



Частное профессиональное образовательное учреждение  
**«АНАПСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ТЕХНИКУМ»**  
(ЧПОУ «Анапский индустриальный техникум»)

**А.С. Юрова**

# **ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

*учебно - методическое пособие*

Анапа  
2023

## Практическая работа №1

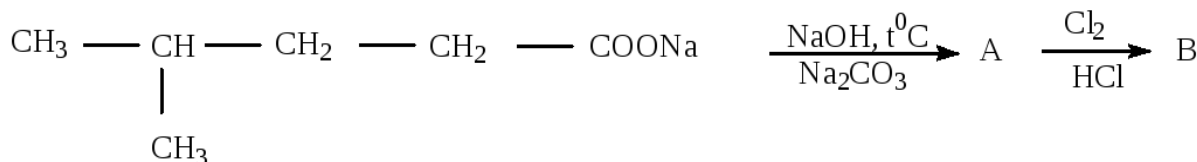
### Алканы

**Цель работы:** отработать алгоритм названия гомологов и изомеров для алканов, умение характеризовать вид гибридизации и пространственное строение алканов, навык составления уравнений реакций, характеризующие химические свойства и получение алканов. Выполнить упражнения, закрепляющих свойства алканов как углеводородов предельного или насыщенного строения, давать им названия по систематической и рациональной номенклатуре; решить задачи.

### Ход работы

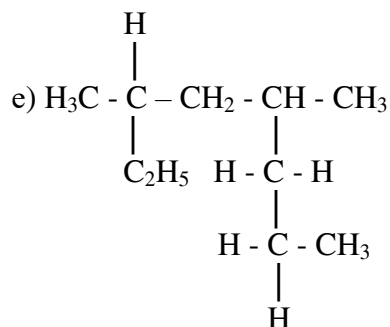
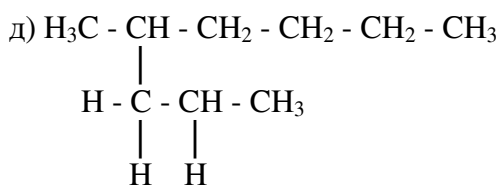
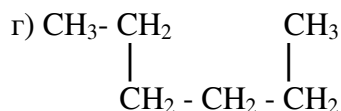
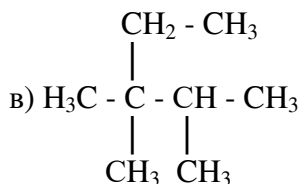
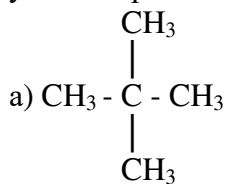
#### Вариант I

1. Напишите структурные формулы изомерных углеводородов состава  $C_5H_{12}$ . Укажите среди них третичные и четвертичные атомы углерода. Назовите все соединения по систематической и рациональной номенклатурам.
2. Назовите вещества (систематическая и рациональная номенклатуры), образующиеся при каталитическом гидрировании двойных связей соединения 2,4-диметилпентен-2.
3. Какие углеводороды получаются при действии металлического натрия на смесь бромэтана и 2-бромпропана? Приведите схему реакции. В чем различие между углеводородами и производными углеводородов?
4. Получите этан и 2-метилпропан методом декарбоксилирования, используя соли карбоновых кислот.
5. Осуществите схемы превращений и назовите вещества:



6. Получите бутан методом гидрирования углерода, монооксида углерода, алкена.
7. Приведите по три примера гомолога и по три примера изомера для гексана, дайте им названия. В чем различие между гомологами и изомерами алканов. Поясните на примере.
8. Запишите реакцию нитрования пентана и назовите продукты реакции по систематической и рациональной номенклатуре. Ответ пояснить.
9. Какие из приведённых ниже формул отвечают предельным углеводородам:  $C_4H_{10}$ ,  $C_8H_{18}$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $C_{11}H_{22}$ ,  $C_{20}H_{42}$ .

10. Назовите по систематической и рациональной номенклатуре следующие углеводороды:



11. Напишите структурные формулы следующих алканов:

а) 3 метил 3 этилпентан;

б) 2,3 диметилпентан;

в) 3 пропил 2,3,4 триэтилгексан;

г) тетрафторметан.

12. Решить задачи:

а) Какой объем воздуха и кислорода потребуется для сжигания 67,2л бутана(н.у.)?

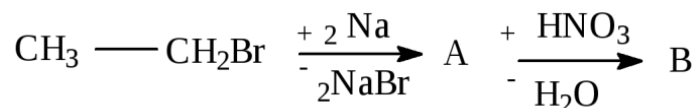
*Ответ:*  $V(\text{O}_2) = 436,8\text{л}$ ;  $m(\text{воздух}) = 2080\text{л}$ .

б) Углеводород содержит 81,82% углерода. Масса 1л этого углеводорода(н.у.) составляет 1,964г. Найдите молекулярную формулу углеводорода, составьте его структурную формулу и назовите его по систематической и рациональной номенклатуре.

*Ответ:*  $\text{C}_3\text{H}_8$ , пропан.

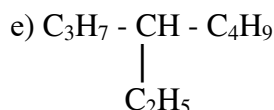
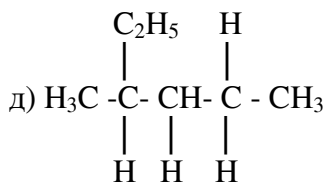
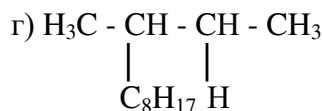
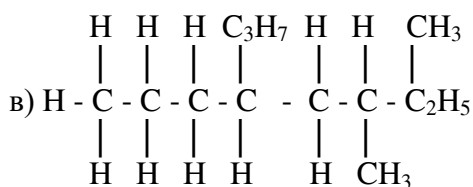
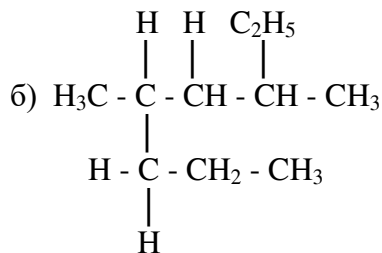
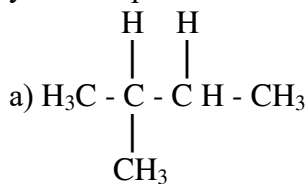
## Вариант II

1. Напишите структурные формулы изомерных углеводородов состава  $C_7H_{16}$ .  
Укажите среди них третичные и четвертичные атомы углерода.  
Назовите все соединения по систематической и рациональной номенклатурам.
2. Назовите вещества (систематическая и рациональная номенклатуры), образующиеся при каталитическом гидрировании двойных связей соединения 2,3,5-триметилгексен-2.
3. Какие углеводороды получаются при действии металлического натрия на смесь хлорпентана и 2-хлорпентана? Приведите схему реакции.  
В чем различие между углеводородами и производными углеводородов.
4. Получите пропан и 2-метилбутан методом декарбоксилирования, используя соли карбоновых кислот.
5. Осуществите схемы превращений и назовите вещества:



6. Получите пентан методом гидрирования углерода, монооксида углерода, алкена.
7. Приведите по три примера гомолога и по три примера изомера для октана, дайте им названия.  
В чем различие между гомологами и изомерами алканов. Поясните на примере.
8. Запишите реакцию нитрования бутана и назовите продукты реакции по систематической и рациональной номенклатуре. Ответ пояснить.
9. Какие из приведённых ниже формул отвечают предельным углеводородам:  
 $C_5H_{12}$ ,  $C_3H_9$ ,  $C_4H_{10}$ ,  $C_{15}H_{32}$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_6H_8$

10. Назовите по систематической и рациональной номенклатуре следующие углеводороды:



11. Напишите структурные формулы следующих алканов:

- а) 4 метил 2,2 диэтилнонан;      б) 2 этилпентан;  
в) 2 метил 5 пропилоктан;      г) 2,2,3 - триметил, 3 хлорпентан.

12. Решить задачи:

а) Вычислите какой объем и какая масса хлора потребуется для получения 202г хлорметана?

*Ответ:*  $V(\text{Cl}_2) = 436,8\text{л}$ ;  $m(\text{Cl}_2) = 2080\text{л}$ .

б) При сжигании 8,6г углеводорода получили 26,4г оксида углерода (IV) и 12,6г воды. Найдите молекулярную формулу этого углеводорода, если его плотность по отношению к воздуху равна 2,966.

Напишите структурные формулы всех изомеров углеводорода и назовите их.

*Ответ:*  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  гексан.

