее в кипящей водяной бане (при  $95-98^{\circ}C$ ). Продолжительность полимеризации составляет примерно 9—10 мин. Получается твердая стекловидная масса с пузырьками.



Установка для получения полиметилметакрилата

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Распознавание пластмасс и волокон

**Реактивы:** образцы пластмасс и волокон под номерами, концентрированные растворы серной, азотной кислот и гидроксида натрия.

**Химическая посуда и лабораторное оборудование:** Спиртовка, спички, стеклянные палочки, тигельные щипцы, асбестовые сетки.



**Техника безопасности.** Требуется соблюдение правил работы с растворами кислот, щелочей и нагревательными приборами.

Ход работы:

### Распознавание пластмасс

**Задание 1.** В разных пакетах под номерами имеются образцы пластмасс.

Используя таблицу "Свойства пластмасс", определите, какие именно пластмассы вам выданы. Напишите формулы структурных звеньев выданных вам пластмасс.

Свойства пластмасс

Название пластмассы	Физические свойства, определяемые органолептически	Отношение к нагреванию	Характер горения
Полиэтилен	Жирный на ощупь. В виде пленки, прозрачный, эластичный	Размягчается, в размягченном состоянии легко меняет форму, вытягивается в нити	Горит ярким пламенем с запахом расплавленного парафина. Продолжает гореть вне пламени
Поливинилхлорид	Эластичный, в толстых слоях жесткий. Прозрачный или непрозрачный	Размягчается и разлагается с выделением хлороводорода	Горит коптящим пламенем. Вне пламени гаснет
Фенолформальдегидная смола	Непрозрачная, неэластичная, хрупкая	Не размягчается, разлагается	Загорается, при длительном пребывании смолы в пламени ощущается характерный запах фенола.

**Задание 2.** В разных пакетах под номерами имеются образцы волокон

Используя таблицу "Свойства волокон", определите, какие именно волокна вам выданы. Напишите формулы структурных звеньев выданных вам волокон.

Свойства волокон

Название волокна	Характеристика горения и его результат	Отношение к концентрированным кислотам и щелочам		
		$\text{HNO}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{NaOH}$
Хлопок	Быстро сгорает, ощущается запах жженой бумаги. После сгорания остается серый пепел	Растворяется, раствор бесцветный	Растворяется	Набухает, но не растворяется



Вязкое	То же	Растворяется, раствор бесцветный	Растворяется. Раствор красно-коричневый	Растворяется
Шерсть и шелк натуральный	Горит, ощущается запах паленого пера. Образуется хрупкий черный шарик	Желтое окрашивание	Разрушается	Растворяется
Ацетатное	Горит в пламени, вне его гаснет. Спекается в темный нехрупкий шарик	Растворяется, раствор бесцветный	Растворяется	Желтеет и растворяется
Капрон	При нагревании размягчается, плавится, образуя твердый нехрупкий блестящий шарик. Из расплава вытягиваются нити. В пламени горит с неприятным запахом	Растворяется, раствор бесцветный	Растворяется. Раствор бесцветный	Не растворяется

### Синтетические полимеры

Синтетические полимеры содержат повторяющиеся группы, называемые структурное или элементарное звено.

Полимеры подразделяются на волокна, эластомеры, пластмассы, герметики.

Полимеры получают в реакциях полимеризации и поликонденсации.

Полимеры обладают важными свойствами: инертность, легкость, эластичность, устойчивость к воздействиям окружающей среды.

Проблемой использования полимеров является неразлагаемость их в природе. Поэтому важным является создание биоразлагаемых полимеров.



## ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ

§ 34. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ В  
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

Продолжая изучать органическую химию, напомним, что многообразие органических веществ объясняется:

- наличием длинных и разнообразных углеродных цепей;
- изомерией разного вида;
- присутствием разнообразных функциональных групп

Классификация соединений по функциональным группам:

Соединения, в состав которых входят только углерод и водород, называются *углеводородами* (метан, этилен, бензол и т. п.). Другие, более многочисленные, органические соединения можно рассматривать как *производные углеводородов*, которые образуются при введении в углеводороды *функциональных групп*, содержащих другие элементы.

Функциональные производные — производные углеводородов, содержащие функциональные группы.

*Функциональные группы* — атомы или группы атомов, определяющие физико-химические свойства соединения и его принадлежность к определенному классу.

Функциональные группы, входящие в состав различных молекул, обычно ведут себя одинаково в одной и той же химической реакции, хотя их химическая активность может быть различной.

В зависимости от природы функциональных групп органические соединения делят на *классы*. Некоторые наиболее характерные функциональные группы и соответствующие им классы соединений приведены в таблице 10.

**Сегодня на уроке:**

- Продолжим изучение основных функциональных групп в органических соединениях.

**Ключевые понятия**

- функциональная группа
- классы органических соединений

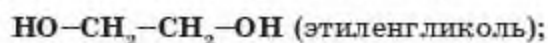
## Классы органических соединений

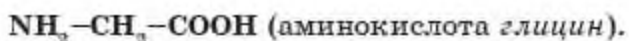
Функциональная группа		Название класса	Общая формула класса <sup>а</sup>	Пример
формула	название			
—F, —Cl, —Br, I	Фтор, хлор, бром, йод	Галогенопроизводное	R-Hal	CH <sub>3</sub> Cl Хлорметан
—OH	Гидроксил	Спирты	ROH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH Этиловый спирт
		Фенолы	Ar—OH	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH Фенол
>C=O	Карбонил	Альдегиды	R—CH=O	CH <sub>3</sub> CHO Уксусный альдегид
		Кетоны	R <sub>2</sub> C=O	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub> Ацетон
—COOH	Карбоксил	Карбоновые кислоты	R—COOH	CH <sub>3</sub> COOH Уксусная кислота
—NO <sub>2</sub>	Нитро	Нитросоединения	R—NO <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> NO <sub>2</sub> Нитрометан
—NH <sub>2</sub>	Амин	Амины (первичные)	RNH <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> Фениламин (анилин)

\* Символом R обозначают любой углеводородный радикал, символом Ar (*арил*) — ароматический углеводородный радикал (например, *фенил* C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>).

Кроме того, соединения основных классов за счет реакций по функциональным группам образуют различные *функциональные производные*, которые также могут рассматриваться как классы соединений. Например, производными карбоновых кислот являются *сложные эфиры* RCOOR', *амиды* RCONH<sub>2</sub>, *галогенангидриды (ацилгалогениды)* RCOCl, *ангидриды* (RCO)<sub>2</sub>O и др. К производным спиртов и фенолов относятся *простые эфиры* ROR', к производным альдегидов — *полуацетали* RCH(OH)OR', *ацетали* RCH(OR')<sub>2</sub> и др.

В состав молекул органических соединений могут входить две или более одинаковые или различные функциональные группы. Молекулы, в состав которых входит больше чем одна функциональная группа называются *полифункциональными*. Например:





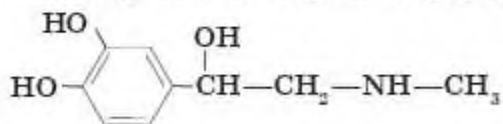
В связи с этим различают *моно-, поли- и гетерофункциональные соединения*. Все классы органических соединений взаимосвязаны. Переход от одних классов соединений к другим осуществляется в основном за счет превращения функциональных групп без изменения углеродного скелета. Известно более 100 функциональных групп.

Например:

1. Функциональные группы, содержащие атом кислорода:
  - гидроксильная  $-\text{OH}$
  - карбонильная  $>\text{C}=\text{O}$
  - карбоксильная  $-\text{COOH}$  и др.
2. Функциональные группы, содержащие атом азота:
  - аминогруппа  $-\text{NH}_2$
  - нитрогруппа  $-\text{NO}_2$
  - амидная  $-\text{CONH}_2$  и др.
3. Функциональные группы, содержащие атом серы:
  - тиольная (меркапто-)  $-\text{SH}$
  - сульфидная  $>\text{S}$
  - дисульфидная  $-\text{S}-\text{S}-$  и др.
4. Функциональные группы, содержащие ненасыщенные углерод-углеродные связи:
  - двойные и тройные связи (в том числе сопряженные диеновые системы)  $-\text{C}=\text{C}-$ ,  $-\text{C}\equiv\text{C}-$
  - ароматические фрагменты  $-\text{C}_6\text{H}_5$  и др.
5. Функциональные группы, содержащие прочие атомы:
  - атомы металлов  $-\text{Li}$
  - атомы галогенов  $-\text{Cl}$  и др.

Все классы органических соединений взаимосвязаны. Переход от одних классов соединений к другим осуществляется в основном за счет превращения функциональных групп без изменения углеродного скелета. При построении названия органического соединения, согласно номенклатуре ИЮПАК, отталкиваются от наличия в данном соединении функциональных групп.

Например, строение *адреналина* отражает формула



Определите, функциональные группы каких соединений содержатся в составе такой молекулы?

а) альдегиды;	г) спирты;	ж) простые эфиры;
б) фенолы;	д) кетоны;	з) сложные эфиры;
в) кислоты;	е) амины;	и) нитросоединения.

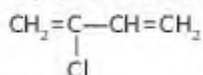


Очевидно, что в составе адреналина находятся группы: б, г, е.

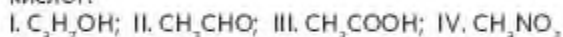
**Самое главное.** Функциональные группы — атомы или группы атомов, определяющие физико-химические свойства соединения и его принадлежность к определенному классу. В зависимости от природы функциональных групп органические соединения делят на классы. В состав молекул органических соединений могут входить две или более одинаковые или различные функциональные группы. Молекулы, в состав которых входит больше чем одна функциональная группа называются полифункциональными.



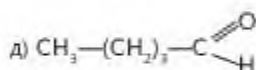
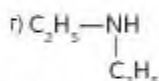
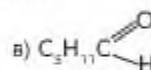
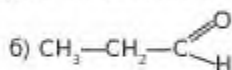
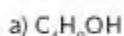
1. Хлоропрен (исходное вещество для получения некоторых сортов синтетического каучука); к какому типу органических соединений относится это вещество?



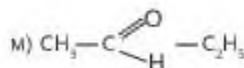
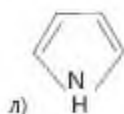
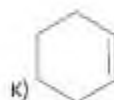
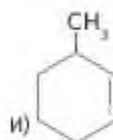
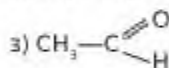
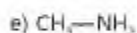
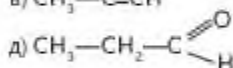
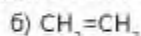
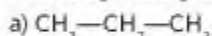
2. Какие из приведенных соединений относятся к классу: а) спиртов; б) карбоновых кислот?



3. Определите класс веществ и назовите каждое соединение:



4. К какому классу относятся соединения? Назовите каждое вещество.



5. Неизвестное органическое вещество имеет следующий процентный состав (по массе): углерода — 40%, водорода — 6,7% и кислорода — 53,3%. Определите молекулярную формулу вещества, если: а) молекулярная масса данного вещества равна 30; б) молекулярная масса данного вещества равна 60; в) молекулярная масса данного вещества равна 180.

Определите, какие функциональные группы могут содержать данные вещества.



6. Даны следующие термины и названия веществ:

а) целлюлоза	к) полисахарид
б) ДНК	л) РНК
в) крахмал	м) $\text{CH}_2\text{O}$
г) кетогексоза	н) биуретовая реакция
д) сахароза	о) АТФ
е) пептидная связь	п) инсулин
ж) альдогексоза	р) протеиды
з) вторичная структура	с) аланин

Найдите соответствие между данными таблицы и ответами:

1) полисахарид, состоящий из остатков $\alpha$ -глюкозы	9) качественная реакция на белки
2) глюкоза	10) нуклеиновая кислота, сохраняющая генетический код
3) гликоген	11) источник энергии в клетке, содержит рибозу
4) дисахарид	12) участвует в синтезе белка
5) гормон	13) сложные белки
6) фруктоза	14) полисахарид, дающий реакцию с йодом
7) спиралевидная структура белка	15) аминокислота
8) первый альдегид	16) полисахарид, состоящий из остатков $\beta$ -глюкозы

7. Постройте структурную формулу органического вещества, содержащего:

- одну функциональную группу карбоксил;
- одну функциональную группу спиртов;
- два атома брома;
- один радикал метил;
- общее количество атомов углерода семь.

Дайте название этого вещества. Предположите, какими химическими свойствами будет обладать это вещество? Напишите две характерные реакции для этого вещества.

## § 35. РАСПОЗНАВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

**Качественная реакция.** Качественные реакции — это реакции, позволяющие доказать наличие того или иного вещества (иона) в среде или присутствие функциональной группы в веществе.

Очень важным является распознавание органических веществ. В этом случае следует придерживаться определенной стратегии. Рассмотрим это на следующем эксперименте.

1) **Качественная реакция на непредельные углеводороды.** Простейший тест включает эксперимент на определение предельного или

### Сегодня на уроке:

- научимся распознавать функциональные группы веществ с помощью качественных реакций;
- определять соединения с помощью химических и физических испытаний.

### Ключевые понятия

- качественная реакция
- распознавание органических веществ

непредельного характера органического вещества. Для этого неизвестное вещество смешивают с небольшим количеством бромной воды. Если тест отрицательный и никаких изменений незаметно, то соединение — предельного характера. Если тест приводит к изменению окраски бромной воды, то соединение является

непредельным. Следует также иметь в виду, что бромная вода может дать белый осадок, который будет давать анилин (ароматические амины) и фенол (гидроксоарены).

2) **Качественные реакции на спирты и карбоновые кислоты.** Для неизвестных веществ можно провести тест на определение pH растворов. Если значение равно 7, то данное вещество может быть спиртом. Если pH будет меньше 7, то неизвестное вещество может быть кислотой. Если предполагаемое вещество спирт, затем можно добавить несколько капель серной кислоты и уксусной кислоты нагреть. В результате будет ощущаться приятный запах эфира. В случае предполагаемого анализируемого вещества кислоты нужно прибавить серную кислоту и этанол. Снова должен наблюдаться запах эфира.

4) Кроме этого, можно провести дробный способ определения. Для этого можно провести качественные реакции на отдельные функциональные группы органических веществ. Напомним основные качественные реакции на функциональные группы (табл. 11).

Таблица 11

Качественные реакции органических соединений

Соединение	Реактив	Наблюдаемая реакция
1	2	3
Алканы	Пламя	Обычно определяют путем исключения. Низшие алканы горят голубоватым пламенем
Алкены C=C	1) Бромная вода 2) р-р $\text{KMnO}_4$  3) Горение	Обесцвечивание раствора Обесцвечивание раствора, выпадение бурого осадка $\text{MnO}_2$ Горят слегка желтоватым пламенем (частицы углерода)
Бензол Толуол	1) Горение 2) Бромная вода	Обычно определяют путем исключения Горит коптящим пламенем, не обесцвечивает
Фенол	1) Бромная вода 2) $\text{FeCl}_3$	Обесцвечивание, выпадение белого осадка трибромфенола Фиолетовое окрашивание



1	2	3
Спирты	1) Na 2) Горение 3) Черная горячая прокаленная Cu проволока	Выделение водорода Горят светлым голубоватым пламенем Восстановление красной окраски у прокаленной горячей медной проволоки
Многоатомные спирты	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaOH}$	Синее окрашивание — образование глицератов и др.
Амины	1) Лакмус 2) $\text{HNaI}$	В водном растворе — синее окрашивание Образуют соли с галогеноводородами — после выпаривания твердый осадок
Анилин	1) Бромная вода 2) $\text{HNaI}$	Обесцвечивание бромной воды, выпадение белого осадка триброманилина После упаривания твердый осадок — соль гидрогалогенида анилина
Альдегиды	1) $\text{Ag}_2\text{O}(\text{NH}_3)$ 2) $\text{Cu}(\text{OH})_2$	Реакция “серебряного зеркала” Выпадение красного осадка $\text{Cu}_2\text{O}$
Карбоновые кислоты	Лакмус	Красное окрашивание <i>Муравьиная</i> — реакция “серебряного зеркала” <i>Олеиновая</i> — обесцвечивание бромной воды
Крахмал	Раствор $\text{I}_2$ , $\text{KI}$ или спиртовой раствор иода	Синее окрашивание
Белки	Конц. $\text{HNO}_3$	Желтое окрашивание, при добавлении щелочного раствора — оранжевое

При проведении эксперимента необходимо придерживаться следующего плана:

1. Вначале необходимо выдвинуть идею о проведении эксперимента. Например, если я буду нагревать, то возможно реакция пойдет быстрее. Если я проведу эксперимент по определению pH, то это позволит определить характер среды и, возможно, определить кислоты и щелочи.

2. Необходимо подготовить необходимые ресурсы для проведения эксперимента. Это могут быть: учебник, справочный материал и т. п. Возможно, нужно будет подготовить особый прибор, для наблюдения за экспериментом.

3. Следующим этапом является выдвижение гипотезы об эксперименте. Что именно необходимо сделать, с помощью какого эксперимента, каких качественных реакций и т. п. Допустим, нужно провести эксперимент, используя катализатор, измельчить вещества, использовать реактивы для распознавания непредельных углеводородов, белков и т. п.

4. Затем необходимо тщательно и корректно провести эксперимент для того, чтобы выяснить, какая из гипотез окажется верной. Очень важно подготовить оборудование для опыта. Возможно, понадобится измерять время, тогда нужны часы. Для измерения времени нужны секундомеры. Для измерения массы нужны весы. Для измерения температуры нужен термометр. Для измерения объема — мерный цилиндр (от 0 до 100 мл), пипетки (от 0-, 2-, 5-, 10-, 20-, 50 мл) и т. д. Для приготовления растворов с определенной молярной концентрацией нужны специальные колбы. Если следует провести титрование, то необходимо использовать бюретку. Если необходимо собрать газ, нужен специальный прибор для сбора газа.

5. Необходимо провести анализ полученных данных.

6. Написать отчет о проведенном эксперименте, записать корректно уравнения реакций, сделать выводы по работе.



Проведение эксперимента по распознаванию органических веществ должно придерживаться определенного плана. Для определения органических веществ следует использовать качественные реакции.



1. Какие реакции называют *качественными реакциями*? Любая ли химическая реакция может служить качественной реакцией?
2. Приведите примеры качественных реакций с бромной водой. Объясните, можно ли с помощью этого реактива распознать вещества разных классов органических веществ? Напишите уравнения возможных реакций.
3. Приведите примеры качественных реакций с аммиачным раствором оксида серебра. Объясните, можно ли с помощью этого реактива распознать вещества разных классов органических веществ? Напишите уравнения возможных реакций.
4. Приведите примеры качественных реакций с гидроксидом меди (II). Объясните, можно ли с помощью этого реактива распознать вещества разных классов органических веществ? Напишите уравнения возможных реакций.
5. Определите неизвестные вещества **X**, **Y**, **Z**, если происходят следующие превращения.  
Неизвестное органическое вещество — углеводород **X** реагирует с бромной водой и обесцвечивает этот раствор, образуя дибромпроизводное вещество **Y**. На вещество **Y** подействовали водным раствором щелочи, образовалось вещество **Z**, которое реагирует с гидроксидом меди (II), образуя ярко-синий раствор. Напишите уравнения возможных реакций, если исходное вещество **X** имеет молекулярную массу меньше 40.
6. Определите неизвестное вещество, если о нем известно следующее:
  - а) в его составе 6 атомов углерода;
  - б) это вещество вступает в реакцию спиртового брожения;
  - в) это вещество дает синее окрашивание с гидроксидом меди (II), а при нагревании с этим же веществом дает красный осадок.Напишите уравнения проведенных реакций.
- 1. Определите неизвестное вещество, если о нем известно следующее: массовая доля углерода в нем 40%, водорода 6,7%, кислорода 53,3%. Плотность его паров по гелию равна 15.



- а) установите молекулярную формулу данного вещества;
- б) данное вещество реагирует с натрием, гидроксидом и карбонатом натрия, а с этанолом образует соединение с плотностью паров по водороду 44;
- в) на основе данных пункта б) установите истинную структурную формулу неизвестного вещества.
- г) напишите уравнения приведенных реакций.

## § 36. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Вещественный мир природы чрезвычайно разнообразен, и вместе с тем все вещества взаимосвязаны. Ярким доказательством существования генетической связи между органическими и неорганическими веществами является также круговорот биогенных элементов в природе. Так, в процессе фотосинтеза, растения, поглощая из воздуха углекислый газ и воду, под действием хлорофилла синтезируют глюкозу. В то же время в нашем организме органические вещества, например, белки, превращаются в углекислый газ, воду, азот и т. д. В природе, в нашем организме, постоянно происходят превращения одних веществ в другие. Это превращение из органических веществ в органические, а также в неорганические, и наоборот.

Генетическая связь между органическими и неорганическими веществами заключается, прежде всего в том, что органические вещества можно получить из неорганических, и наоборот.

Изучая строение, свойства и методы получения органических веществ различных классов можно прийти к выводу, что существует определенная взаимосвязь органических соединений. Такая взаимосвязь, действительно, имеет место и носит название *генетической связи между классами органических веществ*. Рассмотрим генетическую связь как можно большего числа различных классов органических веществ (схема 9).

Генетическая связь классов органических веществ состоит в том, что, используя вещества одного класса соединений, можно получить вещества, принадлежащие к другому классу органических соединений. Взаимосвязь классов органических веществ можно выразить различными схемами. Проследим это на следующих примерах:

### Сегодня на уроке:

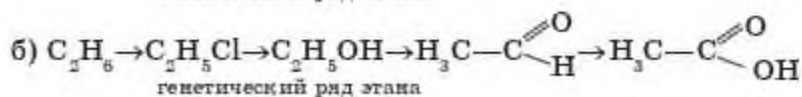
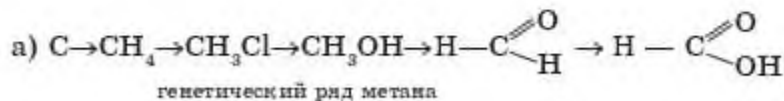
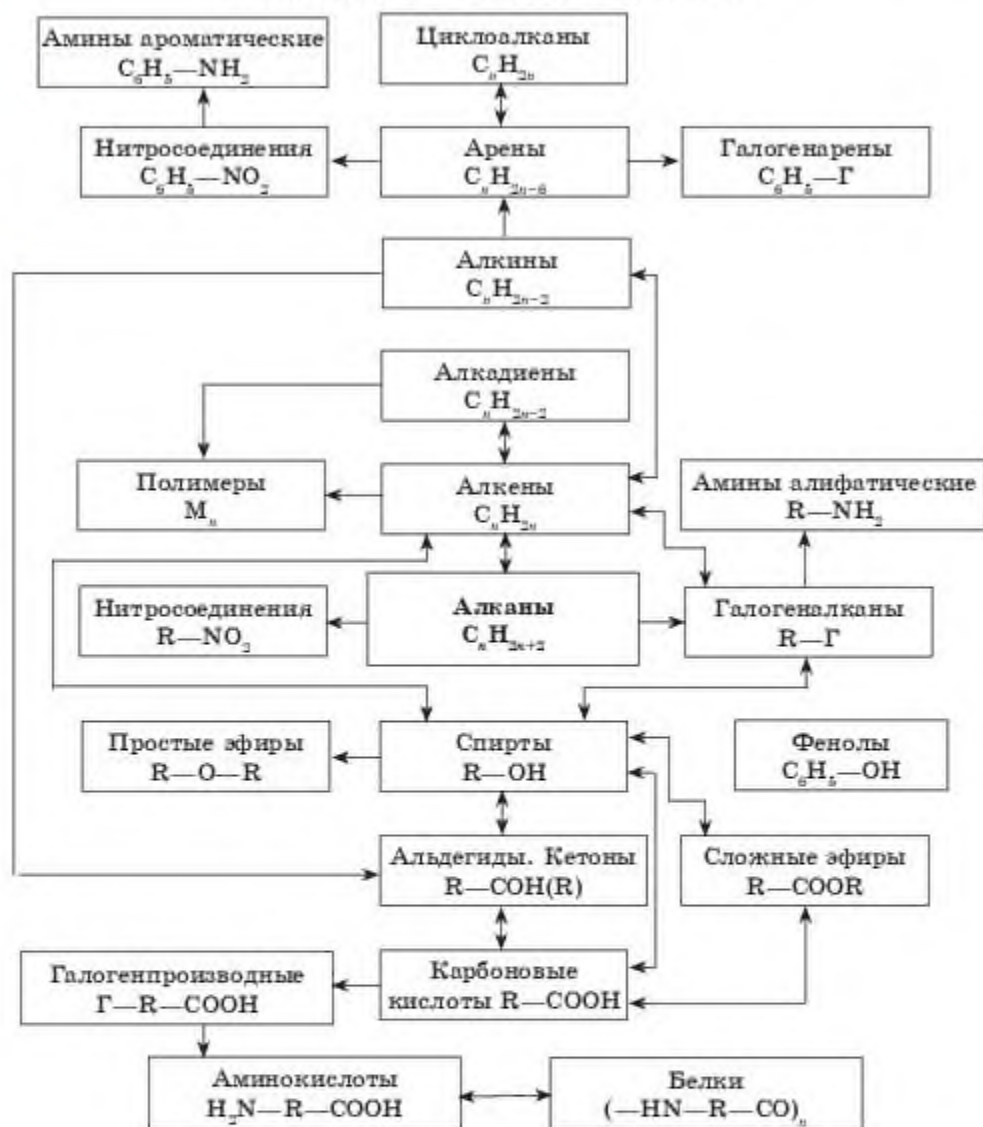
- опишем генетическую связь основных классов органических соединений;
- проведем простейший органический синтез и оценим выход продукта;
- научимся составлять и решать задачи на цепочки превращений на основе генетической связи органических веществ.

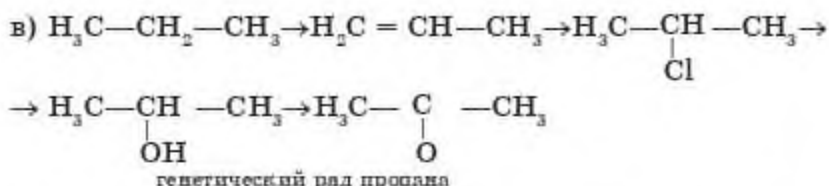
### Ключевые понятия

- генетическая связь основных классов веществ
- органический синтез



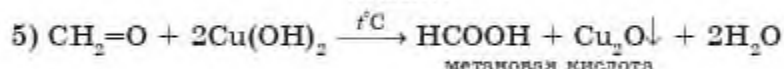
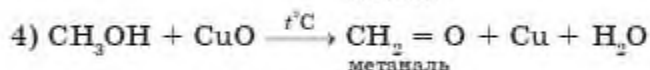
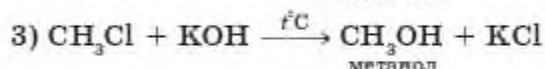
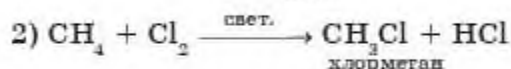
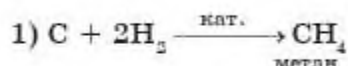
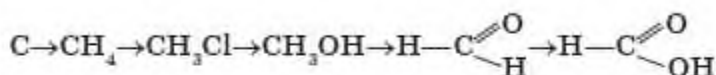
## Генетическая связь органических веществ





Вы можете увидеть из этих схем: а) генетический ряд метана; б) генетический ряд этана; в) генетический ряд пропана.

Рассмотрим схему а) через (запись) уравнений данных реакций:



Из приведенных уравнений видно, что начало превращений — неорганические вещества углерод и водород, затем получен метан — алкан, предельный углеводород. После, в ходе превращений, получается галогеналкан, затем спирт, альдегид и карбоновая кислота.

Напишите названия органических веществ в каждой из предложенных схем б) и в) и уравнения химических реакций.

К наиболее значимым промышленным способам осуществления генетической связи органических веществ является данная схема превращений (схема 10):

**Органический синтез и его оценивание.** Часто при проведении экспериментальных работ в органическом синтезе бывает нужным оценивать практический выход продукта реакции.

Рассмотрим это на следующем опыте.

В колбу помещено 8,0 мл 96%-го раствора этанола (пл. 0,8 г/мл) и концентрированная серная кислота, в качестве катализатора. Колба соединена с прибором для сбора газа. Ее нагревают до температуры 150°C. Через некоторое время в газосборнике удалось собрать 2 л бесцветного газа (измерено при н. у.). Нарисуйте схему описанного прибора. Определите состав данного газа и его практический выход.





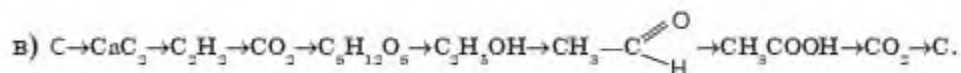
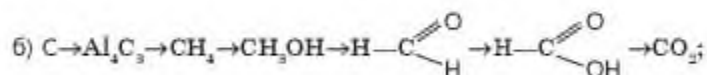
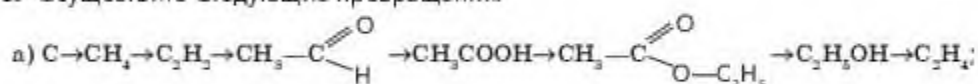


Все вещества генетически связаны между собой. Генетическая связь заключается в том, что каждое вещество может химически взаимодействовать с веществами других классов. Органические вещества могут взаимодействовать с неорганическими. Их можно синтезировать из неорганических и превращать в органические.

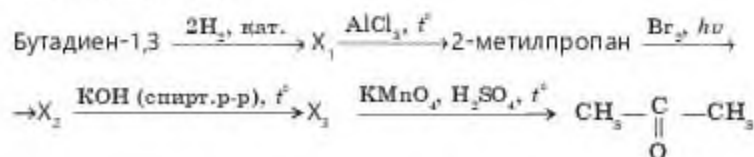


1. Составьте общую схему взаимосвязи алканов, алкенов, аренов, алкинов, циклоалканов и алкадиенов.
2. Составьте стехиометрическую схему получения дивинилового каучука из углерода (минимальным числом стадий) и запишите соответствующие схемы реакций.
3. Напишите уравнения реакций, характеризующих частные превращения по приведенным цепям превращения 1—4 из схемы в параграфе.
4. Напишите уравнения реакций для схем:
  - а) из метана получите уксуснобутиловый эфир, используя минимум дополнительных веществ и минимальное число стадий;
  - б) из метана и других необходимых веществ получите дипептид, образованный глицином и аланином (через минимальное число стадий);
  - в) поясните, можно ли из пропана получить пропанол-1 и пропанол-2 (ответ обоснуйте уравнениями реакций);
  - г) из метана получите дивиниловый каучук;
  - д) из метана получите бутадиенстирольный каучук;
  - е) из метана и других необходимых веществ получите полиглицин.
5. Как можно из этанола, не используя других органических веществ, получить следующие соединения:
  - а)  $(C_2H_5)_2O$
  - б)  $C_2H_5NH_2$
  - в)  $C_2H_5COOCH_3$
  - г)  $CH_3COOH$  ?
 Напишите уравнения реакций.

6. Осуществите следующие превращения:



7. Напишите уравнение реакции, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



8. Учеником проведен следующий эксперимент между магнием и уксусной кислотой. Водород измерялся по объему через каждые 15 секунд. Данные, приведенные в таблице:

Время /сек	Объем / мл
0	0
15	19
30	33
45	44
60	50
75	54
90	56
105	57
120	57
135	57

- а) напишите уравнение реакции между магнием и уксусной кислотой;  
б) постройте по данным таблицы график опыта;  
в) определите скорость данной реакции;  
г) определите, может ли измениться объем водорода через 150 секунд.

#### Знаешь ли ты?

Одна из самых быстрых химических реакций — это реакция водорода и кислорода. Горение, как правило происходит очень быстро.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3**  
**“Решение экспериментальных задач”**

Решение экспериментальной задачи “Качественные реакции на органические вещества”

Выполните следующие экспериментальные задачи:

**I. С помощью характерных реакций распознайте, в какой из пробирок находятся растворы:**

1. а) этанола; б) уксусной кислоты; в) глюкозы; г) глицерина.
2. а) глицерина; б) формальдегида; в) глюкозы; г) сахарозы.
3. а) глицерин; б) растительное масло; в) машинное масло, полученное из нефти; г) сахарный сироп.