## Практическая работа №2

### Алкены и алкины

**Цель работы:** отработать алгоритм названия гомологов и изомеров алкенов и алкинов, строить структурные формулы алкенов и алкинов по названиям; уметь определять вид гибридизации и пространственное строение алкенов; составлять уравнения реакций, которые характеризуют химические свойства и получение алкенов.

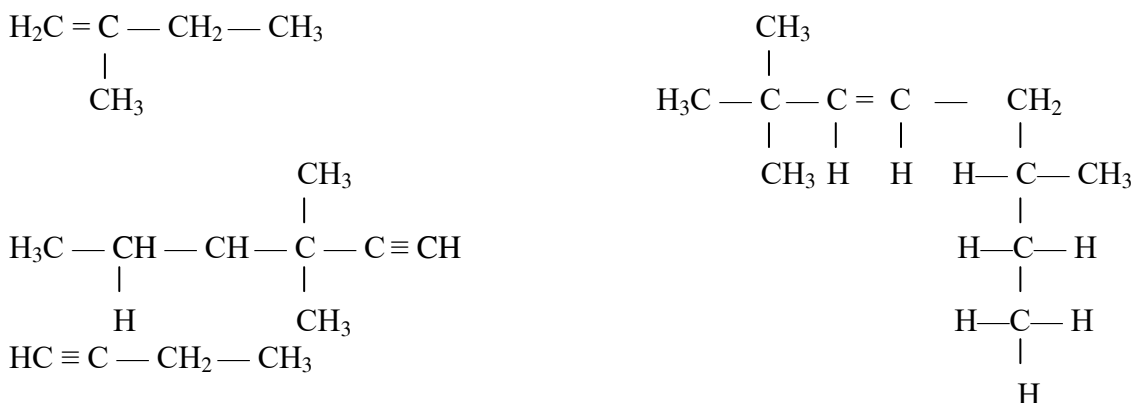
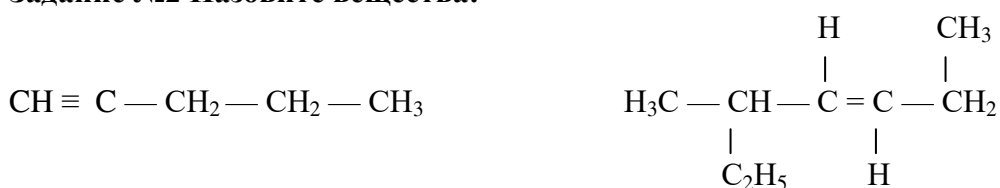
### Ход работы

#### Вариант I

#### Задание №1 Напишите формулы веществ:

1. циксексен-3	4. 2 метилгексен-1
2. 2,3 диметил3хлорпентен-1	5. 3,3 диэтилпентен-1
3. 2,2 диметилгептин -3	6. 2,2 диэтилгексин -3

#### Задание №2 Назовите вещества:

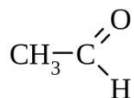
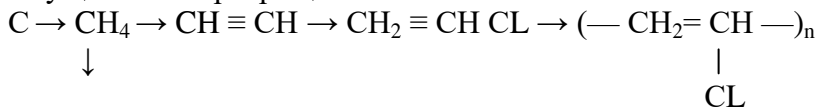


#### Задание №3 Осуществить взаимодействие:

- горение  $\text{C}_4\text{H}_8$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{14}$
  - взаимодействие  $\text{C}_4\text{H}_8$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{14}$  с каждым из веществ:  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{H}_2$
- Дать названия всем веществам.

#### Задание №4

Осуществить превращения:



ацетальдегид

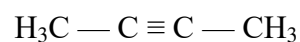
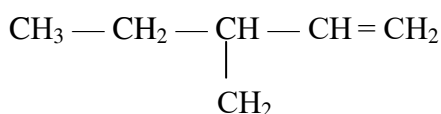
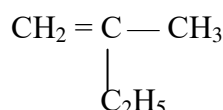
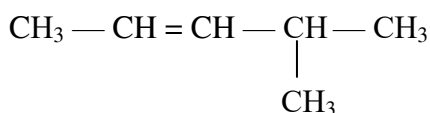
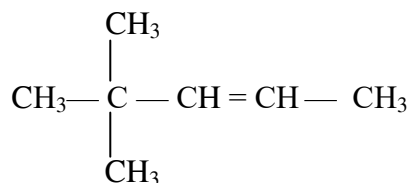
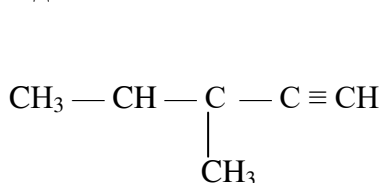
**Задание №5 Решить задачи**

**Задача №1** В соединении массовая доля углерода – 85,7%, массовая доля водорода – 14,3%, плотность по водороду – 14. Вывести молекулярную формулу углеводорода.

**Задача №2** Найдите формулу вещества, массовые доли элементов в котором следующие:  $\omega(\text{C}) = 0,3871$ ,  $\omega(\text{N}) = 0,4516$ ,  $\omega(\text{H}) = 0,1613$ .

**Вариант II****Задание №1 Напишите формулы веществ:**

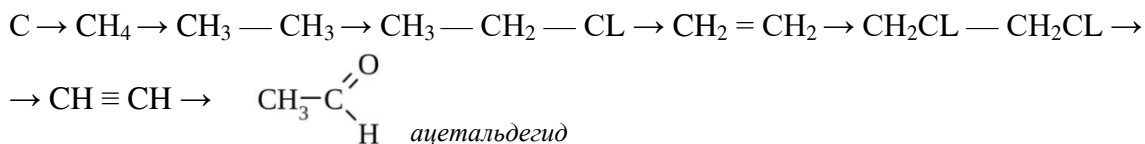
1) 2,5,5 три пропил гексен – 2	4) 2 метил бутен -2
2) цис - 4,5 диметил октен - 4	5) 2,3 ди метил гексен – 3
3) пентин - 2	6) 3 этил пентин - 1

**Задание №2 Назовите вещества:****Задание №3 Осуществить взаимодействие:**

1) горение  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}$

2) взаимодействие  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  с каждым из веществ:  $\text{H}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{HCl}$

Дать названия всем веществам.

**Задание №4 Осуществить превращения:****Задание №5 Решить задачи**

**Задача №1** Определите молекулярную формулу углеводорода, который содержит 85,7% углерода и имеет плотность по водороду 21.

**Задача №2** При сгорании 4,2 г вещества образуется 13,2 г оксида углерода(IV) и 5,4 г воды. Плотность паров этого вещества по воздуху 2,9. Определите состав молекулы углеводорода.

## Практическая работа №4

### Арены

**Цель работы:** закрепить знания по теме ароматические углеводороды посредством решения задач и схем превращения углеводородов в химических реакциях.

### Ход работы

Вариант I	Вариант II
<b>Задание №1</b> Электронное строение аренов. Влияние строения на химические свойства аренов.	
<p>1. Изобразите электронное строение молекулы бензола. Объясните механизм образования <math>\sigma</math>-связи и <math>\pi</math>-электронной системы.</p> <p>2. Опишите свойства бензола, сходные с непредельными углеводородами. Почему бензол труднее вступает в реакции присоединения?</p>	<p>1. Опишите свойства бензола, сходные с предельными углеводородами. Почему бензол легче вступает в реакции замещения?</p> <p>2. Опишите свойства бензола, сходные с непредельными углеводородами. Почему бензол труднее вступает в реакции присоединения?</p>
<b>Задание №2</b> Сравните химические свойства предложенных аренов, и объясните в чем заключается взаимное влияние атомов в этих молекулах.	
3. Бензол и толуол	3. Бензол и бромбензол
<b>Задание №3</b> Как получают ароматические углеводороды? Осуществите цепочку превращений:	
Ацетилен $\rightarrow$ бензол $\rightarrow$ нитробензол.	Гексан $\rightarrow$ бензол $\rightarrow$ бромбензол.
<b>Задание №4</b> Напишите уравнения реакций сгорания:	
Этиленбензола	Ксилола
<b>Задание №5</b> Решить задачи	
<b>Задача №1</b>	<b>Задача №1</b>
Из 7,8 г бензола получено 8,61 г нитробензола. Определите выход продукта реакции.  <i>Ответ: 70%</i>	Из 13,44 л ацетилена получили 12 г бензола (н.у.). Сколько это составляет процентов по сравнению с теоретическим выходом продукта?  <i>Ответ: 77,17%</i>
<b>Задача №2</b>	<b>Задача №2</b>
Найти массу бензола, которая получена из ацетилена, объем которого при 500 С <sup>0</sup> и давления 1,013*10 <sup>5</sup> Па равен 500 л, если выход целевого продукта составляет 75 %.  <i>Ответ: m(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) = 153,7 г.</i>	При полном сгорании ароматического углеводорода образовалось 5,4 г воды. Определить массу образовавшегося оксида углерода (IV), если массовая доля углерода в углеводороде равна 92,3 %.  <i>Ответ: m(CO<sub>2</sub>) = 26,4 г</i>



### Контрольные вопросы

1. Какие углеводороды называются ароматическими и почему?
2. Как на основе экспериментальных данных определили молекулярную и структурную формулы бензола?
3. С учетом современных представлений об электронных облаках и их перекрывании поясните, как образуются химические связи в молекуле бензола.
4. Почему при изображении структурной формулы бензола не следует указывать двойные связи?
5. Какой вид изомерии характерен для ароматических углеводородов? Изобразите структурные формулы четырех-пяти известных вам ароматических углеводородов и подпишите их названия.
6. Почему ароматические соединения по химическим свойствам отличаются как от непредельных, так и от предельных углеводородов? Составьте соответствующие уравнения реакций.
7. Какое применение имеют бензол и другие ароматические углеводороды?
8. На конкретных примерах поясните, как химическая наука способствует росту продуктивности сельского хозяйства.
9. Какие мероприятия осуществляются в вашей местности по охране окружающей среды?