**II. Распознайте с помощью одного и того же реактива, в какой из пробирок находятся водные растворы:**

4. а) этилата натрия; б) ацетата натрия; в) карбоната натрия; г) сульфита натрия.
5. Распознайте с помощью одного и того же реактива, в какой из пробирок находятся растворы: а) мыла; б) белка; в) соды.

**III. Используя одну и ту же реакцию, но разные условия ее протекания, распознайте, в какой из трех пробирок находятся растворы:**

6. а) глицерина; б) формалина; в) белка.

Напишите уравнения проделанных реакций.

**“Анализ лекарственных препаратов”**

**Оборудование:** штатив с пробирками, пипетки, спиртовка, спички.

**Реактивы:** салициловая кислота (о-гидроксibenзойная кислота), аспирин, ацетилсалициловая кислота (салициловый эфир уксусной кислоты), парацетамол (п-N-ацетиламинофенол), вода.

1. Разотрите в ступке таблетки каждого из этих лекарств. Перенесите в пробирку по 0,1 г каждого лекарства. Для сравнения свойств можно взять лекарства различного производства. Добавьте в каждую пробирку 2—3 мл воды и отметьте растворимость лекарств в воде. Нагрейте на спиртовке пробирки с веществами до кипения. Что наблюдаете?

2. Внесите в пробирки приблизительно по 0,1 г лекарственных препаратов и добавьте по 2—3 мл этанола. Что наблюдаете? Нагрейте на спиртовке пробирки до полного растворения веществ. Сравните растворимость веществ в воде и в этаноле.

3. Взболтайте по 0,1 г препарата с 2—3 мл воды и добавьте по 2—3 мл разбавленного раствора щелочи. Изменилась ли растворимость веществ? Объясните наблюдаемые явления.

4. Взболтайте по 0,1 г каждого препарата с 2—3 мл воды и добавьте несколько капель раствора хлорида железа (III). Что наблюдаете? Объясните эти явления.



### **Органический синтез**

Синтез органических веществ основан на химических свойствах классов органических веществ.

Важно знать какие функциональные группы входят в состав веществ, какое влияние они оказывают на свойства данных веществ.

Для создания новых органических веществ необходим план получения вещества, должны быть продуманы стадии его получения.

## ЭЛЕМЕНТЫ 14(IVA) ГРУППЫ



### § 37. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ 14 (IVA) ГРУППЫ

Ранее мы рассматривали элементы определенных семейств, например, IA группы, являющиеся щелочными металлами, элементы VIIA группы являются галогенами, т.е. сильными неметаллами. В 14(IVA) группе диапазон свойств элементов очень широк: от неметаллов к металлам (табл. 12).

#### Сегодня на уроке:

- поймем закономерности изменения физических и химических свойств элементов 14 (IVA) группы.

Таблица 12

Элементы 14 (IV) группы

Элементы	Символ	Электронное строение атома	Металл или неметалл?
Углерод	${}^6_6\text{C}$	$[\text{He}] 2s^2 2p^2$	неметалл
Кремний	${}^{14}_{14}\text{Si}$	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^2$	неметалл *
Германий	${}^{32}_{32}\text{Ge}$	$[\text{Ar}] 4s^2 4p^2$	металл *
Олово	${}^{50}_{50}\text{Sn}$	$[\text{Kr}] 5s^2 5p^2$	металл
Свинец	${}^{82}_{82}\text{Pb}$	$[\text{Xe}] 6s^2 6p^2$	металл
Флеровий	${}^{114}_{114}\text{Fl}$	?	?

#### Ключевые понятия

- неметаллы
- металлоиды
- металлы
- аллотропия
- полупроводники
- нанотехнологии



Дополните пропущенные параметры для элемента флеровий.

\* В зарубежной литературе кремний и германий относят к *металлоидам*.

Анализируя данные таблицы, легко сделать вывод о строении элементов данной подгруппы: они имеют 4 внешних электрона в нормальном состоянии и внешний электронный уровень имеет вид  $ns^2np^2$ . Для атомов всех элементов возможны 2 валентных состояния:

1. Основное (невозбужденное)  $ns^2np^2$
2. Возбужденное  $ns^1np^3$

Поскольку сверху вниз металлические свойства увеличиваются, то углерод — неметалл, а элементы нижней части будут уже металлами. Степень окисления в соединениях данных элементов преимущественно  $-4, 0, +2, +4$ .

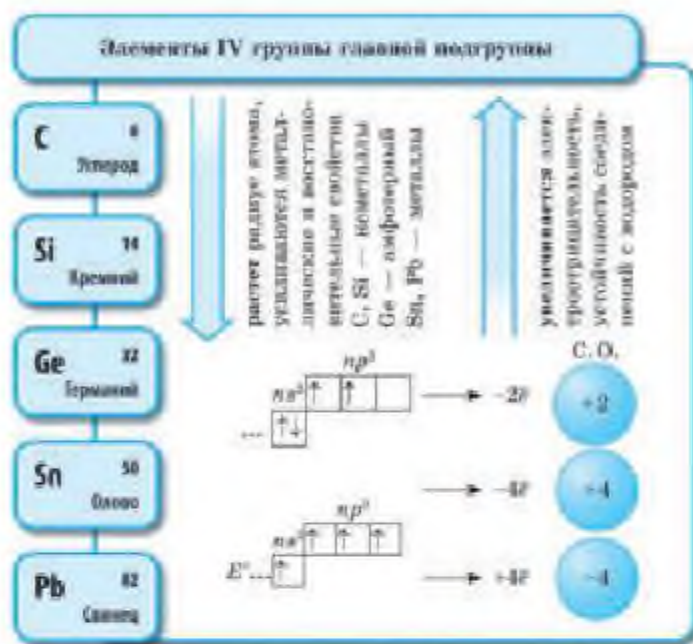


Рис. 38. Степень окисления и свойства элементов 14 (IVA) группы






Физические свойства элементов IVA группы представлены в таблице 13.

Таблица 13

**Физические свойства.**

Элемент	Рисунок и схема решетки	Физические свойства
1	2	3
Углерод	<p style="text-align: center;">Графит и алмаз</p>	<p>Углерод имеет несколько аллотропных модификаций, самыми главными из которых являются алмаз и графит. У обоих веществ атомная кристаллическая решетка. Алмаз самое твердое природное вещество. Атомы углерода находятся в состоянии <math>sp^3</math>-гибридизации. Графит — одно из самых мягких природных соединений. Атомы углерода находятся в состоянии <math>sp^2</math>-гибридизации, образуют</p>



1	2	3
		плоские слои из объединенных между собой шестиугольников.
Кремний		Кремний является твердым веществом, имеющим металлический блеск. Имеет атомную кристаллическую решетку. Структура кремния похожа на алмаз, кремний находится в состоянии $sp^3$ -гибридизации. Так же, как и углерод, имеет аллотропное видоизменение — аморфный кремний — бурый порошок.
Германий		Германий является серебристо-белым твердым веществом (алмазоподобный), с металлическим блеском. Хрупкий.
Олово		Олово относится к мягким металлам, серебристо-серого цвета. Пластичный. Кристаллическая решетка кубическая объемноцентрированная.
Свинец		Темно-серый металл с высокой плотностью. Пластичный. Кристаллическая кубическая гранецентрированная решетка.
Флеровий		Свойства пока плохо изучены. Считается, что свойства должны быть похожи на свойства свинца.

Рассмотрим некоторые из физических свойств данных элементов. Проводят ли электрический ток данные элементы? Какая у них температура плавления? Рассмотрим это в данной таблице 14.

Температура плавления и электропроводимость элементов 14 (IV) группы

Элемент	Температур плавления /°С	Электрическая проводимость
Углерод (алмаз)	3550	не проводник (изолятор)
Углерод (графит)	3750	проводник
Кремний	1410	полупроводник
Германий	937	полупроводник
Олово	232	проводник
Свинец	327	проводник

Проанализируйте данные таблицы. К каким выводам вы можете прийти?



Почему алмаз не проводит электрический ток, а графит проводит? Обратитесь к строению их кристаллических решеток.

Несложно заметить, что сверху вниз по подгруппе температура плавления уменьшается. Самая большая она у углерода и кремния из-за наличия атомной кристаллической решетки. Наиболее низкая она у олова. Кремний и германий являются полупроводниками, что связано с ослаблением притяжения внешних электронов к ядру. Свинец и олово имеют большой радиус атомов, слабое притяжение к ядру и, как следствие, усиление металлических свойств. С увеличением порядкового номера в подгруппе возрастает и электрическая проводимость.



Элементы подгруппы 14 (IVA) группы проявляют свойства от неметаллических к металлическим. С увеличением порядкового номера элементов усиливается восстановительная активность. Основная валентность II и IV. Степень окисления имеют  $-4, +2$ .



1. Что общего в строении элементов подгруппы углерода? Сколько неспаренных электронов находится у данных элементов в нормальном состоянии? Сколько неспаренных электронов находится у данных элементов в возбужденном состоянии?
2. Какова валентность углерода в соединениях? Почему?
3. Какие аллотропные формы образует углерод?
4. В чем различие свойств графита и алмаза? Почему свойства этих веществ так различны? Почему температура плавления у графита выше, чем у алмаза?
5. Объясните, почему в данной подгруппе сверху вниз уменьшается температура плавления.
6. Определите, о каком элементе подгруппы углерода идет речь, если известно, что сумма протонов, электронов и нейтронов равна 169, причем число нейтронов превышает число протонов на 19.



7. У углерода есть два изотопа  $^{12}\text{C}$  и  $^{14}\text{C}$ . Определите массовую долю содержания нейтронов в каждом из изотопов углерода.
  8. Определите степень окисления каждого из элементов в следующих соединениях подгруппы углерода:  
 $\text{C}$ ;  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{SnCl}_4$ ;  $\text{GeO}_2$ ;  $\text{CH}_4$ ;  $\text{Na}_2\text{PbO}_2$ ;  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{SiH}_4$ ;  $\text{Pb}$ .
  9. Составьте диаграмму Венна для элементов олово и свинец по строению и физическим свойствам.
  - 10\*. Свинец используют как средство защиты от некоторых видов излучения. Что это за излучение? Выскажите предположение о том, почему именно свинец имеет такую особенность?
  - 11\*. Выскажите предположение о том, почему углерод, имея больше всех остальных элементов соединений (особенно органических), распространен на земле меньше, чем кремний? (массовая доля углерода — 0,14%, а у кремния — 29,5%)
- 
1. Во сколько раз в земной коре атомов кислорода больше, чем атомов кремния? Массовые доли кислорода и кремния в земной коре соответственно равны 0,47 и 0,295.  

*Ответ:* в 2,8 раза.
  2. Дана смесь, состоящая из равного числа моль углерода, кремния. Какова массовая доля каждого компонента (в%) в смеси?  

*Ответ:* 30% и 70% соответственно.

#### Знаешь ли ты?

Свинец плавится при температуре уже в 327 градусов. На поверхности планеты Венера, где температура превышает 420—450 градусов, он пребывает в жидком состоянии.

#### Знаешь ли ты?

В человеческом организме свинец имеет тенденцию накапливаться в костной ткани, вытесняя и замещая собой кальций, что приводит к тяжелым заболеваниям.

#### Знаешь ли ты?

Мировое производство олова достигает в настоящий момент около 3,3 млн. тонн в год. Из них более четверти миллиона тонн попадает в атмосферу в виде выхлопных газов!

#### Знаешь ли ты?

Древние римляне изготавливали из свинцовых труб водопроводы, не зная о том, что этот металл токсичен. Свинцовые трубы часто имели надписи римских императоров.





## § 38. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ 14(IVA) ГРУППЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

### Сегодня на уроке:

- изучим химические свойства элементов 14 (IVA) группы и их соединений.

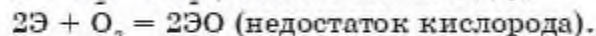
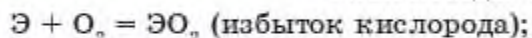
### Ключевые понятия

- восстановитель
- окислитель
- бинарные соединения

Рассмотрим химические свойства элементов подгруппы углерода. С чем могут реагировать данные элементы?

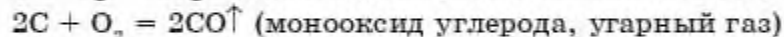
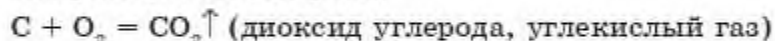
#### Восстановительные свойства.

1. В реакциях с простыми веществами, образованными более электроотрицательными элементами (кислород, галогены, азот, сера), эти элементы проявляют *свойства восстановителей*. Например, при нагревании графита и кремния с избытком кислорода образуются высшие оксиды, а при недостатке кислорода — монооксиды CO и SiO:

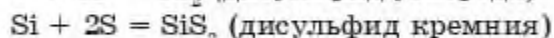
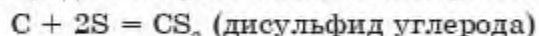


Остальные элементы также образуют оксиды со степенями окисления +2, +4.

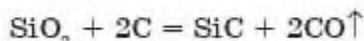
Например, для углерода:



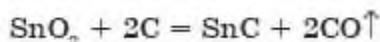
2. Со фтором углерод и кремний (а также остальные элементы) реагируют при обычных условиях с образованием тетрафторидов состава  $\text{CF}_4$  и  $\text{SiF}_4$ , для получения тетрахлоридов  $\text{CCl}_4$  и  $\text{SiCl}_4$  необходимо нагревание реагирующих веществ. Сера и азот вступают в реакции с углеродом и кремнием только при сильном нагревании:



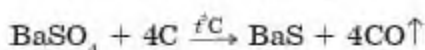
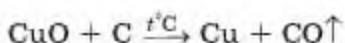
3. При нагревании смеси кварцевого песка и кокса при температуре около  $2000^\circ\text{C}$  образуется карбид кремния, или *карборунд* SiC — тугоплавкое вещество, по твердости близкое к алмазу:



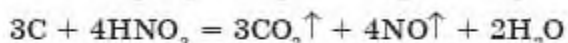
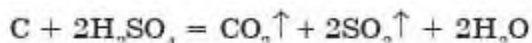
По аналогии с оксидом кремния реагируют и остальные оксиды элементов, например, диоксид олова:



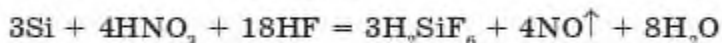
4. Углерод, кремний часто используют для восстановления малоактивных металлов из их оксидов и для перевода сульфатов металлов в сульфиды:



5. Реакции с кислотами. К действию обычных кислот углерод и кремний устойчивы. Углерод окисляется концентрированными серной и азотной кислотами:

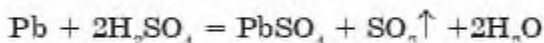


Кремний в концентрированных серной и азотной кислотах пассивируется и растворяется в смесях концентрированных азотной и плавиковой кислот и в концентрированных азотной и соляной кислот

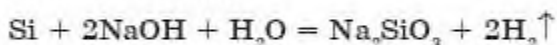


В этой реакции азотная кислота играет роль окислителя, а плавиковая или соляная — *комплексообразователя*.

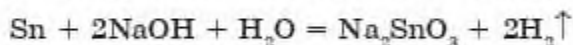
Свинец, олово и германий также реагируют с кислотами, образуя соли, водород (с кислотами-неокислителями), воду и соединения серы и азота соответственно. Например, для свинца:



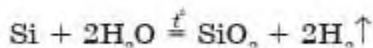
6. Реакции со щелочами. Кремний растворяется в водных растворах щелочей с выделением водорода:



Свинец и олово также могут реагировать со щелочами подобно цинку и алюминию, образуя стannиты и плюмбиты. Например, олово:

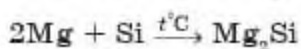
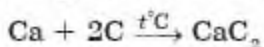


7. Взаимодействие с водой. В обычных условиях элементы с водой не взаимодействуют, но при высокой температуре они реагирует с водяным паром:

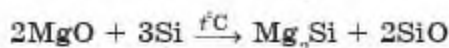
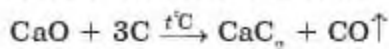


**Окислительные свойства.** Такие свойства возможны преимущественно для углерода и кремния, остальные элементы проявляют минусовую степень окисления очень редко (например, с магнием типа  $\text{Mg}_2\text{Э}$  — германид, стannид, плюмбид).