## Практическая работа №4

### Галогенпроизводные

**Цель работы:** выполнить упражнения по номенклатуре галогенпроизводных углеводородов; отработать навыки составления уравнений химических реакций, характеризующих химические свойства и получение галогенпроизводных.

#### Ход работы

#### Упражнения по теме: «Галогенпроизводные углеводородов»

Вариант I	Вариант II
1. Напишите структурные формулы всех галогензамещенных с формулой $C_5H_{11}Cl$ . Назовите эти соединения по номенклатуре ИЮПАК.	1. Напишите структурные формулы всех галогензамещенных с формулой $C_6H_{13}Cl$ . Назовите эти соединения по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия 2-бромбутана со следующими соединениями: а) с магнием; б) с аммиаком.	2. Напишите уравнения реакций взаимодействия 2-бромбутана со следующими соединениями: а) с цианистым калием; б) с водным и спиртовым раствором щелочи.
3. Из пропина получите 1-хлорпропен-2.	3. Из этина получите 2-хлорбутадиен-1.
4. Получите хлорэтен $CH_2 = CH - Cl$ , исходя из этена и этина.	4. Из бензола получите 2,4-динитрохлорбензол и 2,5-дихлорнитробензол.
5. Напишите схему следующих превращений: $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3 \xrightarrow{Br_2, h\nu} A \xrightarrow{KOH_{cn.}} B \xrightarrow{Br_2} V$ $\xrightarrow{2KOH_{cn.}} \Gamma \xrightarrow{2HBr} \dots$	5. Как осуществить следующие превращения: $CH \equiv C - CH_3 \rightarrow CH_3 - CH = CH_2 \rightarrow CH_3 - CH_2 - CH_2 - Br \rightarrow$ $\rightarrow CH_3 - (CH_2)_4 - CH_3 \rightarrow CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3 \rightarrow$ $\rightarrow CH_3 - CH_2 - CH_3$

#### Контрольные вопросы

1. Каковы правила номенклатуры галогенпроизводных углеводородов?
2. Каковы основные способы получения галогенпроизводных?
3. Какой тип химических реакций характерен для галогенпроизводных? Полярность связи углерод – галоген, индуктивный эффект.
4. Реакция нуклеофильного замещения. Механизм реакции.
5. Сравнительная подвижность атома галогена в зависимости от типа радикала.
6. Каково применение галогенпроизводных в фармации?
7. Методы получения галогенопроизводных углеводородов.

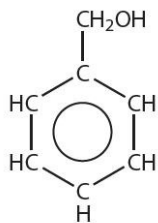
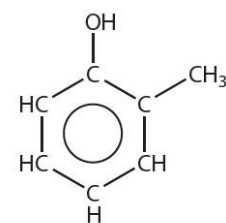
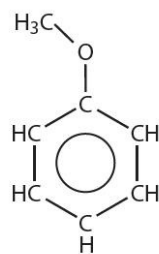
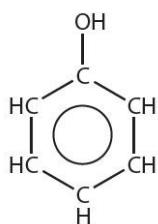
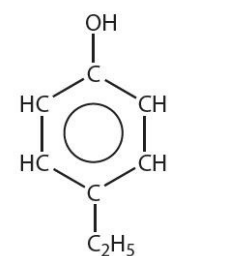
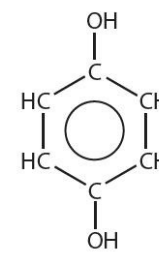
## Практическая работа №5

### Спирты. Фенолы. Простые эфиры.

**Цель работы:** отработать алгоритм названия гомологов и изомеров; навык определения функциональной группы. Составить уравнения реакций, характеризующих химические свойства и получение спиртов фенолов и простых эфиров.

Записать уравнения реакций по схемам цепочек превращений.

#### Ход работы

Вариант I	Вариант II
<p>1. Среди приведенных формул найдите изомеры пентанола-1 и определите вид изомерии. Дайте названия всем соединениям:</p> <p style="text-align: center;">а) <math>\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{OH}</math></p> <p>б) <math>\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_3</math></p> <p>в) <math>\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3</math></p> <p>г) <math>\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{OH}</math></p> <p>д) <math>\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3</math></p>	<p>1. Среди перечисленных веществ найдите гомологи и изомеры. Назовите вещества.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>
<p>2. Составить структурные формулы предельных одноатомных спиртов:</p> <p>а) 2,3 – диметилпентанол – 3; б) 2-метил-3-этилгексанол – 1.</p>	<p>2. Составить структурные формулы предельных одноатомных спиртов:</p> <p>а) 2 – метилгептанол – 3; б) 2-хлорпропанол – 1.</p>
<p>3. Написать уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить такие превращения:</p> <p><math>\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{14} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{Пикриновая кислота}</math></p>	<p>3. Написать уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить такие превращения:</p> <p><math>\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5 \rightarrow \text{2,4,6-трибромфенол}</math></p>

<p>4. Укажите, какие соединения образуются при взаимодействии:</p> <p>а) 2-метил-2-пропанола с йодоводородом;</p> <p>б) 2-пропанола с серной кислотой;</p> <p>в) этанола с магнием;</p> <p>г) йодметана с пропанолятом натрия.</p> <p>Напишите уравнения реакций.</p>	<p>4. Каким путем из этанола можно получить:</p> <p>а) йодоформ;</p> <p>б) бутан;</p> <p>в) этан;</p> <p>г) бромэтан?</p> <p>Какие свойства спирта используются в этих превращениях?</p> <p>Напишите уравнения реакций.</p>
<p>5. При бромировании фенола массой 28,2 г получен осадок массой 79,44 г. Вычислите массовую долю (в %) выхода продукта.</p> <p style="text-align: right;"><i>Ответ: <math>\omega = 80\%</math></i></p>	<p>5. Какой объем водорода выделится при взаимодействии пропанола -1 массой 15 г. с натрием массой 9,2 г?</p> <p style="text-align: right;"><i>Ответ: <math>V(\text{H}_2) = 2.8\text{л.}</math></i></p>

#### Контрольные вопросы

1. Какие продукты реакции получают окислением предельных одноатомных спиртов?
2. Какую реакцию называют реакцией этерификации?
3. Какой предельный одноатомный спирт является самым ядовитым, вызывающим слепоту или смерть?
4. В каких областях применяется глицерин?
5. Какая реакция является качественной реакцией на многоатомные спирты?
6. Почему фенол проявляет кислотные свойства по сравнению со спиртами?
7. Объясните электронные эффекты в молекуле фенола и его производных.
8. Какая реакция является качественной реакцией на фенол?

## Практическая работа №6

### Альдегиды и кетоны

**Цель работы:** выполнить упражнения по номенклатуре альдегидов и кетонов; отработать навыки составления уравнений химических реакций, характеризующих химические свойства и получение альдегидов и кетонов.