1. Углерод и кремний проявляются в реакциях с активными металлами, при этом образуются *карбиды* и *силициды*:



2. Углерод и кремний взаимодействуют при нагревании с оксидами активных металлов, образуя оксиды, карбиды и силициды:



Все элементы подгруппы углерода проявляют восстановительные, только углерод и кремний окислительные свойства. Олово и свинец могут проявлять амфотерные свойства.



1. Почему все элементы подгруппы углерода могут проявлять свойства восстановителей, но только углерод и кремний — свойства окислителей?
2. Напишите уравнения реакций: а) углерода с оксидом меди (II); б) углерода с оксидом углерода (IV); в) получения оксида углерода (IV) из углерода (приведите три возможных варианта).
3. Дайте сравнительную характеристику графита и кристаллического кремния. Укажите сходство и различие: а) в строении; б) в физических и химических свойствах. Ответ подтвердите необходимыми уравнениями реакций.
4. Подберите коэффициенты в данных схемах реакций методом электронного/ или электронно-ионного баланса: предложите схему распознавания кремния, графита и олова. Напишите возможные химические реакции.
  - а)  $\text{C} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - б)  $\text{Si} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\uparrow$ ;
  - в)  $\text{C} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - г)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{C} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ .
5. Составьте схему определения кремния, графита и свинца. Напишите уравнения возможных реакций.

- 1. Кремний высокой чистоты получают восстановлением  $\text{SiCl}_4$  парами цинка при высокой температуре, при этом образуются кремний и хлорид цинка. Составьте уравнение этой реакции и рассчитайте массу  $\text{SiCl}_4$ , который должен прореагировать с цинком, чтобы образовалось 560 г кремния.

Ответ: 3,4 кг.

- 2. Сколько мл 32%-го р-ра NaOH ( $\rho=1,35$ ) потребуется для растворения Si, образовавшегося при прокаливании 12 г Mg и 12 г  $\text{SiO}_2$ ?

Ответ: 37 мл.

- 3. Известно, что при горении угля выделяется 402 кДж/моль, а при обжиге известняка поглощается 180 кДж/моль теплоты. Используя эти данные, определите массу угля (содержащего 0,98 массовой доли углерода), необходимого для разложения 1 кг известняка, содержащего 5% примесей.

Ответ: 52 г.



## § 39. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО УРАВНЕНИЯМ ПАРАЛЛЕЛЬНО ПРОТЕКАЮЩИХ РЕАКЦИЙ

Среди задач, которые есть в химии, есть такие, в которых происходят параллельные реакции, т. е. в реакции участвуют все компоненты смесей, часто образуя одни и те же продукты реакций. Такие задачи решают, составляя систему математических уравнений, включая данные, полученные из химических уравнений. Рассмотрим пример такой задачи.

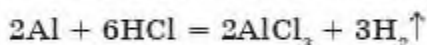
**Пример 1.** При действии на смесь алюминия и железа массой 11 г избытком соляной кислоты выделилось 8,96 л газа (н. у.). Определить массовые доли металлов в смеси.

В реакцию вступают оба металла. Здесь уже водород из кислоты выделяется в обеих реакциях, поэтому прямым расчетом здесь нельзя воспользоваться. В таких случаях удобно решать с помощью очень простой системы уравнений, приняв за  $x$  — число моль одного из металлов, а за  $y$  — количество вещества второго.

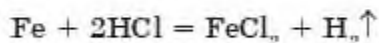
*Решение.*

1. Находим количество водорода:  $n = V/V_m = 8,96/22,4 = 0,4$  моль.

2. Пусть количество алюминия —  $x$  моль, а железа  $y$  моль. Тогда можно выразить через  $x$  и  $y$  количество выделившегося водорода:



1,5  $x$  — мольное соотношение  $\text{Al} : \text{H}_2 = 2 : 3$ .



3. Нам известно общее количество водорода: 0,4 моль. Значит,  $1,5x + y = 0,4$  (это первое уравнение в системе).

4. Для смеси металлов нужно выразить массы через количества веществ.  $M = m \cdot n$

Значит, масса алюминия будет:

$$m_{\text{Al}} = 27x,$$

а масса железа:  $m_{\text{Fe}} = 56y$ , а масса всей смеси

$$27x + 56y = 11$$

(это второе уравнение в системе).

5. Итак, мы имеем систему из двух уравнений  $\begin{cases} 1,5x + y = 0,4 \\ 27x + 56y = 11 \end{cases}$ . Решать такие системы гораздо удобнее методом вычитания, домножив первое

### Сегодня на уроке:

- научимся решать задачи по уравнениям параллельно протекающих реакций.

### Ключевые понятия

- параллельные реакции
- система уравнений



уравнение на 18, получаем при этом уравнение:

$27x + 18y = 7,2$  и вычитая первое уравнение из второго:

$$(56 - 18)y = 11 - 7,2$$

$$y = 3,8/38 = 0,1 \text{ моль (Fe)}$$

$$x = 0,2 \text{ моль (Al)}$$

6. Далее находим массы металлов и их массовые доли в смеси:

$$m_{\text{Fe}} = n \cdot M = 0,1 \cdot 56 = 5,6 \text{ г;}$$

$$m_{\text{Al}} = 0,2 \cdot 27 = 5,4 \text{ г;}$$

$$\omega_{\text{Fe}} = m_{\text{Fe}}/m_{\text{см}} = 5,6/11 = 0,50909 \text{ (50,91\%)}$$

соответственно,

$$\omega_{\text{Al}} = 100\% - 50,91\% = 49,09\%$$

*Ответ:* 50,91% железа, 49,09% алюминия.

- 1. Имеется смесь углерода и кремния массой 5,2 г. Смесь полностью сожгли, при этом израсходовали 6,72 л кислорода (н. у.). В каком массовом отношении находится кремний к углероду в смеси?

*Ответ:* 7:6

- 2. Смесь алюминия и бериллия массой 144 г реагирует с соляной кислотой и выделяется 20 г водорода. Определите массу каждого металла в смеси и их массовые доли.

*Ответ:* 75% алюминия, 25% бериллия.

- 3. При сжигании 36,4 г смеси этанола с уксусной кислотой образовалось 32,4 г воды. Определите массовую долю этанола в исходной смеси.

*Ответ:* 50,55%.

- 4\*. Смесь карбонатов калия и натрия массой 10 г растворили в воде и добавили избыток соляной кислоты. Выделившийся газ пропустили через трубку с пероксидом натрия. Образовавшегося кислорода хватило, чтобы сжечь 1,9 л водорода (н. у.). Напишите уравнения реакций и рассчитайте состав смеси.

*Ответ:* карбоната натрия 56,5%; карбоната калия 43,5%.

- 5\*. Смесь железа и цинка массой 12,1 г обработали избытком раствора серной кислоты. Для сжигания полученного водорода необходимо 2,24 л кислорода (давление 135,6 кПа, температура — 364К). Найдите массовую долю железа в смеси.

*Ответ:* 46,3%.

- 7\*. Смесь массой 40 г, состоящая из метиламина, аминокислоты и этилацетата, может прореагировать с хлороводородом объемом 9,86 л (н. у.). Такая же смесь может реагировать с 300 мл 1,4 М раствора гидроксида калия. Определите процентный состав (по массе) смеси.

*Ответ:* метиламин 15,5%; аминокислота 45%; этилацетат 39,5%.

- 8\*. 27,6 г смеси, состоящей из кремния, железа и алюминия, обработали при нагревании избытком гидроксида калия, при этом выделилось 22,4 л газа (н. у.). При действии на такую же массу смеси избытка соляной кислоты выделяется 17,92 л газа (н. у.). Определите массы компонентов смеси.

*Ответ:* 5,6 г кремния; 10,8 г алюминия; 11,2 г железа.

## § 40. СВОЙСТВА ОКСИДОВ ЭЛЕМЕНТОВ 14 (IVA) ГРУППЫ

Элементы 14 (IVA) группы в своих соединениях проявляют валентность IV и II. Рассмотрим оксиды данных элементов подробнее (табл. 15)

Таблица 15

Оксиды элементов 14 (IV) группы

Степень окисления +2	Степень окисления +4
Моноксид углерода (угарный газ) — CO	Диоксид углерода (углекислый газ) — CO <sub>2</sub>
Оксид кремния (II) — SiO	Оксид кремния (IV) — SiO <sub>2</sub>
Оксид германия (II) — GeO	Оксид германия (IV) — GeO <sub>2</sub>
Оксид олова (II) — SnO	Оксид олова (IV) — SnO <sub>2</sub>
Оксид свинца (II) — PbO	Оксид свинца (IV) — PbO <sub>2</sub>

Физические свойства данных оксидов представлены в таблице 16:

Таблица 16

Элемент	Тип кристаллической решетки	Основные физические свойства
Оксиды углерода CO, CO <sub>2</sub>	Молекулярная  Твердый диоксид углерода	CO, CO <sub>2</sub> газообразные, бесцветные, без запаха. Моноксид — нерастворим в воде, ядовит. Диоксид — растворим в воде, практически неядовит.
Оксиды кремния SiO, SiO <sub>2</sub>	Атомная  Кварц-диоксид кремния	Твердые, нелетучие, тугоплавкие, нерастворимые в воде. Моноксид — коричнево-черный по цвету. Диоксид — бесцветный.

### Сегодня на уроке:

- поймем свойства оксидов элементов 14 (IVA) группы со степенью окисления (+2) и (+4);
- сможем прогнозировать относительную стабильность соединений элементов 14 (IVA) группы со степенями окисления (+2) и (+4) в водных растворах.

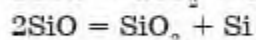
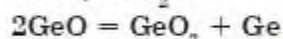
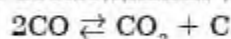
### Ключевые понятия

- оксид
- кислотный оксид
- амфотерный оксид
- основной оксид
- несолеобразующий оксид



Оксиды германия $\text{GeO}$ , $\text{GeO}_2$	Атомная  Диоксид германия	Твердые, тугоплавкие, нерастворимые в воде, окрашенные. Монооксид — черный. Диоксид — белый.
Оксиды олова $\text{SnO}$ , $\text{SnO}_2$	Ионная  Диоксид олова	Твердые, тугоплавкие, нерастворимые в воде, окрашенные. Монооксид — черный. Диоксид — белый.
Оксиды свинца $\text{PbO}$ , $\text{PbO}_2$	Ионная  Монооксид свинца	Твердые, тугоплавкие, нерастворимые в воде, окрашенные. Монооксид — красный или желтый. Диоксид — желтый.

Большинство оксидов данной группы проявляют устойчивость при нагревании, что связано с прочностью их кристаллических структур. Но возможными являются следующие виды разложения:



Последняя реакция используется для получения кремния, используемого в изготовлении компьютеров (рис. 38).

Монооксиды углерода, олова, свинца устойчивы при нагревании.



Рис. 38. Жесткий диск компьютера, сделанный из кремния

Оксиды элементов с валентностью (IV) ведут себя при нагревании так: оксиды углерода и кремния — устойчивы, остальные разлагаются при нагревании.

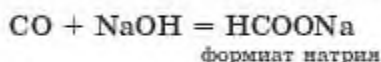
Кисотно-основные свойства оксидов представлены в таблице 17.

◆ Когда разлагается монооксид свинца, он образует смешанный — двойной оксид свинца красного цвета.

Кислотно-основные свойства оксидов.

Степень окисления +2	Характер	Степень окисления +4	Характер
CO	Несолеобразующий*	CO <sub>2</sub>	Кислотный
SiO	Несолеобразующий	SiO <sub>2</sub>	Кислотный (слабый)
GeO	Амфотерный	GeO <sub>2</sub>	Амфотерный (более кислотный, чем основной)
SnO	Амфотерный	SnO <sub>2</sub>	Амфотерный
PbO	Амфотерный (более основной, чем кислотный)	PbO <sub>2</sub>	Амфотерный

\*Монооксид углерода считается несолеобразующим, но может проявлять слабые кислотные свойства, например, в реакции со щелочами:



Проанализировав данные таблицы, можно прийти к следующим выводам:

- большинство оксидов являются *амфотерными*;
- с увеличением порядкового номера оксиды становятся более основными по характеру;
- оксиды со степенями окисления элементов +2 более основные, чем со степенью окисления +4 (табл. 18).

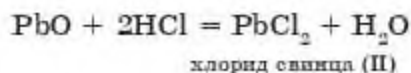
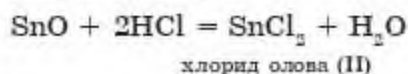
Таблица 18

## Устойчивость оксидов

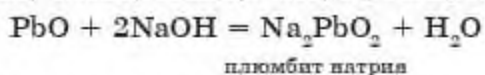
		Степень окисления			
		+2	+4		
Устойчивость повышается	↓	CO	CO <sub>2</sub>	↑	Устойчивость повышается
		SiO	SiO <sub>2</sub>		
		GeO	GeO <sub>2</sub>		
		SnO	SnO <sub>2</sub>		
		PbO	PbO <sub>2</sub>		

**Химические свойства оксидов со степенью окисления элементов +2**

Монооксид углерода очень плохо растворим в воде, при этом раствор будет нейтральным. Оксиды германия, олова и свинца (II) могут реагировать с кислотами, например:

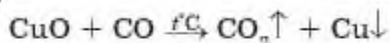


Оксиды германия, олова, свинца могут реагировать со щелочами:

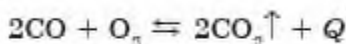


Оксиды олова и германия соответственно образуют в подобных реакциях станниты и германиты.

Кроме этого, монооксид углерода используют как сильный восстановитель для металлов:

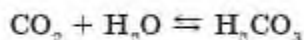


Также этот оксид используют в составе “генераторного газа” в реакции горения (рис. 39):



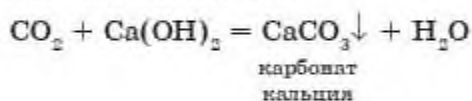
**Химические свойства оксидов со степенью окисления элементов +4**

Оксид углерода (IV) растворим в воде, образуя при этом слабую угольную кислоту:



Остальные оксиды не реагируют с водой.

Оксиды данной подгруппы могут реагировать со щелочами, основными оксидами, образуя соли. Например, для углекислого газа эта реакция с известковой водой (рис. 40):



Данная реакция используется как качественная реакция для обнаружения этого газа. При последующем пропускании диоксида углерода происходит растворение осадка карбоната кальция.

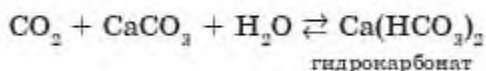


Рис. 39. Горение угарного газа

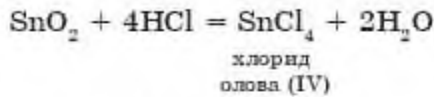


Рис. 40. Реакция углекислого газа с известковой водой

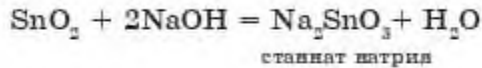


Для остальных оксидов возможно проявление амфотерных свойств, например, для диоксида олова:

Проявление основных свойств:

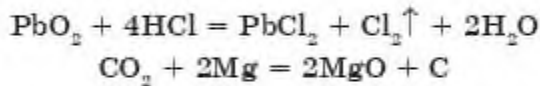


Проявление кислотных свойств:



Оксиды германия (IV) и свинца (IV) проявляют похожие свойства, образуя соответственно германиты и п्लомбаты.

Оксиды свинца и углерода могут проявлять окислительные свойства, например в следующих реакциях:



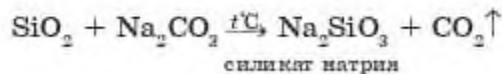
Анализируя окислительно-восстановительные свойства оксидов элементов данной подгруппы, можно прийти к следующим выводам, которые можно выразить в виде таблицы 19.

Таблица 19

Окислительно-восстановительная устойчивость оксидов

		Степень окисления			
Ослабление восстановительной способности	↓	+2	+4	↑	Уменьшение окислительной способности
		CO	CO <sub>2</sub>		
		SiO	SiO <sub>2</sub>		
		GeO	GeO <sub>2</sub>		
		SnO	SnO <sub>2</sub>		
		PbO	PbO <sub>2</sub>		

Оксид кремния (IV) является кислотным, реагирует со щелочами, образуя силикаты (напишите уравнение реакции с гидроксидом калия). Кроме того, он взаимодействует с некоторыми солями. Это его свойство используют для получения стекла (рис. 41):



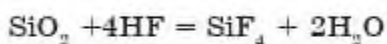
Диоксид кремния реагирует с фтороводородной (плавиковой) кислотой. Такую реакцию используют для протравливания стекла (нанесение рисунков на стекле) (рис. 42), уравнение данной реакции:



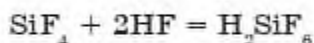
Рис. 41. Выдувание стекла



Рис. 42. Стеклое изделие с рисунком, нанесенным травлением плавиковой кислотой



тетрафторид  
кремния



гексафторкремниевая  
кислота



Оксиды элементов подгруппы углерода проявляют в соединениях степень окисления +2 и +4. Оксиды со степенью окисления +2 являются основными, а в степени окисления +4 кислотными. Некоторые оксиды проявляют амфотерный характер. Монооксиды кремния и углерода — несолеобразующие. Кроме этого, оксиды (+2) ведут себя и как восстановители, а оксиды (+4) проявляют окислительные свойства. Многие из данных оксидов широко применяются в химической промышленности.



1. Какие степени окисления могут проявлять элементы подгруппы углерода в оксидах? Объясните с точки зрения строения атома, например, углерода. Почему эта степень окисления возможна?
2. Приведите примеры оксидов свинца в разных степенях окисления, постройте их электронные и графические формулы с помощью метода "точек и крестов".
3. Монооксид углерода имеет тройную ковалентную полярную связь. Постройте его электронную и графическую формулы с помощью метода "точек и крестов". Сравните его строение с молекулой азота, заполнив таблицу:

Характеристика	Монооксид углерода	Азот
Формула		
Электронная формула		
Структурная формула		
Вид связи		
Кратность связи		



4. Германий образует два оксида состава  $\text{GeO}$ ,  $\text{GeO}_2$ .
  - а) монооксид германия в воздухе превращается в диоксид. Напишите уравнение данной реакции;
  - б) монооксид германия при нагревании разлагается на диоксид и кислород. Эта реакция относится к разновидности ОВР-диспропорционирование. Что означает этот термин? Напишите уравнение этой реакции;
  - в) диоксид германия, реагируя с бромоводородной кислотой, образует тетрабромид германия. Это вещество может подвергаться гидролизу. Напишите уравнения обоих химических реакций.
5. Диоксид кремния входит в состав стекла.
  - а. Объясните, почему в стеклянной посуде нежелательно хранить растворы щелочей? Приведите пример возможной реакции.
  - б. Объясните, почему в стеклянной посуде нельзя хранить плавиковую кислоту. Напишите уравнение этой реакции.
6. Осуществите следующие превращения:
  - а)  $\text{C} \rightarrow \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} \rightarrow \text{COCl}_2$
  - б)  $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Si}$
  - в)  $\text{Ge} \rightarrow \text{GeCl}_2 \rightarrow \text{Ge(OH)}_2 \rightarrow \text{GeO} \rightarrow \text{GeO}_2 \rightarrow \text{GeBr}_2$
  - г)  $\text{Sn} \rightarrow \text{Sn(NO}_3)_2 \rightarrow \text{Sn} \rightarrow \text{SnO} \rightarrow \text{SnCl}_2 \rightarrow \text{Sn(OH)}_2$
  - д)  $\text{Pb} \rightarrow \text{PbO} \rightarrow \text{PbO}_2 \rightarrow \text{PbCl}_2 \rightarrow \text{PbCl}_4$

- 1. Образец стали массой 50 г при сжигании в кислороде дал углекислый газ массой 1 г. Какова массовая доля углерода в стали?

*Ответ:* 0,55%

- 2. Через известковую воду пропущено 2 л (н. у.) смеси оксида углерода (II) и оксида углерода (IV). Выпавший осадок отфильтровали и высушили, масса его оказалась равна 4,95 г. Определите объемные доли газов в исходной смеси (в % по объему).

*Ответ:* 55,6%  $\text{CO}_2$  и 44,4%  $\text{CO}$ .

- 3. Определите массу 100 л газовой смеси (н. у.), в которой на 1 молекулу  $\text{CO}_2$  приходится 2 молекулы  $\text{O}_2$  и 4 молекулы  $\text{CO}$ .

*Ответ:* 140 г.

- 4. При сжигании смеси метилового и этилового спиртов образовалось 15,68 л (н. у.) углекислого газа. А при взаимодействии такой же массы смеси с избытком металлического натрия выделилось 5,6 л водорода. Определите массу исходной смеси и массовую долю метанола в ней.

*Ответ:* масса смеси 18,8 г; массовая доля метанола — 51%.

- 5. Определите формулу высшего оксида элемента 14 (IV), если он содержит массовую долю кислорода 13,4%. Составьте формулу оксида этого же элемента со степенью окисления +2, подсчитайте массовую долю каждого элемента в этом новом оксиде.

*Ответ:* оксиды свинца.

### Знаешь ли ты?

Особенные свойства стекла породили целый ряд фобий, которые ученые называют гиалофобией. Люди могут бояться проглотить кусочек стекла, или подходить к окнам (не говоря уже о том, чтобы пройти по стеклянной лестнице). Некоторые больные гиалофобией даже боятся смотреть сквозь стекло — им кажется ужасной его прозрачность.





### Знаешь ли ты?

Как стекло окрашивают в разные цвета? Для того чтобы придать стеклу нужный цвет, в него добавляют различные оксиды металлов, например, оксид железа придаст стеклу цвет от голубого до темно-красного цветов, оксид урана — светло-желтый, никель окрасит стекло в фиолетовый и коричневый цвета.



## § 41. ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ В ПРИРОДЕ И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ ЭЛЕМЕНТОВ 14 (IVA) ГРУППЫ

### Сегодня на уроке:

- Изучим способы получения простых веществ и химических соединений элементов 14 (IVA) группы;
- узнаем информацию о распространении и применении элементов 14 (IVA) группы и их соединений.

### Ключевые понятия

- простые вещества
- восстановление
- распространение в природе
- применение

Элементы подгруппы углерода относятся к распространенным элементам в природе. Но распространенность этих элементов не одинакова. В природе в самородном состоянии встречается только углерод. Рассмотрим это подробнее.

**Углерод.** По распространенности в земной коре углерод входит в первую десятку химических элементов. Углерод единственный из элементов IVA подгруппы, который встречается в природе в свободном состоянии — в виде *алмаза и графита*. Природный алмаз, хотя и составляет ничтожную часть имеющегося углерода, все же чрезвычайно ценен как красивый и самый твердый минерал. Высочайшая ценность углерода состоит в том, что он является структурной основой биорганических веществ, образующих тела всех живых организмов.

Углерод справедливо считать первым среди многих химических элементов, необходимых для существования жизни (рис. 43). Он является основной составной частью всех полезных ископаемых: каменного угля, нефти, природного газа. Кроме этого, в земной коре он содержится в виде карбонатов. Основными минералами углерода являются: *мел, мрамор, известняк*  $\text{CaCO}_3$ , *доломит*  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ , *малахит*  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ . Природная вода содержит гидрокарбонаты кальция и магния  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ . В виде углекислого газа  $\text{CO}_2$  углерод входит в состав воздуха.

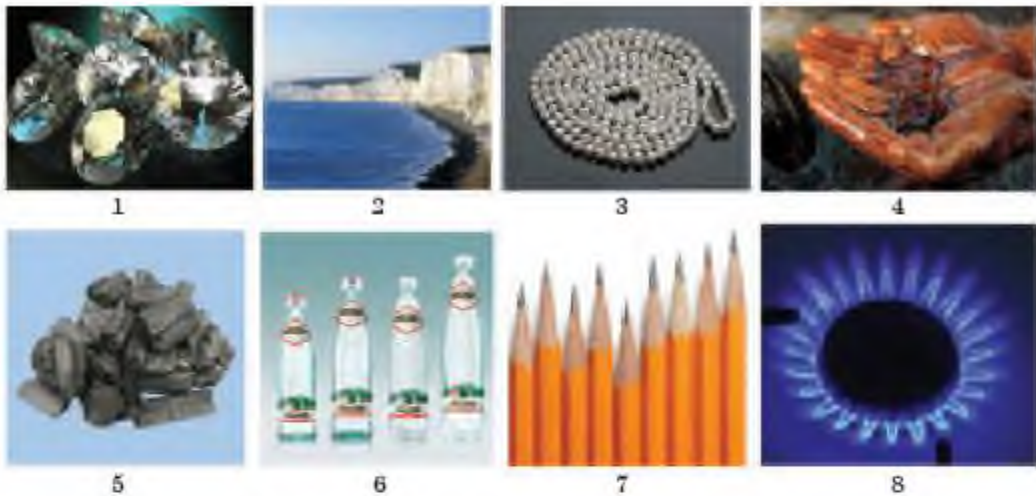


Рис. 43. Нахождение углерода в природе:

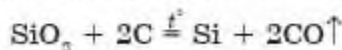
1 — алмаз; 2 — известняк; 3 — жемчуг;  
4 — нефть; 5 — древесный уголь; 6 — минеральная вода; 7 — графит; 8 — природный газ

Насчитывается 10 бассейнов каменного и бурого угля, разведано более 300 месторождений. Большинство месторождений каменного угля находится в Карагандинской, Павлодарской и Костанайской областях. Основные угольные бассейны: Карагандинский и Екибастузский. Есть запасы природного газа и нефти в Актау, Атырау.

Углерод в чистом виде специально не получают, так как он встречается в природе в чистом виде. Широко используется уголь, графит, производные углерода, как неорганические, так и органические.

**Кремний.** После кислорода это самый распространенный элемент на Земле. Он составляет 25,7% массы земной коры. Значительная его часть представлена оксидом кремния, называемого *кремнеземом*, который встречается в виде песка или кварца. В очень чистом виде оксид кремния встречается в виде минерала, называемого *горным хрусталем*. Кристаллический оксид кремния, окрашенный различными примесями, образует драгоценные и полудрагоценные камни: агат, аметист, яшму. Другая группа природных соединений кремния составляет силикаты — производные *кремниевой кислоты* (рис. 44). В Казахстане присутствуют практически во всех регионах стекольные пески, гравий и др.

**Получение.** В промышленности кремний получают восстановлением оксида кремния коксом в электрических печах:





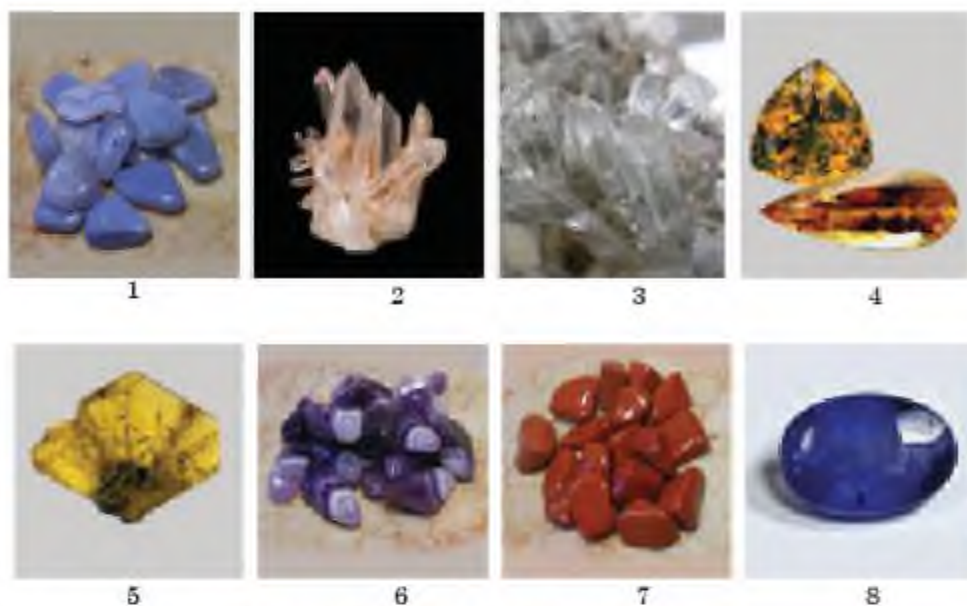
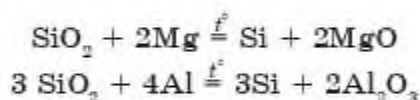


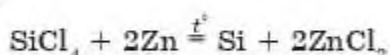
Рис. 44. Нахождение кремния в природе

1 — малахит; 2 — горючий кристалл; 3 — кварц; 4 — кошачий глаз; 5 — кошачий глаз; 6 — аметист; 7 — шпинель; 8 — опал

В лабораториях в качестве восстановителей используют магний или алюминий:



Наиболее чистый кремний получают восстановлением тетрахлорида кремния парами цинка:



**Применение.** Специально легированный кремний широко применяется как материал для изготовления полупроводниковых приборов. Кремний является составной частью большого числа сплавов железа и цветных металлов. Обычно кремний придает сплавам повышенную устойчивость к коррозии, улучшает их литейные свойства. Наибольшее значение имеют железные, медные и алюминиевые сплавы, содержащие кремний (силумин). Все большее количество кремния идет на синтез кремнийорганических соединений и силицидов. Кремнезем и многие силикаты (глины, полевые шпаты, слюды, тальки и т. д.) перерабатываются стекольной, цементной, керамической, электротехнической и другими отраслями промышленности.

**Германий.** Относится к рассеянным элементам. В природе в свободном виде не встречается. Общее содержание германия в земной коре





Германит



Аргиродит



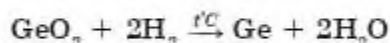
Конфилдит

Рис. 45. Нахождение германия в природе

7—10% по массе. Однако собственные минералы германия встречаются исключительно редко. Основная масса германия рассеяна в земной коре в большом числе горных пород и минералов: в сульфидных рудах цветных металлов, в железных рудах, в некоторых окисных минералах (хромите, магнетите, рутиле и др.).

Германий есть на территории всех стран. Германий очень рассеян. Минералы, в которых этого элемента больше 1%, — аргиродит, германит, ультрабазит и другие (рис. 45). Германий имеется в полиметаллических месторождениях руд Жунгарии и Алтая.

**Получение.** Германий встречается в виде примеси к полиметаллическим, никелевым, вольфрамовым рудам, а также в силикатах. В результате сложных и трудоемких операций по обогащению руды и ее концентрированию германий выделяют в виде оксида  $\text{GeO}_2$ , который восстанавливают водородом при  $600^\circ\text{C}$  до простого вещества:



Получение чистого германия происходит методом зонной плавки, что делает его одним из самых химически чистых материалов.

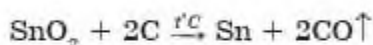
**Применение.** Германий — один из наиболее ценных материалов в современной полупроводниковой технике. Он используется для изготовления диодов, триодов, кристаллических детекторов и силовых выпрямителей. Важной областью применения германия является инфракрасная техника, в частности, производство детекторов инфракрасного излучения. Используется во многих сплавах и стеклах.

**Олово.** Олово — редкий рассеянный элемент, по распространенности в земной коре олово занимает 47-е место. Основной минерал олова — касситерит (оловянный камень)  $\text{SnO}_2$ , содержащий до 78,8% олова. Гораздо реже в природе встречается станнин (оловянный колчедан) —  $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$  (27,5% Sn) (рис. 46). В Казахстане есть единственное месторождение олова в Казахстане (Айыртауский район Северо-Казахстанской области).