#### Ход работы

Вариант I	Вариант II
<b>Задание №1 Изобразить структурную формулу следующих соединений:</b> 2-метил-5-оксопентен-2; 2-метилпентен-2-аль-5.	<b>Задание №1 Изобразить структурную формулу следующих соединений:</b> 5-метилгексен-4-аль; 4-метилпентен-3-аль.
<b>Задание №2</b> Нарисуйте структурные формулы изомеров бутанала.	<b>Задание №2</b> Нарисуйте структурные формулы изомеров пентанала.
<b>Задание №3</b> Как смещена электронная плотность связи в карбонильной группе альдегидов?	<b>Задание №3</b> Почему температура кипения этанала ниже, чем у этанола?
<b>Задание №4</b> Какие химические реакции характерны для формальдегида?	<b>Задание №4</b> Что наблюдается при нагревании ацетальдегида со свежесождённым гидроксидом меди(II)?
<b>Задание №5</b> Записать реакцию окисления пропанала аммиачным раствором оксида серебра.	<b>Задание №5</b> Записать реакцию окисления бутанала аммиачным раствором оксида серебра.
<b>Задание №6</b> С помощью аммиачного раствора оксида серебра можно различить растворы 1) метанола и этанола; 2) этанола и этанала; 3) ацетальдегида и пропанала; 4) глицерина и этиленгликоля. Записать химические реакции.	<b>Задание №6</b> С гидроксидом меди(II) реагируют оба вещества 1) глицерин и пропаналь; 2) ацетальдегид и этанол; 3) этанол и фенол; 4) фенол и формальдегид. Записать химические реакции.
<b>Задание №7</b> Из карбида кальция массой 7,5 г, содержащего примеси (массовая доля примесей равна 4%), получили ацетилен который был превращен в альдегид по реакции Кучерова. Какая масса серебра выделится при взаимодействии всего полученного альдегида с аммиачным раствором оксида серебра? <i>Ответ:</i> $m(\text{Ag}) = n(\text{Ag}) \cdot M(\text{Ag}) = 0,225 \cdot 108 = 24,3 \text{ г.}$	<b>Задание №7</b> Смесь пропанала и акрилового альдегида вступает в реакцию с 3,36 л (н.у) хлороводорода. При обработке такой же массы смеси избытком гидроксида меди (II) при нагревании образуется 25,92 г оксида меди (I). Определите массу исходной смеси. <i>Ответ:</i> $m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 58 \cdot 0,03 = 1,74 \text{ г.}$ $m(\text{смеси}) = 8,4 + 1,74 = 10,14 \text{ г.}$
<b>Задание №8</b> Какие виды изомерии характерны для кетонов? Какие изомеры могут соответствовать для кетона с формулой: $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ ?	<b>Задание №8</b> Какие виды изомерии характерны для кетонов? Какие изомеры могут соответствовать для кетона с формулой: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ ?
<b>Задание №9</b> Записать химическую реакцию гидрирования пропанона-2.	<b>Задание №9</b> Записать химическую реакцию окисления пропанона-2.

#### Контрольные вопросы

1. Какие соединения называют альдегидами?
2. Какие соединения называют кетонами?
3. Опишите особенности строения карбонильных соединений.

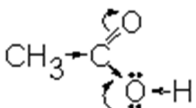
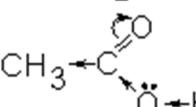
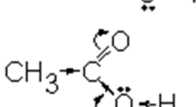
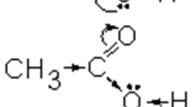
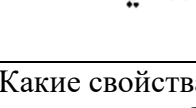
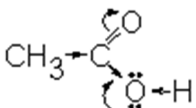
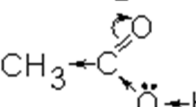
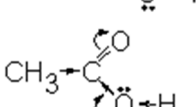
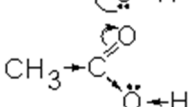
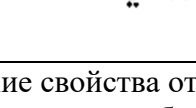
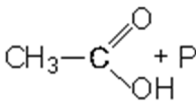
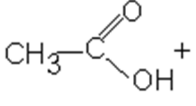
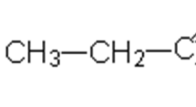
## Практическая работа №7

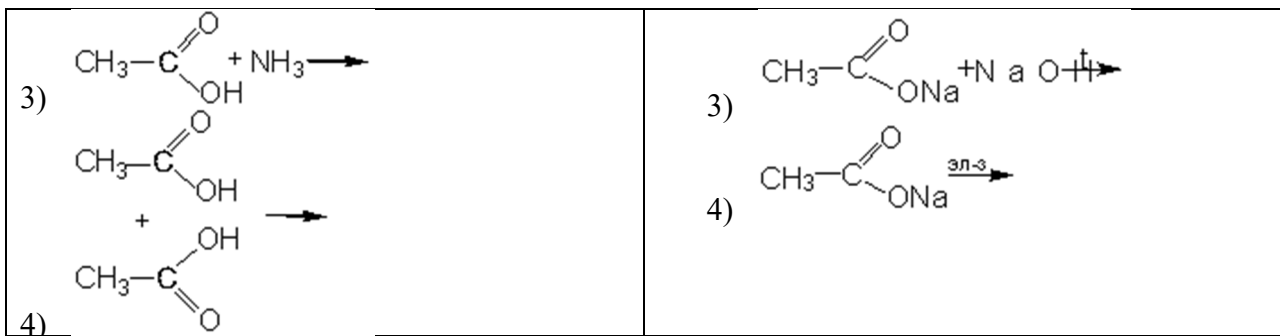
### Карбоновые кислоты и сложные эфиры

**Цель работы:** отработать алгоритм названия гомологов и изомеров карбоновых кислот и сложных эфиров; определять функциональную группу карбоновых кислот и их производных; составить уравнения реакций, характеризующие химические свойства и получение карбоновых кислот и сложных эфиров. Решить задачи.

#### Карбоновые кислоты

#### Ход работы

Вариант I	Вариант II
1. На каком рисунке верно показано распределение электронной плотности в молекуле карбоновой кислоты:	
1)  2)  3)  4)  5) 	1)  2)  3)  4)  5) 
2. Какие свойства отличают муравьиную и янтарную карбоновую кислоту от других карбоновых кислот? Приведите уравнения реакций.	2. Какие свойства отличают уксусную и малоновую карбоновую кислоту от других карбоновых кислот? Приведите уравнения реакций.
3. Приведите структурные формулы соединений:	
1) пропандиовая кислота 2) 2-гидроксипропановая кислота 3) пропионилхлорид 4) бутилат кальция	5) ангидрид пропионовой кислоты 6) формамид 7) фениловый эфир пропионовой кислоты 8) <i>n</i> -хлорбензойная кислота
4. Допишите уравнения реакций:	
1) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow$ 2)  + $\text{PCl}_5 \rightarrow$	1)  + $\text{HO}-\text{C}_2\text{H}_5 \xrightarrow[\text{H}_2\text{SO}_4]{t}$ 2)  + $\text{B} \xrightarrow{\text{P}}$



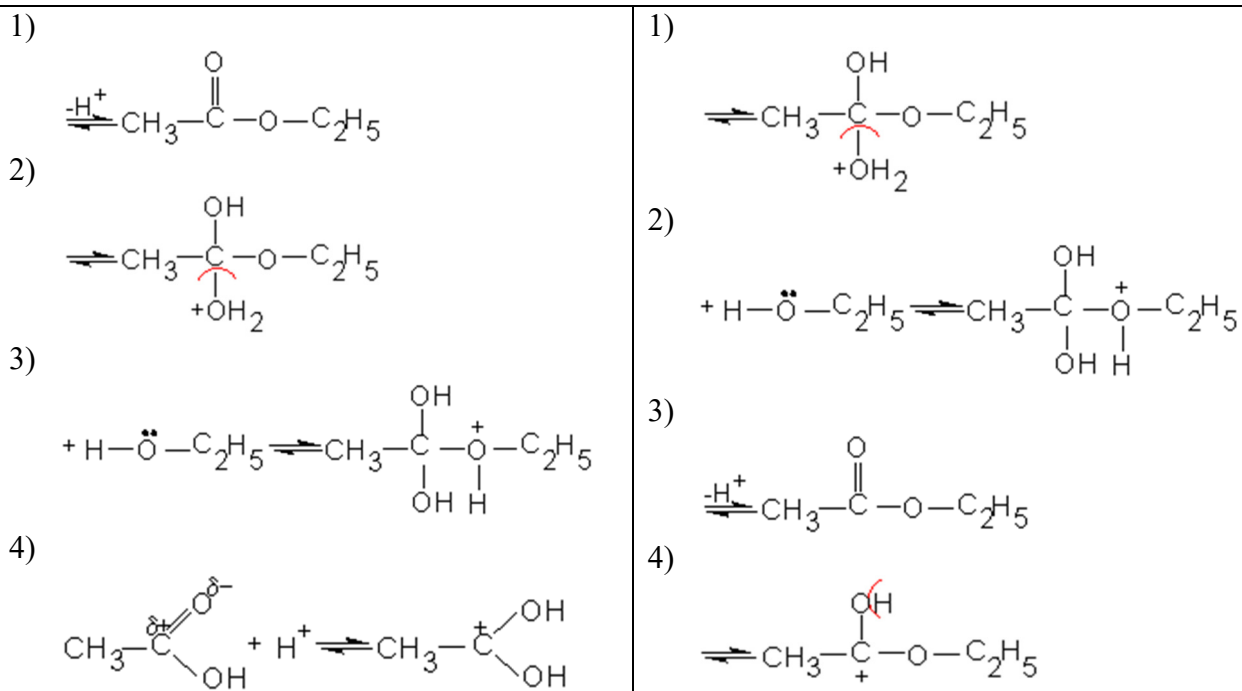
5. Какие вещества получатся при гидролизе следующих соединений:

- |  |   |
|--|---|
| <p>1) этилформиат;<br/>2) изоамилацетат;<br/>3) уксусный ангидрид;</p> | <p>4) фтористый формил;<br/>5) пропионитрил;<br/>6) бутираамид.</p> |
|--|---|

6. Допишите уравнения реакций:



7. Расположите части схемы механизма реакции этерификации в правильной последовательности:



<p>5)</p> $\rightleftharpoons \text{CH}_3 - \overset{\text{OH}}{\underset{+}{\text{C}}} - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$	<p>5)</p> $\text{CH}_3 - \overset{\delta+}{\text{C}} \begin{matrix} \text{O}^- \\ \text{OH} \end{matrix} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CH}_3 - \overset{+}{\text{C}} \begin{matrix} \text{OH} \\ \text{OH} \end{matrix}$
<p>5. Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:</p>	
<p><b>Вариант I</b></p> $\begin{array}{ccccccc} & & (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} & & \text{CH}_2\text{ClCOOH} & & \\ & & \uparrow & & \uparrow & & \\ \text{CH}_3\text{CN} & \rightarrow & \text{CH}_3\text{COOH} & \rightarrow & \text{CH}_3\text{COOCH}_3 & \rightarrow & \text{CH}_3\text{COOH} & \rightarrow & (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg} \\ & & \downarrow & & & & & & \\ & & \text{CH}_3\text{COCl} & \rightarrow & \text{CH}_3\text{CONH}_2 & & & & \end{array}$	
<p><b>Вариант II</b></p> <p>метан → ацетилен → уксусный альдегид → уксусная кислота → этилацетат</p> <p>↓</p> <p>хлорметан → метанол → метаналь → муравьиная кислота → этилформиат</p>	
<p>6. Исходя из этилена, получите двумя способами янтарную кислоту. Получите ее из малонового эфира и других подходящих реагентов.</p>	<p>6. Получите из соответствующего нитрила и амида янтарную кислоту. Каков механизм гидролиза нитрила в кислой среде?</p>
<p>7. Для нейтрализации 2,08 г двухосновной карбоновой кислоты затрачено 40 мл 1М раствора гидроксида натрия. Определите структуру карбоновой кислоты.</p>	<p>7. Определите массу эфира, образовавшегося при взаимодействии 150 г 60%-го раствора уксусной кислоты с 150 мл 96%-го раствора этанола (плотность 0,8 г/мл). Известно, что 0,09 массовых долей эфира улетучилось при отгонке.</p>

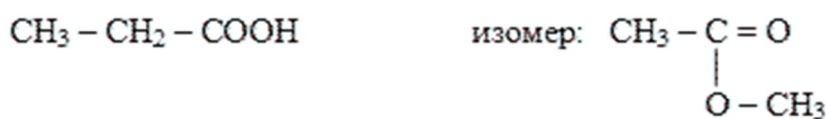
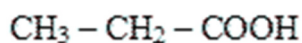
### Сложные эфиры

1. Дайте названия следующим соединениям:

Вариант I	Вариант II	Вариант III
$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{O} - \text{CH}_3$	$\text{H} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$	$\text{C}_2\text{H}_5 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{O} - \text{C}_3\text{H}_7$
$\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_2\text{H}_5$
$\text{C}_4\text{H}_9\text{COOC}_2\text{H}_5$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{COOC}_2\text{H}_5$
$\text{C}_4\text{H}_9\text{COOC}_5\text{H}_{11}$	$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$	$\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_5$



2. Напишите формулу сложного эфира изомерного по составу пропионовой кислоте и дайте название:



пропионовая кислота

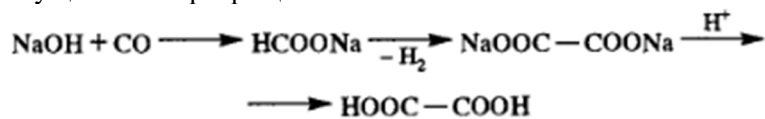
метилацетат

3. Для вещества  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$  составьте формулы пяти изомеров и назовите их.  
4. Напишите уравнения реакций получения:

Вариант I	Вариант II	Вариант II
1) бутилового эфира пропионовой кислоты; 2) этилового эфира масляной кислоты; 3) пропилового эфира муравьиной кислоты.	1) метилового эфира валериановой кислоты; 2) метилового эфира уксусной кислоты; 3) бутилового эфира муравьиной кислоты.	1) метилового эфира масляной кислоты; 2) пропилового эфира уксусной кислоты. 3) бутилового эфира валериановой кислоты.
<b>Решить задачу</b>		
Рассчитайте объём этанола ( $\rho = 0,8$ г/мл), который требуется для получения 120 г этилового эфира масляной кислоты.  <i>Ответ: 59,5 мл</i>	Рассчитайте массу метилацетата, который можно получить из метанола массой 16 г и уксусной кислоты массой 27 г.  <i>Ответ: 33,3 г</i>	В результате взаимодействия уксусной кислоты массой 90 г с метанолом образовалось 100 г сложного эфира. Вычислите массовую долю выхода эфира.  <i>Ответ:</i>

### Контрольные вопросы

1. Какая причина в высокой реакционной способности карбоновых кислот?
2. Какие функциональные группы обеспечивают для многоосновных кислот характерные общие свойства с одноосновными карбоновыми кислотами, а какие специфические?
3. Чем объясняется высокая окислительная способность многоосновных карбоновых кислот?
4. Приведите примеры специфических реакции двухосновных карбоновых кислот?
5. Осуществить превращения

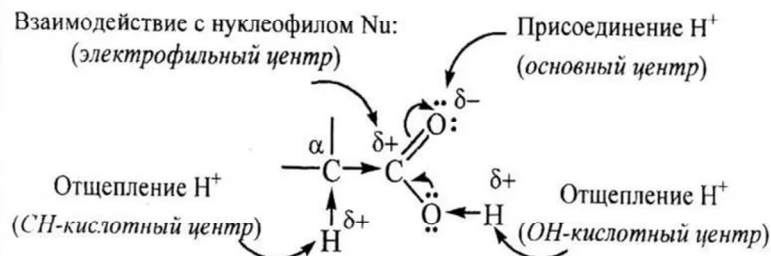


- 6.
7. Где распространена щавелевая кислота в природе?
8. Как получают щавелевую кислоту в лаборатории?
9. Почему щавелевая кислота является сильной органической кислотой и проявляет кислотные свойства, характерные для карбоновых кислот? Приведите примеры.
10. Какие области применения щавелевой кислоты известны?

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Химические свойства карбоновых кислот

В молекулах карбоновых кислот можно выделить ряд реакционных центров, определяющих возможные реакции с их участием.



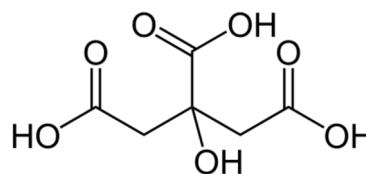
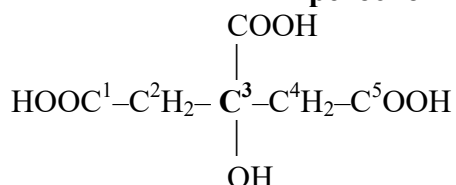
Карбоновые кислоты проявляют высокую реакционную способность. Они вступают в реакцию с различными веществами и образуют разнообразные соединения, среди которых большое значение имеют функциональные производные – соединения, полученные в результате реакций по карбоксильной группе.