Рис. 46. Нахождение олова в природе  
а — касситерит; б — станнит

**Получение.** В начале из руды выделяют диоксид олова, затем полученный оксид  $\text{SnO}_2$  восстанавливают углем или алюминием (цинком) в электропечах:



Особо чистое олово полупроводниковой чистоты готовят электрохимическим рафинированием, или методом зонной плавки.

**Применение.** До 40% олово идет на лужение консервной жести, остальное расходуется на производство припоев, подшипниковых и типографских сплавов. Оксид  $\text{SnO}_2$  применяется для изготовления жаростойких эмалей и глазурей. Соль — станнит натрия  $\text{Na}_2\text{SnO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  используется в протравном крашении тканей. Кристаллический  $\text{SnS}_2$  (сусальное золото) входит в состав красок, имитирующих позолоту.

**Свинец.** Содержание в земной коре —  $1,6 \cdot 10^{-2}\%$  по массе. Всего известно более ста свинцовых минералов. Из них основные — галенит (свинцовый блеск)  $\text{PbS}$  и продукты его химических превращений — англезит (свинцовый купорос, крокоит)  $\text{PbSO}_4$  и церуссит (белая свинцовая руда)  $\text{PbCO}_3$  (рис. 47). Богатейшие месторождения свинца — Риддерское, Зыряновское и другие — находятся на Рудном Алтае. В местных рудах много металлов. Полиметаллические месторождения имеются в Текели — в Жетысуском Алатау, в Ащысае и Мыргалымсае — в горах Каратау. В последние годы разведаны богатые месторождения свинца в Центральном Казахстане (Кызылеспе, Каскаайгыр и др.).

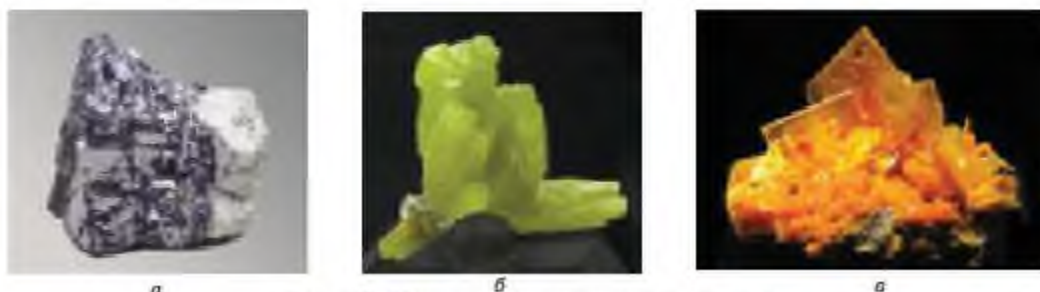
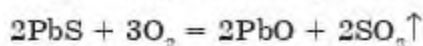


Рис. 47. Нахождение свинца в природе  
а — галенит; б — англезит; в — крокоит



**Получение.** Свинец получают окислительным обжигом  $PbS$  с последующим восстановлением  $PbO$  до сырого  $Pb$  и рафинированием (очисткой) последнего. При обжиге  $PbS$  преобладает реакция:



**Применение.** Свинец широко применяют в производстве свинцовых аккумуляторов, используют для изготовления заводской аппаратуры, стойкой в агрессивных газах и жидкостях. Свинец сильно поглощает гамма-лучи и рентгеновские лучи, благодаря чему его применяют как материал для защиты от их действия (контейнеры для хранения радиоактивных веществ, аппаратура рентгеновских кабинетов и других). Большое количество свинца идет на изготовление оболочек электрических кабелей, защищающих их от коррозии и механических повреждений. На основе свинца изготавливают многие сплавы. Оксид свинца (II)  $PbO$  вводят в хрусталь и оптическое стекло для получения материалов с большим показателем преломления.



Элементы 14(IVA) группы, кроме углерода, встречаются только в соединениях. Практически все эти соединения есть в Казахстане. Получение простых веществ происходит, как правило, путем обжига минералов, а затем последующего восстановления. Применение элементов данной подгруппы и их соединений происходит в различных областях.



1. Охарактеризуйте нахождение элементов подгруппы углерода в природе. В каких соединениях встречаются эти элементы.
2. Выпишите из текста параграфа важнейшие соединения кремния и олова, рассчитайте их молекулярные массы.
3. Напишите формулы важнейших соединений углеродов, относящихся к различным классам неорганических веществ.
4. Осуществите превращения:  
1) Углерод → метан → угарный газ → углекислый газ → карбонат кальция → гидрокарбонат кальция → углекислый газ → угарный газ.  
2) Кремний → диоксид кремния → кремний → силикат натрия → кремниевая кислота → диоксид кремния → карбид кремния.
5. Вещество А, входящее в состав одного из самых распространенных в земной коре минералов, разлагается при высокой температуре на два оксида, один из которых В всегда образуется в процессе жизнедеятельности. При взаимодействии вещества В с графитом при нагревании получается токсичный для теплокровных животных газ С, без цвета и запаха, горючий. Идентифицируйте вещества, составьте уравнения реакций.
6. При пропускании бесцветного газа А без запаха над простым веществом В при высокой температуре образуется только одно вещество С, которое восстанавливает оксид D черного цвета до красного металла E. Идентифицируйте вещества, составьте уравнения реакций.
7. При нагревании соли А, используемой в пищевой отрасли промышленности,



образуется соль В и бесцветный газ без запаха С. При действии на соль В соляной кислоты выделяется газ С. Идентифицируйте вещества, составьте уравнения реакций.

8. Составьте кластер применения по одному из элементов подгруппы углерода.

- 1. Для получения свинца взята руда массой 200 г, содержащая 80% сульфида свинца (II). Определите массу полученного свинца, если его практический выход равен 90%.

*Ответ:* 124,7 г.

- 2. После прокаливания смеси карбонатов магния и кальция масса выделившегося газа оказалась в 1,1 раза меньше массы твердого остатка. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

*Ответ:*  $(\text{MgCO}_3) = 43,3\%$ ;  $(\text{CaCO}_3) = 56,7\%$ .

- 3. Углекислый газ, образовавшийся при сжигании 15 г угля, содержащего 20% негорючих примесей, пропущен через 480 г 10%-го раствора гидроксида натрия. Рассчитайте массовые доли образовавшихся в растворе солей.

*Ответ:*  $\text{NaHCO}_3 - 12,82\%$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3 - 4,04\%$ .

“Химические свойства свинца, олова и их соединений”

**Реактивы:** растворы хлорида олова (II), ацетата или нитрата свинца (II), гидроксид аммония, растворы сульфида, хлорида, фосфата, хромата натрия, гидроксида натрия, таблетки или пластинки Al, Zn, Fe (*при выполнении работы использовать видеоресурсы*).

**Химическая посуда и лабораторное оборудование.** Пробирки, штатив для пробирок, стакан, стеклянная палочка.

Соблюдать правила ТБ при работе с токсичными веществами.

**Олово**

**Опыт № 1. Получение металлического олова**

В раствор хлорида олова (II) опустите маленький кусочек металлического цинка. Что наблюдается? Уравнение реакции напишите в молекулярном и ионном виде. Возможна ли аналогичная реакция, если заменить цинк железом? Ответ обоснуйте.

**Опыт № 2. Гидроксиды олова (II) и (IV)**

В отдельных пробирках получите гидроксиды олова (II) и (IV), действием гидроксида аммония на растворы хлоридов олова. Убедитесь, проявляют ли гидроксиды олова амфотерные свойства?

Испытайте отношение полученных осадков оловянных кислот к воде, кислотам и щелочам (полученные осадки кислот предварительно нужно промыть водой путем декантации). Проведите соответствующие опыты. Что наблюдается? Уравнение реакции напишите в молекулярном и ионном виде.

**Опыт № 3. Восстановительные свойства иона  $\text{Sn}^{2+}$**

В пробирку внесите раствор хлорида олова (II) и по каплям приливайте к нему хлорную воду. Что наблюдается? Уравнение реакции напишите в молекулярном и ионном виде.

**Свинец**

Внимание! Соединения свинца ядовиты, поэтому после проведения опытов с соединениями свинца необходимо тщательно вымыть руки.

**Опыт № 1. Получение металлического свинца**

В раствор ацетата свинца (II) опустите пластину из Zn или Al. На поверхности пластин появляются кристаллы свинца. Сравните стандартные потенциалы Al, Zn, Pb и объясните результаты опыта. Напишите уравнение реакции. Можно ли получить металлический свинец, действуя на раствор его соли медью?

**Опыт № 2. Малорастворимые соли свинца**

В отдельных пробирках получите хлорид, фосфат, хромат, сульфид и основной карбонат свинца обменной реакцией между нитратом свинца



(II) и другой соответствующей растворимой солью. Что наблюдается? Отметьте цвет всех осадков.

Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме.

**Опыт № 3. Получение гидроксида  $Pb^{2+}$  и изучение его свойств**

В двух пробирках получите дигидроксид свинца, добавляя по каплям щелочь к раствору нитрата или ацетата свинца (II). Отметьте цвет и аморфное состояние осадка. Растворите осадок, добавляя в одну пробирку кислоту (используйте таблицу растворимости солей), а в другую — щелочь. Что наблюдается? Напишите молекулярные и ионные уравнения всех реакций.



### Элементы 14(IVA) группы

Элементы данной подгруппы имеют важное практическое значение. Углерод является основой живой материи, кремний является вторым по распространенности на Земле элементом.

Углерод, кремний, германий образуют гигантские полимерные структуры. Олово и свинец образует металлические соединения. Химическая связь от углерода до олова становится менее прочной.

Валентность соединений данной группы бывает II и IV. С увеличением порядкового номера увеличиваются металлические свойства и уменьшаются неметаллические.

В кислородных соединениях элементы данной подгруппы проявляют степень окисления +2 и +4.

В подгруппе с увеличением порядкового номера кислотный характер оксидов уменьшается, возрастает основной характер. Многие из оксидов проявляют амфотерный характер.

Термическая устойчивость оксидов объясняется характером химической связи.

Кремний является основой силикатной и полупроводниковой промышленности.

(словарь терминов на русском, казахском и английском языках)

**Алканами (парафинами) или предельные углеводороды** – это углеводороды с общей формулой  $C_nH_{2n+2}$ , в молекулах которых атомы углерода соединены одинарными  $\sigma$ -связями

**Алкандар** — молекула құрамындағы көміртек атомдары өзара тек дара  $\sigma$ -байланыстар арқылы байланысқан жалпы формуласы  $C_nH_{2n+2}$  болатын алифатты қаныққан көмірсутектер.

**Alkanes** an organic molecule which contains only single carbon-carbon bonds.

**Алкенами или непредельными углеводородами** называют углеводороды с общей формулой  $C_nH_{2n}$ , в молекулах которых между атомами углерода имеется одна двойная связь

**Алкендер** — молекула құрамында бір қос байланысы бар, жалпы формуласы  $C_nH_{2n}$  болатын қанықпаған көмірсутектер.

**Alkenes** an organic molecule with general formula  $C_nH_{2n}$  containing at least one  $C=C$  bond.

**Алкадиенами или диеновыми углеводородами** называют органические соединения с общей формулой  $C_nH_{2n-2}$ , в молекулах которых имеются две двойные связи.

**Алкадиендер** — құрамында екі қос байланысы бар, жалпы формуласы  $C_nH_{2n-2}$  болатын қанықпаған көмірсутектер.

Organic compounds with the general formula  $C_nH_{2n-2}$ , in the molecules of which there are two double bonds, are called alkadienes or diene hydrocarbons.

**Алкины (алкиндер; alkynes)**-углеводороды с общей формулой  $C_nH_{2n-2}$ , в молекулах которых имеется тройная связь образованных одной  $\sigma$ - и двумя  $\pi$ -связями.

**Алкиндер** — құрамында, бір үш еселі байланысы бар біреу  $\sigma$ -, екеу  $\pi$ -байланыстан тұратын жалпы формуласы  $C_nH_{2n-2}$  болатын қанықпаған көмірсутектер.

**Alkines** are hydrocarbons with the general formula  $C_nH_{2n-2}$ , in the molecules of which there is a triple bond formed by one  $\sigma$  and two  $\pi$ -bonds

**Альдегиды (альдегидтер; aldehydes)** — органические вещества, содержащие альдегидную  $COH$  функциональную группу.

**Альдегидтер** молекулаларында көмірсутек радикалдарымен байланысқан альдегид  $COH$  функционалдық тобы бар органикалық қосылыстар.

**Aldehydes** An organic molecule containing a  $-COH$  group.

**Амины (амин; amine)** производные аммиака, в молекулах которого один или несколько атомов водорода замещены углеводородными радикалами.

**Аминдер** — молекуласындағы бір немесе бірнеше сутек атомы көмірсутек радикалына алмасқан аммиактың туындылары

**Amines** are derivatives of ammonia, in the molecules of which one or more hydrogen atoms are replaced by hydrocarbon radicals.

**Аминокислотами (аминокышқылдар; amino acid)** называют азотсодержащие органические соединения, в молекулах которых содержатся аминогруппы  $-NH_2$  и карбоксильные группы  $-COOH$ .

**Аминқышқылдар** — молекуласында амин ( $-NH_2$ ) және карбоксил ( $-COOH$ ) топтары бар органикалық қосылыстар.

**Amino acids** are called nitrogen-containing organic compounds, the molecules of which contain amino groups  $-NH_2$  and carboxyl groups  $-COOH$ .

**Амидная (пептидная) связь (амидтік (пептидтік) байланыс; amide (peptide) bond)** — связь между молекулами аминокислот  $-CO-NH-$  называется амидной или пептидной группой



**Амидтік (пептидтік) байланыс-нәруыз молекулаларындағы аминқышқылдарының арасындағы  $-\text{CONH}$  байланыс**

**Amide (peptide) bond** is a bond between amino acid molecules due to peptide bonds  $-\text{CO}-\text{NH}-$

**Аренами (ароматическими углеводородами) (арендер (ароматты көмірсутектер); aromatic hydrocarbon)** — карбоциклические углеводороды с общей формулой  $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ , в молекулах которых имеется бензольное кольцо, (бензольное ядро)

**Арендер (ароматты көмірсутектер)** — молекулаларының құрамында бензол сақинасы (бензол ядросы) бар жалпы формуласы  $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$  болатын карбоциклді көмірсутектер.

**Aromatic hydrocarbon** is a type of hydrocarbon compound, which has at least one structural ring of 6-carbon atoms.

**Атом (Атомдар; atom)** — наименьшая, химически неделимая часть химического элемента являющаяся носителем его свойств.

**Атомдар** — заттың химиялық бөлінбейтін ұсақ бөлшектері

The smallest structural unit of any chemical element is called an atom.

**Атомная масса (атомдық масса atomic mass)** атома химического элемента, выраженная в атомных единицах массы (а.е.м.).

**Атомдық масса** — атомдық салмақ — химикалық элемент атомы массасының салыстырмалы бірлікпен көрсетілген орташа мәні

This is the smallest unit of mass we use in chemistry, and is equivalent to 1/12 the mass of carbon-12. To all intents and purposes, protons and neutrons weigh 1 a.m.u.

**Атомный номер (атомдық нөмір; atomic number) (обозначение Z), зарядовое число, число протонов в ядре атома элемента, равное числу электронов, движущихся вокруг этого ядра.**

**Атомдық нөмір (Z өрпімен белгіленеді)** элементтің құрамындағы протон, электрон, ядро зарядының саны

The number of protons present in the nucleus of an atom.

**Ациклические (не содержащие циклов) (ациклді қосылыстар; acyclic compounds)** — соединения с открытой (незамкнутой) цепью углеродных атомов (прямой или разветвленной).

**Ациклді қосылыстар** ашық тізбекті қосылыстар — молекуласындағы көміртек атомдары өзара түзу немесе тарамдалған тізбек құрап қосылған органикалық заттар

**Acyclic compounds** are compounds with an open chain of carbon atoms.

**Белки (нәруыз; protein)** — это природные полимеры, состоящие из остатков  $\alpha$ -аминокислот, связанных между собой пептидными связями.