$\text{H-COO-CH}_3$	метиловый эфир муравьиной кислоты (метиловый эфир метановой кислоты) муравьинометиловый эфир метилметаноат метилформиат
$\text{CH}_3\text{-COO-C}_2\text{H}_5$	этиловый эфир уксусной кислоты (этиловый эфир этановой кислоты) уксусноэтиловый эфир этилэтаноат этилацетат
$\text{CH}_3\text{-COO-C}_5\text{H}_{11}$	амиловый эфир уксусной кислоты (амиловый эфир этановой кислоты) уксусноамиловый эфир пентилэтаноат амилацетат
$\text{C}_2\text{H}_5\text{-COO-C}_2\text{H}_5$	этиловый эфир пропионовой кислоты (этиловый эфир пропановой кислоты) пропионовоэтиловый эфир этилпропаноат этилпропионат
$\text{C}_3\text{H}_7\text{-COO-C}_2\text{H}_5$	этиловый эфир масляной кислоты (этиловый эфир бутановой кислоты) масляноэтиловый эфир этилбутаноат этилбутират

### Двухосновные карбоновые кислоты

Формула	Тривиальное название	ИЮПАК название
HOOC–COOH	щавелевая (оксалат, оксалил)	этандиовая
HOOC–CH <sub>2</sub> –COOH	малоновая (малонат, малонил)	пропандиовая
HOOC–CH <sub>2</sub> –CH <sub>2</sub> –COOH	янтарная (сукцинат, сукцинил)	бутандиовая
HOOC–(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> –COOH	глутаровая (глутарат, глутарил)	пентандиовая
HOOC–(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> –COOH	адипиновая	гександиовая

### Трехосновные кислоты



*Лимонная кислота: 3-гидрокси – 3-трикарбоксо -(цитрат, цитрил) пентандиовая*

### Применение сложных эфиров

Сложные эфиры на основе низших спиртов и кислот используют в пищевой промышленности при создании фруктовых эссенций, а сложные эфиры на основе ароматических спиртов – в парфюмерной промышленности.

Из восков изготавливают политуры, смазки, пропиточные составы для бумаги (вощенная бумага) и кожи, они входят и в состав косметических кремов и лекарственных мазей. Нитроглицерин – известный лекарственный препарат и взрывчатое вещество, основа динамита.

Сложные эфиры широко используются в качестве растворителей, пластификаторов, ароматизаторов.

### Эфиры муравьиной кислоты

НСООСН<sub>3</sub> — метилформиат, t кип = 32 °С; растворитель жиров, минеральных и растительных масел, целлюлозы, жирных кислот; ацилирующий агент; используют в производстве некоторых уретанов, формамида.

НСООС<sub>2</sub>Н<sub>5</sub> — этилформиат, t кип = 53 °С; растворитель нитрата и ацетата целлюлозы; ацилирующий агент; отдушка для мыла, его добавляют к некоторым сортам рома, чтобы придать ему характерный аромат; применяют в производстве витаминов В1, А, Е.

НСООСН<sub>2</sub>СН(СН<sub>3</sub>)<sub>2</sub> — изобутилформиат несколько напоминает запах ягод малины.

НСООСН<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>СН(СН<sub>3</sub>)<sub>2</sub> — изоамилформиат (изопентилформиат) растворитель смол и нитроцеллюлозы.

НСООСН<sub>2</sub>С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub> — бензилформиат, t кип = 202 °С; имеет запах жасмина; используется как растворитель лаков и красителей.

НСООСН<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub> — 2-фенилэтилформиат имеет запах хризантем.

### **Эфиры уксусной кислоты**

$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  — метилацетат,  $t_{\text{кип}} = 58\text{ }^\circ\text{C}$ ; по растворяющей способности аналогичен ацетону и применяется в ряде случаев как его заменитель, однако он обладает большей токсичностью, чем ацетон.

$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  — этилацетат,  $t_{\text{кип}} = 78\text{ }^\circ\text{C}$ ; подобно ацетону растворяет большинство полимеров. По сравнению с ацетоном его преимущество в более высокой температуре кипения (меньшей летучести).

$\text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7$  — н-пропилацетат,  $t_{\text{кип}} = 102\text{ }^\circ\text{C}$ ; по растворяющей способности подобен этилацетату.

$\text{CH}_3\text{COOCH}(\text{CH}_3)_2$  — изопропилацетат,  $t_{\text{кип}} = 88\text{ }^\circ\text{C}$ ; по растворяющим свойствам занимает промежуточное положение между этил- и пропилацетатом.

$\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$  — н-амилацетат (н-пентилацетат),  $t_{\text{кип}} = 148\text{ }^\circ\text{C}$ ; напоминает по запаху грушу, применяется как растворитель для лаков, поскольку он испаряется медленнее, чем этилацетат.

$\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$  — изоамилацетат (изопентилацетат) напоминает по запаху бананы.

$\text{CH}_3\text{COOC}_8\text{H}_{17}$  — н-октилацетат имеет запах апельсинов.

### **Эфиры масляной кислоты**

$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_3$  — метилбутират,  $t_{\text{кип}} = 102,5\text{ }^\circ\text{C}$ ; по запаху напоминает ранет.

$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_2\text{H}_5$  — этилбутират,  $t_{\text{кип}} = 121,5\text{ }^\circ\text{C}$ ; имеет характерный запах ананасов.

$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_4\text{H}_9$  — бутилбутират,  $t_{\text{кип}} = 166,4\text{ }^\circ\text{C}$ ;

$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_5\text{H}_{11}$  — н-амилбутират (н-пентилбутират) и  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$  — изоамилбутират (изопентилбутират) имеют запах груш, а также служат растворителями в лаках для ногтей.

### **Эфиры изовалериановой кислоты**

$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$  — изоамилизовалериат (изопентилизовалериат) имеет запах яблока.

## Практическая работа №8

### Жиры

**Цель работы:** отработать навык определения функциональных групп и их влияние на свойства; навык составления уравнений реакций характеризующие химические свойства и получение жиров; закрепить химические свойства жиров посредством выполнения упражнения с помощью цепочек превращения, отражающей генетическую связь жиров с другими классами органических веществ. Решить задачи.

#### Ход работы

Вариант I	Вариант II
1. Напишите структурные формулы всех возможных триглицеридов, образованных остатками (по одному) олеиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот.	Напишите структурные формулы всех возможных триглицеридов, образованных остатками (по одному) линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот.
2. 2-Олеил-1,3-дистеарилглицерин, содержащийся в кокосовом масле, гидрируют ( $H_2$ , Pt) по двойной связи в тристеарин. Напишите уравнение реакции гидрирования. Укажите, какому веществу соответствует температура плавления $+43\text{ }^\circ\text{C}$ и какому $+72\text{ }^\circ\text{C}$ .	Дайте названия жирам, образованным глицерином и: а) линолевой кислотой; б) пальмитин-олеиновой кислотой; в) комбинацией этих двух кислот. Приведите их структурные формулы.
3. Какие жирные кислоты образуются при гидролизе 2-линолеил-1,3-диолеилглицерина? Какой другой триацилглицерин дает такие же жирные кислоты и в той же пропорции? Составьте уравнение реакции гидролиза одного из этих жиров.	Напишите две возможные формулы жира, имеющего в молекуле 57 атомов углерода и вступающего в реакцию с бромом в мольном соотношении 1:2.
4. При сгорании 1 моль жира образуется 57 моль углекислого газа и 54 моль воды. Напишите две возможные формулы жира, образованного кислотами с четным числом углеродных атомов.	Образец жира может вступить в реакцию с 0,4 моль водорода. Продукт гидрирования вступает в реакцию гидролиза с 0,6 моль NaOH, при этом образуется соль только одной кислоты, масса соли равна 183,6 г. Вычислите относительную молекулярную массу жира и приведите одну из возможных его формул.
5. Образец жира вступает в реакцию кислотного гидролиза. Масса продуктов гидролиза на 2,7 г больше массы исходного жира. В результате гидролиза образовалась только одна кислота массой 38,4 г. Вычислите молекулярную массу жира и приведите одну из возможных его формул.	Растительное масло массой 17,56 г нагрели с 3,36 г гидроксида калия до полного исчезновения масляного слоя. При действии избытка бромной воды на полученный после гидролиза раствор образуется только одно тетрабромпроизводное. Установите возможную формулу жира.
6. Порцию жира (триолеата) подвергли гидролизу водой. Определите массу взятого триолеата, если известно, что в реакцию с образовавшейся кислотой вступило 504 л водорода (н.у.)	При гидролизе 356г жира, образованного одной карбоновой кислотой, образовалось 36,8г глицерина. Установите структурную формулу жира.

Ответ: 6630

Ответ: тристеарат глицерина.



В результате реакции образуется первичный продукт окисления – гидропероксид, который при стоянии подвергается дальнейшим превращениям, образуя спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты. Накопление этих продуктов приводит к изменению вкусовых качеств жира и называется прогорканием.

На практике в пищевой промышленности состав и качество жиров и масел характеризуется с помощью разнообразных “чисел”, подразумевая под ними расход определенных реагентов на реакции с жиром.

**Йодное число** – это количество ( $g$ )  $I_2$ , которое может быть присоединено к 100 г данного жира. Данный показатель характеризует вид жира (ненасыщенность), способность его к “высыханию”. Используется для расчета потребного количества водорода на его гидрогенизацию, т.е. чем больше йодное число, тем жир более жидкий.