**Нәруыздар** —  $\alpha$ -аминокышқылдарының қалдығынан құралған құрылысы күрделі жоғары молекулалы полимерлер

**Proteins** are natural polymers consisting of residues of  $\alpha$ -amino acids linked by peptide bonds

**Брожение (ашу; fermentation)** — окислительно-восстановительный процесс, ферментативное расщепление органических веществ

**Ашу** — органикалық заттардың ферментті тотығу-тотықсыздану процесі.

The conversion of glucose by microorganisms such as yeast into ethanol and carbon dioxide, lactic acid and e.t.

**Валентность (валенттілік; valency) (от лат. Valentia сила)** — способность атома присоединять или замещать определенное число других атомов или атомных групп с образованием химической связи

**Валенттілік** — (лат. *valentia* — күш) — атомның басқа атомдарды немесе атомдар тобын қосып алып химиялық байланыс құру қасиеті

**Valency** is a chemical property of an element, that defines the highest number of bonds that its atom can form with other univalent atoms like hydrogen, chlorine etc.



**Водородный показатель pH** (сутектік көрсеткіш pH; hydrogen pH) — мера активности ионов водорода в растворе, и количественно выражающая его кислотность

**Сутектік көрсеткіш pH**-ерітінділердегі сутек иондарының концентрациясын немесе сутек иондарының белсенділігін сипаттайтын шама

**Hydrogen pH** is a measure of the activity of hydrogen ions in a solution, expressing its acidity

**Восстановители** (тотықсыздандырғыш; reductant) — вещества, отдающие электроны в окислительно-восстановительных реакциях

**Тотықсыздандырғыш** — тотығу-тотықсыздану реакциялары кезінде өзінен электрон бөліп, тотығу дәрежесі өзгертін атом немесе бөлшек.

A chemical substance that oxidizes itself for the reduction of another reactant, in a chemical reaction is known as reducing agent.

**Восстановление** (тотықсыздану; reduction) — процесс приема электронов, протекающий в окислительно-восстановительных реакциях.

**Тотықсыздану** тотығу-тотықсыздану реакциялары барысында электрон қосып алу процесі.

The chemical process that involves gaining of electrons by an atom or an ion.

**Вулканизация** (вулканизациялау; vulcanization) — технологический процесс (получения резины) взаимодействия каучуков с серой и углеродом, при котором происходит сшивание молекул каучука в единую пространственную сетку.

**Вулканизациялау** — көксағыздың қасиеттерін жақсарту үшін күкірт пен көміртекті қосып қыздыру резенке алу процесі

A special chemical process, where rubber is treated with sulfur and other chemical substances under high temperature, so that they combine with the rubber to enhance its strength and elasticity is called vulcanization.

**Высокомолекулярные соединения (полимеры)** (полимерлер, polymers) — химические соединения, молекулярный вес которых составляет величину от нескольких тысяч до нескольких миллионов

**Жоғары молекулалы қосылыстар** (полимерлер) — ондаған мың және жүздеген мың, кейде миллиондаған атомдардан тұратын үлкен молекулалар

**Polymers.** A molecule containing many repeating units. Plastics are polymers and are formed by free radical chain reactions.

**Гетероциклические соединения** (гетероциклді қосылыстар; heterocyclic compounds) - соединения, в циклах которых наряду с атомами углерода содержатся и атомы других элементов гетероатомы (N, S, O и другие).

**Гетероциклді қосылыстар** — циклге көміртек атомдарынан басқа да элементтердің атомдары кіретін қосылыстар (гетероатомдар N, S, O т.б.)

**Heterocyclic compounds** — the major classes of heterocycles containing the common heteroatoms—nitrogen, oxygen, and sulfur—are reviewed in order of increasing ring size, with compounds containing other heteroatoms left to a final section.

**Геометрические изомеры** (геометриялық изомер; geometrical isomer) — характерны для соединений, содержащих двойную связь или цикл, в которой молекулы атомов или группы атомов располагаются относительно двойной связи. Делятся цис- и транс-изомерию.

**Геометриялық изомер** — молекуладағы атомдар және атомдар тобы қос байланысқа қатысты орналасқан изомері. Изомерлер цис- және транс- болып бөлінеді.

**Isomerism** where atoms or groups of atoms can take up different positions around a double bond or a ring. This is also called cis-trans-isomerism.

**Гидратация** (гидраттану, hydration) — присоединение воды к различным веществам

**Гидраттану** — суды қосу реакциясы

When a molecule has water molecules attached to it.



**Гидрирование** (сутектендіру, гидрлендіру; hydrogenation) -реакции идущие с присоединением водорода

**Гидрлену** — сутек қосылы жүретін реакциялар

The reactions of cations with water to produce a weak base or of anions to produce a weak acid.

**Горение** (жану; combustion) — физико-химический процесс, протекающий с выделением тепла в результате реакции окисления

**Жану** — заттардың оттектен өрекеттесіп, көмірқышқыл газын, су және жылу бола жүретін реакциясы

When a compound combines with oxygen gas to form, heat

**Гибридизация** (гибридизация; hybridization) атомных орбиталей — образование гибридных (новых) орбиталей, имеющих одинаковые формы, энергию, угол связи в результате смещения орбиталей разной формы и энергии.

**Гибридтену** пішіндері өртүрлі, энергиялары шамалас орбитальдардың араласып, пішіні, энергиясы, байланыс бұрышы, т.б. сипаттамалары бірдей гибридтенген жаңа орбитальдар түзілуі.

Hybridization — the formation of hybrid (new) orbitals having the same shape, energy, bond angle as a result of the displacement of orbitals of different shapes and energies.

**Гидрокси́ды (основания)** (негіз) — сложные вещества, образующие при диссоциации одну или несколько гидроксильных групп и ион металла (или ион аммония); pH среды  $\text{pH} > 7$

**Негіз-ерігенде**  $\text{OH}^-$  иондарына ыдырайтын күрделі заттар. Олардың pH ортасы  $\text{pH} > 7$   
A compound that gives off  $\text{OH}^-$  ions in water. They are slippery and bitter and have a pH greater than 7.

**Гидролиз**(гидролиз; hydrolysis) — реакция обмена сложного вещества и воды приводящее к разложению (жиров, белков, углеводов, солей)

**Гидролиз** — күрделі заттардың сумен алмасу нәтижесінде айырылуын айтады (май, нәруыз, көмірсулар гидролизі, тұздар гидролизі)

The reactions of cations with water to produce a weak base or of anions to produce a weak acid.

**Гомологи** (гомологи, homologous series) — соединения, сходных по своему строению и свойствам, но отличающихся друг от друга по составу на одну или несколько групп  $-\text{CH}_2$ .

**Гомологтар** — құрылысы мен қасиеттері ұқсас, бірақ бір немесе бірнеше  $-\text{CH}_2$  тобына айырмашылығы бар заттар.

A series of organic compounds, that can be represented by a general chemical formula. Members of any homologous series have similar chemical properties.

**Дегидратация** (дегидраттау; dehydration) — реакция отщепления воды путем в органических веществах.

**Дегидраттау** — органикалық заттардан су бөліне жүретін айрылу реакциялар  
The removal of water from a substance by heating it, placing it in a dry atmosphere or using a drying (dehydrating) reagent such as concentrated sulphuric acid.

**Дегидрирование** (дегидрогенизация) (сутексіздендіру, дегидрлендіру; dehydrogenation) — отщепление водорода от органических соединений путем окисления или нагревания.

**Дегидрлену** — органикалық заттардан сутектің бөліну реакциясы.

It is a chemical reaction that involves the removal of hydrogen from an organic molecule.

**Донор**(донор; donor) — атом, молекула или ион, поставляющий пару электронов на образование химической связи по донорно-акцепторному механизму.

**Донор-бос** электроны жұбы бар бөлшек, мысалы, аммиак  $\text{NH}_3$



A donor atom is the one that shares or donates its electrons to a Lewis acid to form a coordination complex.

**Жиры (Май, Fat)** — вещества растительного или животного происхождения, состоящие из смесей триглицеридов — сложных эфиров глицерина и высших жирных кислот (главным образом стеариновой, пальмитиновой, олеиновой, линолевой, линоленовой).

**Майлар** — глицерин мен жоғары карбон қышқылдарының күрделі эфирлері

1) A compound consisting of glycerol and fatty acids. 2) A triglyceride

**Изомеры (изомерлер; Isomers)** — вещества, имеющие одинаковый состав и молекулярную массу, но различающихся строением и свойствами молекул.

**Изомерлер** — құрамы бірдей, құрлығы мен қасиеттері әртүрлі болатын органикалық қосылыстар

Molecules whose molecular formulas are same but the structural formulas are different are known as isomers.

**Ингибиторы (стабилизаторы, пассиваторы) (ингибитор; inhibitor)** — вещества, тормозящие химические процессы

**Ингибиторлар** — химиялық реакцияның жылдамдығын баяулататын, бірақ өздері жұмсалмай қалатын өршіткілер.

A substance that slows down a chemical reaction.

**Ион (ион; ion)** — электрически заряженный атом или группа атомов.

**Ион** — электрлік зарядталған атом немесе атомдар тобы

An atom or a molecule carrying an electric charge is called an ion. It is formed as a result of losing or gaining of electrons.

**Карбоновые кислоты (карбон қышқылдары; organic (carboxylic)acids)** — это органические вещества, молекулы которых содержат одну или несколько карбоксильных групп COOH, соединенных с углеводородным радикалом или водородным атомом.

**Карбон қышқылдары** — молекула құрамында карбоксил тобы (COOH) бар органикалық заттар

An organic molecule with a -COOH group on it. Acetic acid is the most famous one.

**Карбоциклические соединения (карбоциклді қосылыстар; carbocyclic compounds)** — циклические соединения, образованные только углеродными атомами.

**Карбоциклді қосылыстар** — циклді қосылыстар тек көміртек атомдарынан құралады

Carbocyclic compounds cyclic compounds formed only by carbon atoms.

**Катализатор (катализатор; catalyst)** вещества увеличивающие или замедляющие скорости химической реакции, но сами при этом не расходуются.

**Катализатор (өршіткі)** реакция жылдамдығын арттыратын немесе тежейтін, бірақ өздері шығынға ұшырамайтын заттар.

A substance that speeds up a chemical reaction without being used up by the reaction.

**Кетоны (кетондар; ketones)** — органические соединения, в молекулах которых карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами (R-CO-R').

**Кетондар** құрамында функционалдық карбонил -C=O тобы бар оттекті органикалық қосылыстар (мысалы ацетон)

A molecule containing a R-CO-R' functional group. Acetone(dimethyl ketone) is a common one.

**Кислота (қышқыл; acid)** сложное вещество, диссоциирующее на ионы H<sup>+</sup>  
**Қышқыл** — H<sup>+</sup> иондарына диссоциацияланатын күрделі заттар.  
This is anything that gives off H<sup>+</sup> ions in water.

**Кислотные дожди (қышқылдық жауын; acid-rains)** общее название осадков, содержащих кислотные оксиды (обычно серы или азота).



Rain that contains large amounts of harmful chemicals as a result of burning substances such as coal and oil.

**Крахмал** (крахмал; starch) — природный полимер (полисахарид), макромолекула которого состоит из циклических остатков  $\alpha$ -глюкозы, образующихся в результате фотосинтеза растений.

**Крахмал** — табиғи полимер (полисахарид) макромолекуласы циклді  $\alpha$ -глюкозаның қалдықтарынаң тұрады.

**Starch** is a polymeric carbohydrate consisting of numerous glucose units joined by glycosidic bonds. This polysaccharide is produced by most green plants as energy storage.

**Крекинг** (крекинг; cracking) процесс расщепления углеводородов, содержащихся в нефти, в результате которого образуются углеводороды с меньшим числом атомов углерода в молекуле.

**Крекинг-мұнай өнімдеріндеге** үлкен молекулалы қөмірсүтектерді жоғары қысымда қайта өңдеу кіші молекулаларға айналдыру.

**The process by which organic molecules with complex structures are broken down into simpler forms, by heating them in the absence of atmospheric oxygen, under the influence of a catalyst.**

**Коксование** (кокстеу; coking) — метод переработки топлив, преимущественно углей, заключающийся в нагревании их без доступа воздуха до температуры 900—1050°C, с образованием коксового газа, каменноугольной смолы, аммиака и др.

**Кокстеу-таскөмірді** ауа қатыстырмай кокс пештерінде 900—1050°C температурада өңдеу. Өнімдері кокс газы, таскөмір шайыры, аммиак т.б.

**Coking** — solid fuel processing method

**Комплексные соединения** (кешенді қосылыстар; complex compounds) — вещества, в состав которых входят сложные частицы, содержащие молекулы или сложные ионы, способные к самостоятельному существованию

**Кешенді қосылыстар** — жай химиялық қосылыстардың өрекеттесуі нәтижесінде түзілетін құрамы күрделі химиялық қосылыстар.

**Complex compounds** — substances that include complex particles containing molecules or complex ions that are capable of independent existence

**Комплексообразователь** (центральный катион) (кешен түзуші; central cation) — катион металла, который обладает вакантными орбиталями. Катионы металлов (d-элементов)

**Кешен түзуші** (орталық атом) — кешенді қосылыстардағы орталық орын алып тұрған ион немесе атом

**The complexing agent** (central cation) is a metal cation that has vacant orbitals. Cations of metals (d-elements)

**Координационное число** (координациялық саны; the coordination number) — количество лигандов, которые может присоединять комплексообразователь.

**Координациялық саны** кешен түзушінің айналасына координациаланған лигандардың жалпы саны.

**The coordination number** is the number of ligands that the complexing agent can attach.

**Внутренняя сфера** (ішкі сфера) составляют комплексообразователь и лиганды (заключены в квадратные скобки)

**Ішкі сфера** — кешен түзуші ион және лиганд құрайды

**The internal sphere** is composed of complexing agents and ligands (enclosed in square brackets)

**Внешняя сфера** (сыртқы сферасы; outer sphere) — ионы расположенные за квадратными скобками

**Сыртқы сферасы** кешенді қосылыстардың аниондар немесе катиондар болуы кешен ионының зарядына байланысты. Егер қосылыстағы кешен ионының заряды оң болса,

сыртқы сферада аниондар орналасады, ал кешен ионының заряды теріс болса, сыртқы сферада катиондар орналасады.

**Outer sphere** — ions located behind square brackets

**Лиганд** (лиганд; ligands) — молекулы и ионы, связанные с центральным атомом (комплексобразователем) в комплексных соединениях; образуют внутреннюю сферу соединения

**Лиганд** кешенді қосылыстардағы орталық атомдармен (*кешен түзушімен*) байланысқан молекулалар немесе иондар, кешеннің ішкі сферасын құрайды.

**Ligands** — molecules and ions bound to a central atom (complexing agent) in complex compounds; form the inner sphere of the connection.

**Многоатомные спирты** (көпатомды спирттер; multiatomic alcohols) — органические соединения, содержащие несколько гидроксильных групп, связанных с органическим радикалом.

**Көпатомды спирттер** құрамында бірнеше гидроксил (ОН) тобы бар көмірсутектердің туындылары.

**Multiatomic alcohols** are organic compounds containing several hydroxyl groups associated with an organic radical

**Молекула** (молекула; molecule) — это наименьшая частица вещества, сохраняющая его свойства.

**Молекула** заттың қасиеттері сақталған ең ұсақ бөлшегі

**A small, neutrally charged particle** formed as a result of chemical bonding between two or more atoms.

**Моль** ((моль; mole) — это количество вещества, содержащее столько структурных единиц (молекул, атомов, ионов, электронов или других), 1 моль любого вещества содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул (постоянная Авогадро).

**Моль** — зат мөлшерінің өлшем бірлігі.  $6,02 \cdot 10^{23}$  (Авогадро саны) бөлшегі (атом, ион молекула, электрондар) бар заттың мөлшері

**Also known as Avogadro's constant.** It is the number of particles present in one mole of any substance. It is equal to  $6,023 \cdot 10^{23}$

**Молярная масса (M)** (молярлық масса; molar mass) — показывает массу вещества количеством 1 моль

**Мольдік масса (M)** — заттың 1 мольінің граммен өлшенетін массасы

**The mass per mole of atoms of an element.** It has the same value and uses the same units as atomic weight.

**Молярный объем ( $V_m$ )** (молярлық көлем; molar volume) — объем занимаемый газом количеством 1 моль. При нормальных условиях (н.у) равен 22,4 л

**Мольдік көлем ( $V_m$ )** — бір моль газдың алатын көлемі. Қалыпты жағдайда (қ.ж.) бұл 22,4 л-ге тең.

**The molar volume, symbol  $V_m$ ,** is the volume occupied by one mole of a substance at a given temperature and pressure.