**Кислотное число** – показатель, характеризующий количество свободных жирных кислот, содержащихся в жире. Выражается в  $mg$  КОН, затраченного на нейтрализацию кислот, содержащихся в 1  $g$  жира. По величине кислотного числа можно судить о качестве жира.

**Число омыления** – количество ( $mg$ ) КОН, необходимое для омыления карбоновых кислот в 1  $g$  жира. По числу омыления можно судить о средней молекулярной массе входящих в состав жира кислот.





## Практическая работа №9

### Амины. Азо- и диазосоединения

**Цель работы:** отработать алгоритм названия аминов гомологов и изомеров; навык определения amino-функциональной группы и её влияние на свойства. Составлять уравнения реакций характеризующие химические свойства и получение аминов с помощью цепочек превращения.

Определять функциональной группы в азо - и диазосоединениях и её влияние на свойства; составить уравнения химических реакций характеризующих химические свойства и получение азо-и диазосоединений; выполнить цепочки превращения. Решить задачи.

#### Ход работы

Вариант I	Вариант II
<b>1. Напишите структурные формулы следующих соединений</b>	
а) 4-метиланилин; гидросульфат этиламмония; б) диметилфениламин; 3-циклогексилбутан-1-амин; в) N,N-диметиланилин; 4-аминобутановая кислота; г) 2,3-диметиланилин; иодид тетраметиламмония;	д) бромид фениламмония; циклогексиламин; е) 2-пентанамин; формиат анилина; ж) гидросульфат диэтиламмония; п-толуидин; з) хлорид п-толиламмония; гидроксид тетраэтиламмония;
<b>2. Осуществите синтезы следующих соединений с использованием аминов и их химических превращений:</b>	
а) бутан → аминоэтан; б) карбид кальция → анилин	а) муравьиный альдегид → диметиламин б) ацетилен → хлоридэтиламмония.
<b>3. Напишите уравнения реакций между диметиламином и следующими веществами:</b> а) бромоводородом; б) азотной кислотой; в) кислородом (горение).	<b>Напишите уравнения реакций между 3,5 – диметиланилином и следующими веществами:</b> а) хлороводородом; б) бромной водой; в) кислородом (горение).
<b>4. Решите задачу:</b> Определите массу 2,4,6 – триброманилина, который может быть получен при взаимодействии анилина массой 18,6 г с бромной водой массой 208 г и массовой долей брома 50 %.	При действии избытка раствора гидроксида натрия на раствор хлорида фениламмония массой 250 г с массовой долей хлорида фениламмония 10% получен анилин, массой 13,95 г. Определите массовую долю выхода анилина.

**5. Напишите структурные формулы следующих соединений и сравните их по основности. Расположите соединения в порядке уменьшения основных свойств и объясните ваш выбор. Для самого сильного основания приведите реакцию с серной или соляной кислотой, назовите продукты реакции.**

Анилин, метиламин, диметиламин.

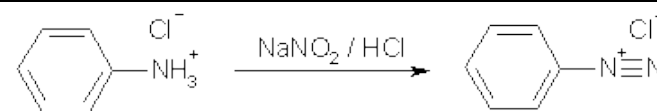
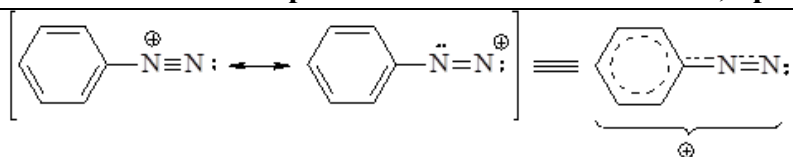
Фениламин, дифениламин, циклогексиламин.

**6. Механизм реакции диазотирования анилина.**

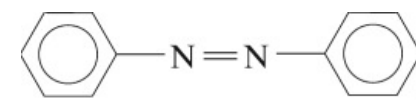
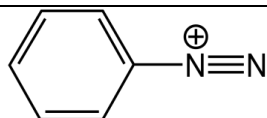
Побочными реакциями при диазотировании являются: а) разложение солей диазония; б) разложение азотистой кислоты; в) образование диазоаминосоединений. Напишите уравнения всех этих реакций при синтезе хлористого 4-нитробензена. Какие условия предупреждают протекание побочных процессов?

Рассмотрите механизм реакции диазотирования анилина. Как определить конец диазотирования? Как после диазотирования удалить из реакционной смеси избыток азотистой кислоты? Почему нежелателен ее избыток?

**7. Назовите тип химической реакции и ее цель и вещества, принимающие в ней участие:**



**8. Это вещество называется:**

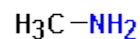


## ПРИЛОЖЕНИЕ

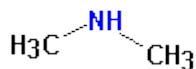
### Амины классифицируют:

1. По степени замещенности атомов водорода в молекуле аммиака на

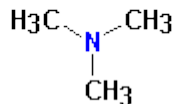
- первичные амины ( $\text{NH}_2\text{R}$ );
- вторичные ( $\text{NHR}_1\text{R}_2$ )
- третичные ( $\text{NR}_1\text{R}_2\text{R}_3$ )
- четвертичные соли аминов



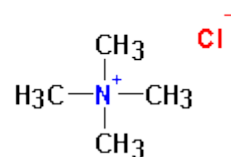
метиламин  
(первичный)



диметиламин  
(вторичный)



триметиламин  
(третичный)

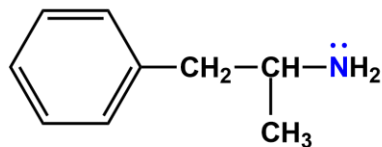


тетраметиламмония  
хлорид (соль)

Радикалы, входящие в молекулу амина могут быть одинаковыми или разными.

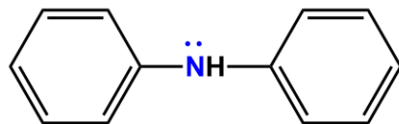
2. По типу радикала выделяют амины алифатического и ароматического ряда. Типичным представителем ряда ароматических аминов является анилин  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}_2$

АЛИФАТИЧЕСКИЙ  
АМИН



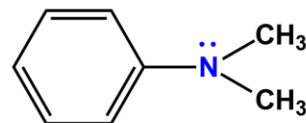
1-фенилпропанамин-2  
(первичный амин)

АРОМАТИЧЕСКИЙ  
АМИН



дифениламин  
(вторичный амин)

СМЕШАННЫЙ ЖИРНО-  
АРОМАТИЧЕСКИЙ АМИН

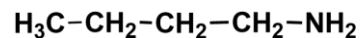


N,N-диметиланилин  
(третичный амин)

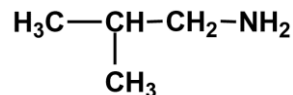
### Изомерия алифатических аминов

Для алифатических аминов характерна следующая изомерия:

- углеродного скелета (степени разветвленности углеводородного радикала) начиная с  $\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$

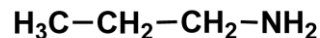


бутиламин

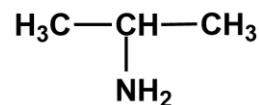


изобутиламин

- **положение аминогруппы**, начиная с  $\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_2$

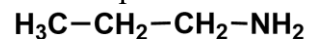


пропиламин

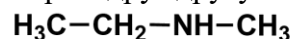


изопропиламин

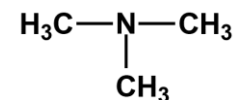
- **изомерия аминогруппы (межклассовая изомерия)**, связанная с изменением степени замещенности атомов водорода при азоте. Поэтому первичные, вторичные и третичные амины изомерны друг другу:



первичный амин  
(пропиламин)

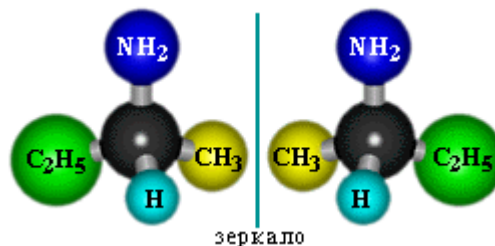


вторичный амин  
(метилэтиламин)



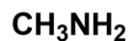
третичный амин  
(триэтиламин)

- **пространственная изомерия (оптическая, начиная с бутиламина)**



Номенклатура аминов

1. По систематической номенклатуре амины называют путем добавления суффикса "амин" к названию углеводорода. 2. По рациональной номенклатуре их рассматривают как алкил- или ариламины.