**Моносахариды** (моносахаридтер; monosaccharides) — простейшие углеводы, в молекулы содержат одну карбонильную группу (альдегидо- или кетоно-) и несколько гидроксильных групп (альдегидоспирты, кетоны)

**Моносахаридтер** — қарапайым көмірсутектер, молекуласында бір карбонил (альдегид немесе кетон) және бірнеше гидроксил топтары бар қосылыстар.

**Monosaccharides, also called simple sugar,** are the simplest form of sugar and the most basic units of carbohydrates

**Мономеры** (мономерлер) — низкомолекулярные соединения, содержащие кратные связи. Применяются для синтеза полимеров





**Мономерлер-** полимер синтезделетін кіші молекулалы зат

**Monomer.** A small molecule and building block for larger chain molecules or polymers ('mono' means one, 'mer' means part). *Examples:* tetrafluoroethene for teflon, ethene for polyethene.

**Насыщенные углеводороды (предельные УВ)** (қаныққан көмірсутектер (шекті)) в молекулах которых атомы углерода соединены друг с другом и атомами водорода простыми (одинарными) связями

**Қаныққан көмірсутектер (шекті)** молекуласындағы көміртек және сутек атомдары бір-бірімен қарпайым байланыста болатын қосылыстар

**Saturated hydrocarbons.** The simplest forms of hydrocarbon compounds, where all the carbon atoms are bonded to each other with the help of single bonds.

**Ненасыщенные углеводороды (непредельные УВ)** (қанықпаған көмірсутектер (шексіз)) — в молекулах которых два или несколько атомов углерода связаны между собой кратными связями (двойными или тройными).

**Қанықпаған көмірсутектер (шексіз)** — молекуласында көміртек атомдары еселі байланыстар (қос және үш) арқылы жалғасқан.

**Unsaturated hydrocarbons.** A type of organic compound that consists of one or more number of double or triple bonds between the carbon atoms

**Нитросоединения (нитроқосылыстар; nitro compounds)** — органические соединения, содержащие функциональную нитро-группу ( $-\text{NO}_2$ ) связанную с углеводородным радикалом.

**Нитроқосылыстар** — органикалық қосылыстар құрамында көмірсутек радикалмен байланысқан нитротоп ( $-\text{NO}_2$ ) болады

**Nitro compounds** are organic compounds containing a functional nitro group ( $-\text{NO}_2$ ) bound to a hydrocarbon radical

**Нормальные условия (н.у.)** (қалыпты жағдай; standard conditions) определены IUPAC (Международным союзом практической и прикладной химии) следующим образом: Температура  $0^\circ\text{C}$  (273 K) и давление 101.325 кПа (1 атм; 760 мм.рт.ст)

**Қалыпты жағдай (қ.ж)** IUPAC (Халықаралық практикалық және қолданбалы химия одағы) келесідей анықтайды: қысым 1 атм (немесе 760 мм.с.б., 101,325 кПа), температура  $0^\circ\text{C}$  (273 K)

**Standard conditions for temperature and pressure** are standard sets of conditions for experimental measurements to be established to allow comparisons to be made between different sets of data

**Нуклеофилы (нуклеофилдар; nucleophil)** частица имеющая отрицательный заряд анионы ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ) и соединения с неподеленной парой электронов ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и т. д.).

**Нуклеофилдар** теріс зарядты бөлшек

**Nucleophil.** A molecule or substance that has a tendency to donate electrons or react at electron-poor sites such as protons.

**Сложный эфир (күрделі эфирлер; esters-an)** органические вещества, которые образуются в реакциях этерификация, идущие с отщеплением воды, реакция обратимая.

**Күрделі эфирлер** органикалық қосылыстар этерификация реакциясында түзіледі, су бөлініп қайтымды реакцияға жатады

**Esters-an** organic molecule with  $\text{R}-\text{CO}-\text{OR}'$  functionality. **Ether** — A compound containing two organic radicals linked by an oxygen atom.

**Спирты (спирттер; alcohols)** — органические соединения молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены гидроксильными группами ( $\text{OH}$ )

**Спирттер** — бір немесе бірнеше атомдары сутек гидроксил ( $\text{OH}$ ) тобына алмасқан органикалық заттар

**An organic compound** which consists of a hydroxyl group ( $-\text{OH}$ ) attached to a carbon atom of an alkyl group chain



**Структурная формула** (құрымдылық формула; structural formula) показывает порядок соединения атомов в молекуле.

**Құрымдылық формула** молекуладағы атомдардың өзара байланысу тәртібін көрсететін формула.

The structural formula of a chemical compound is a graphic representation of the molecular structure, showing how the atoms are possibly arranged in the real three-dimensional space.

**Окисление** (тотығу; oxidation) — процесс отдачи электронов атомом, молекулой или ионом. При окислении степень окисления повышается.

**Тотығу** — атомдардың, иондардың және молекулалардың электрондарды беру процессі  
Oxidation. When a substance loses electrons.

**Окислитель** (тотықтырғыш; oxidant) — присоединяющие электроны. Во время реакции они восстанавливаются.

**Тотықтырғыш** — электрондарды қосып алатын бөлшек.

A chemical substance that undergoes reduction in order to oxidize another reactant, during a chemical reaction is known as oxidizing agent.

**Органическая соединения** (органикалық қосылыстар; organic compounds) — соединения углеводородов и их производных.

**Органикалық қосылыстар** — көмірсутектер және олардың туындылары.

A compound that contains carbon (except carbon dioxide, carbon monoxide, and carbonates).

**Пиролиз** (пиролиз; pyrolysis) — разложение органических веществ без доступа воздуха при высокой температуре.

**Пиролиз** — көмірді ауа қатыстырмай жабық реакторда қыздыру

Pyrolysis decomposition of organic substances without air at high temperature

**Полимеризация** (полимерлену; polymerization) — процесс соединения одинаковых молекул в более крупные.

**Полимерлену** — қосылу реакциясы нәтижесінде полимерлердің түзілуі, мысалы этилен-полиэтилен

The process where the smaller units of molecules are combined to form a large three-dimensional structure of polymer chains is called polymerization

**Поликонденсация** (поликонденсациялану; polycondensation) реакция, в результате которых из низкомолекулярных веществ образуются высокомолекулярные, причем этот процесс сопровождается выделением побочного продукта (воды, аммиака, хлороводорода и др.).

**Поликонденсациялану** — көпфункционалы мономерлер қатысады, бір-бірімен әрекеттескенде қарапайым кіші молекулалы затты (көбіне суды) бөле отырып бірігеді. Процесс сатылап жүреді.

Polycondensation of the reaction, resulting in the formation of high molecular weight substances from low molecular weight substances, is accompanied by the release of a by-product

**Радикалы** (радикал; radicals) свободные атомы или группы атомов с неспаренными электронами, неустойчивые и способные быстро вступить в химические превращения.

**Радикал** жұптаспаған электроны бар бөлшек

Radicals An atom or group of atoms with at least one unpaired electron.

**Риформинг** (Риформинг; Reforming definition) — процесс получения высококачественных нефтепродуктов путем изомеризации, ароматизации, алкилирования (получение разветвленных углеводородов) в присутствии катализаторов.

**Риформинг** — көмірсутектерді өршіткілер қатысында изомерлеу, ароматтау, алкилдендіру (тармақты көмірсутектерді алу) арқылы жоғары сапалы мұнай өнімдерін



алу процесі

**Reforming definition**, the process of cracking low-octane petroleum fractions in order to increase the octane number.

**Углеродная цепь** (көміртек тізбегі; carbon chain) последовательность соединенных между собой атомов углерода.

**Көміртері тізбегі** — өзара байланысқан көміртек атомдарының тізбегі.

*A hydrocarbon chain is a molecule that consists of entirely hydrogen and carbon.*

**Циклические соединения** (циклді қосылыстар; cyclic compounds) — соединения, в которых углеродные атомы образуют циклы, если в цикле только атомы углерода, это карбоциклические. Гетероциклические соединения содержат в цикле, кроме атомов углерода, один или несколько атомов других элементов — гетероатомов

**Циклді қосылыстар** — тізбектері тек көміртек атомдарынан құралса карбоциклді ал көміртек атомдарымен бірге циклді басқа элементтердің де атомдары азот, күкірт және т.б болса гетероциклді деп аталады.

*Cyclic compounds* — compounds in which carbon atoms form cycles.

**Фенолы**(фенолдар; phenols) — органические соединения, содержащие гидроксильную группу, непосредственно связанную с бензольным кольцом.

**Фенолдар** — гидроксил тобы бензол сақинасымен тікелей байланысқан органикалық қосылыстар.

*Phenols* of the compound in which the hydroxyl group is attached to the benzene ring

**Функциональные группы**(функционалдық топ; functional groups) группы атомов, которые обуславливают характерные химические свойства данного класса веществ.

**Функционалдық топ** заттарға тән химиялық қасиеттерін анықтайтын атомдар тобы

*Functional groups*  
A generic term for a group of atoms that cause a molecule to react in a specific way. It's really common to talk about this in organic chemistry, where you have "aldehydes, carboxylic acids, amines" and so on.

**Ферменты**(ферменттер; enzymes) — катализаторы биологического происхождения, ускоряющие химические реакции, необходимые для жизнедеятельности организмов.

**Ферменттер** — барлық тірі организмдер құрамына кіретін арнайы ақуыздар. Химиялық реакцияларды жеделдетеді.

*Enzymes* — catalysts of biological origin

**Сигма ( $\sigma$ ) связь** (сигма ( $\sigma$ -) байланыс; sigma ( $\sigma$ -) bond) химические связи, образующиеся в результате перекрывания орбиталей вдоль линии, соединяющей центры ядер двух атомов.

**Сигма ( $\sigma$ -) байланыс-а, р** электрондардың бұлттардың қабысуы байланысушы атомдар ядроларының қосатын түзу бойында жатады. ауданы олардың орталықтарын қосатын түзудіңбір электрон жұбы арқылы пайда болады, жай дара байланыс

*Sigma ( $\sigma$ -) bond* A real fancy way of saying "single bond".

**Пи ( $\pi$ ) связь** (пи ( $\pi$ -) байланыс; pi ( $\pi$ -) bond) химические связи, образующиеся в результате перекрывания орбиталей в двух областях, т. е. вне линии, соединяющей центры ядер атомов.

**Пи ( $\pi$ -) байланыс-р** электрондарының қабысуы ауданы олардың орталықтарын қосатын түзудің екі жағында орналасады

*Pi ( $\pi$ -) bond* A double bond.

**Углеводы** (көмірсулар; carbohydrates) — органические соединения, содержащие карбонильные и гидроксильные группировки атомов, имеющие общую формулу  $C_n(H_2O)_m$ .

**Көмірсулар** — жалпы формуласы  $C_n(H_2O)$  құрамында карбонилді және гидроксилді атомдық топтары бар органикалық қосылыстар



**Carbohydrates** A *hydrocarbon chain* is a molecule that consists of entirely hydrogen and carbon.

**Электрофилы** (электрофилдер; *electrophile*) — это катионы или молекулы, имеющие атом с незаполненной орбиталью или частичным положительным зарядом, способные взаимодействовать с атомами, обладающими избытком электронной плотности, т. е. являющиеся акцепторами электронов.

**Электрофилдер** толтырылмаған орбитальды немесе ішінара оң заряды бар, электрон тығыздығы жоғары атомдармен әрекеттесуге қабілетті атомы бар катиондар немесе молекулалар, электронды акцепторлар.

**An electrophile** is an atom or molecule that accepts an electron pair to make a covalent bond.

**Электрон** (электрон; *electron*) — элементарная частица с отрицательным электрическим зарядом.

**Электрон** — теріс электр заряды бар элементардық бөлшек

**Electron** is a negatively charged subatomic particle that revolves around the nucleus of an atom.

**Электроотрицательность** (электртерістік; *electronegativity*) — способность атома, находящегося в соединении, притягивать к себе общие электроны

**Электртерістік** атомның қосылыстағы электрондарды өзіне тарту қабілеті.

**Electronegativity** is a measure of the tendency of an atom to attract a bonding pair of electrons.

**Этерификация** (этерификация; *etherification*)

Реакция обмена карбоновой кислоты и спирта, в результате которой образуется сложный эфир и вода.

**Этерификация реакциясы** — қарбон қышқылы мен спиттер арасындағы алмасу реакциясының нәтижесінде күрделі эфир мен су түзіледі

**The process of converting a substance (as an alcohol or phenol) into an ether**

**Химия органическая** (химия органикалық ; *chemistry organic*) — химия углеводородов и их производных

**Химия органикалық** — көмірсутектер мен олардың туындыларының химиясы

**Chemistry organic** — chemistry of hydrocarbons and their derivatives



## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	4
<b>Глава I. СОЕДИНЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА</b>	
§1. Строение молекулы бензола .....	5
§2. Получение бензола и его гомологов.....	8
§3. Химические свойства бензола и его гомологов.....	11
Лабораторная работа № 1 .....	17
<b>Глава II. ЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ</b>	
§4. “Номенклатура и изомерия циклических соединений”. Номенклатура ИЮПАК для ароматических и гетероциклических соединений.....	19
§5. Классификация гетероциклических соединений.....	22
<b>Глава III. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</b>	
§6. Строение карбонильных соединений .....	27
§7. Получение Альдегидов и Кетонов .....	29
§8. Химические свойства, применение альдегидов и кетонов .....	32
§9. Строение и номенклатура карбоновых кислот .....	35
§10. Свойства карбоновых кислот .....	39
§11. Сложные эфиры .....	44
§12. Жиры .....	47
§13. Мыла и синтетические моющие средства .....	52
Лабораторная работа №3 .....	58
<b>Глава IV. АМИНЫ И АМИНОКИСЛОТЫ</b>	
§14. Амины .....	61
§15. Анилин .....	64
§16. Состав, строение и биологическая роль аминокислот.....	66
§17. Физические и химические свойства аминокислот .....	69
Лабораторная работа №4.....	71
Лабораторная работа № 5 .....	71
Лабораторная работа №6.....	71
<b>Глава V. ХИМИЯ ЖИВОГО</b>	
§18. Глюкоза .....	74
§19. Свойства глюкозы .....	76
§20. Дисахариды. Сахароза .....	78
§21. Крахмал.....	81
§22. Целлюлоза.....	84
§23. Белки.....	86
§24. Свойства белков .....	91
§25. Роль и применение ферментов .....	94
§26. Нуклеиновые кислоты .....	98
§25. АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) и энергия.....	103
§28. Биологически значимые элементы .....	105
§29. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами.....	110
Лабораторная работа № 7.....	115
Лабораторная работа №8 .....	116
Практическая работа №1 .....	117
<b>Глава VI. СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ</b>	
§30. Высокомолекулярные соединения .....	120
§31. Реакция полимеризации .....	122
§32. Реакции поликонденсации. Полиамиды и полиэфиры .....	127
§33. Применение и воздействие пластиков на окружающую среду.....	130



Лабораторная работа №9.....	135
Практическая работа №2 .....	135

### Глава VII. ОРГАНИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ

§34. Основные функциональные группы в органических соединениях .....	139
§35. Распознавание органических веществ.....	143
§36. Генетическая связь органических веществ .....	147
Практическая работа №3 .....	153

### Глава VIII. ЭЛЕМЕНТЫ 14(IVA) ГРУППЫ

§37. Изменение свойств элементов 14 (IVA) группы.....	155
§38. Химические свойства элементов 14(IVA) группы и их соединений.....	160
§39. Решение задач по уравнениям параллельно протекающих реакций .....	163
§40. Свойства оксидов элементов 14 (IVA) группы .....	165
§41. Формы нахождения в природе и способы получения простых веществ элементов 14 (IVA) группы.....	172
Лабораторный опыт №10 .....	179
Глоссарий.....	182