Метанамин  
(метиламин)



Этанамин  
(этиламин)

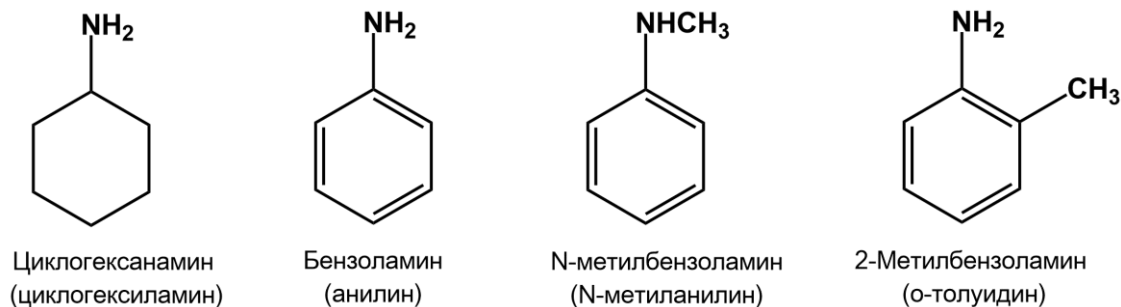


N-метилэтанамин  
(метилэтиламин)



N-этилэтанамин  
(диэтиламин)

У ароматических аминов в основе названия также лежит слово амин, кроме того такие соединения имеют тривиальные названия:



3. Первичные амины часто называют как производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на аминогруппы  $-NH_2$ . Аминогруппа при этом рассматривается как заместитель, а ее местоположение указывается цифрой в начале названия.

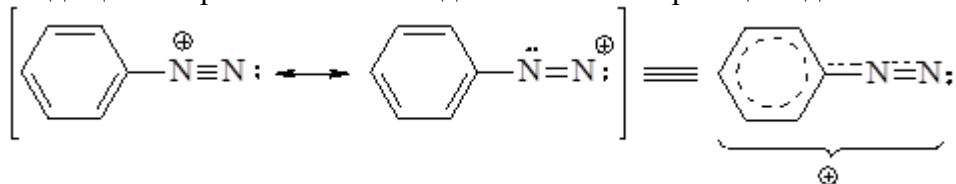
Например:  $H_2N-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$

1,4-диаминобутан

### Азо- и Дазосоединения

#### Реакция азосочетания

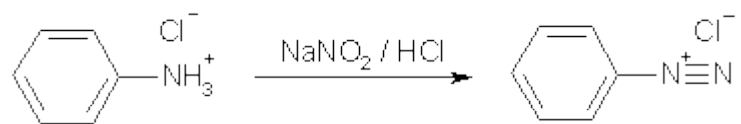
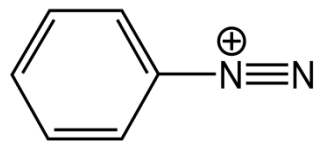
Важную в практическом отношении группу реакций ароматических диазониевых солей составляют реакции ароматического замещения, приводящие к образованию азосоединений. В этих реакциях диазониевые соли выступают в качестве электрофильного агента:



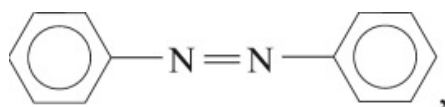
#### Получение диазосоединений

Для получения ароматических солей диазония применяют реакцию диазотирования (П. Гресс), которая представляет собой взаимодействие первичных ариламинов с азотистой кислотой в избытке сильной минеральной кислоты. Неустойчивую азотистую кислоту генерируют, как правило, *in situ*, внося нитрит натрия или калия в кислый реакционный раствор, содержащий ариламин..

**Катион фенилдиазония**



**Азобензол**



**Практическая работа №10**  
**Гидроксикислоты**

**Цель работы:** отработать навык определения функциональных групп и их влияние на свойства гидроксикислот; составить уравнения реакций характеризующих химические свойства и получение гидроксикислот; выполнить упражнение в составлении уравнений химических реакций по цепочке превращения. Решить задачи.

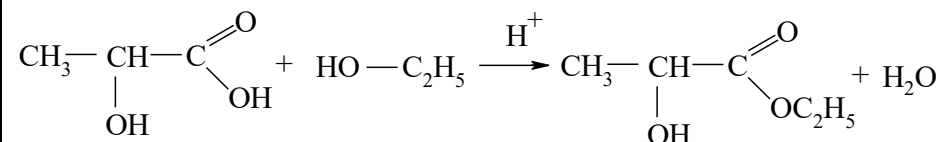
**Ход работы**

Вариант I	Вариант II
1. Назовите по систематической и рациональной номенклатуре: Глицериновую кислоту $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	Яблочную кислоту $\text{HOOC}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{COOH}$
2. Какая из двух проекционных формул соответствует L (-) – яблочной кислоте:  <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}</math> <p>D(+)-</p> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}</math> <p>L(-)-</p> </div> </div> <p align="center">üäëî ÷í àÿ êèñëî òà</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CHOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array}</math> <p>яблочная кислота</p> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_2\text{COOH} \end{array}</math> <p>(-) L-яблочная кислота</p> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{COOH} \end{array}</math> <p>(+) D-яблочная кислота</p> </div> </div>	Из приведенных ниже молекулярных моделей I и II винной кислоты выберите модель D (+) – винной кислоты:  <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{COOH} \end{array}</math> <p>I</p> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{COOH} \end{array}</math> <p>II</p> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{COOH} \end{array}</math> <p>III</p> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{COOH} \end{array}</math> <p>IV</p> </div> </div> <p align="right">180°</p> <p>(+) D- винная кислота (-) L -винная кислота мезовинная кислота D,L- винная (виноградная) кислота</p>
3. Какие химические свойства гидроксикислот подтверждают их принадлежность к гетерофункциональным соединениям? <i>Ответ:</i> Гидроксикислоты проявляют все свойства, характерные для	Чем объясняется оптическая активность гидроксикислот? Как определяют их принадлежность к L- и D-рядам? <i>Ответ:</i> Многие гидроксикислоты обладают оптической активностью,

спиртов и карбоновых кислот. Они имеют более сильные кислотные свойства, чем одноосновные кислоты с таким же количеством атомов углерода, что обусловлено влиянием гидроксильной группы.

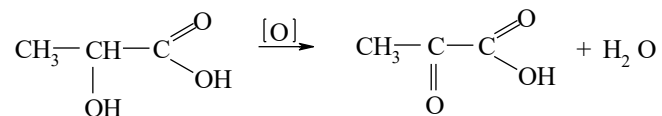
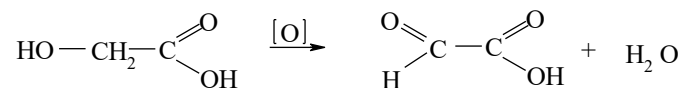
Чем ближе к карбоксильной группе находятся гидроксил, тем сильнее кислота.

По карбоксильной группе гидроксикислоты взаимодействуют со спиртами, образуют соли, а также сложные эфиры.



*этиловый эфир молочной кислоты*

По спиртовому гидроксилу гидроксикислоты способны окисляться, превращаясь в альдегидо- или кетонкислоты.

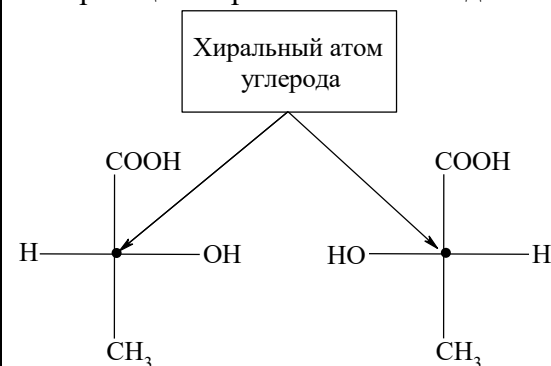


При взаимодействии с карбоновыми кислотами гидроксикислоты образуют сложные эфиры по гидроксильной группе:

т.е. способностью вращать плоскость луча поляризованного света.

Поляризация луча света имеет место при прохождении сквозь кристаллы турмалина, колебания такого луча света находятся в одной плоскости. При прохождении сквозь раствор такого оптически активного вещества плоскость поляризации отклоняется на определенный угол.

Установлено, что в некоторых случаях вещества, вращающие плоскость поляризации вправо и влево на один и тот же угол, являются изомерами.



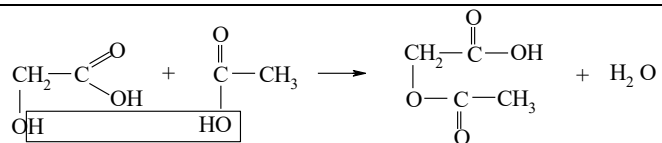
Энантиомеры

Оптическая активность вещества возникает в случае, если молекула не может быть совмещена с ее зеркальным изображением (хиральная молекула). Молекула, которая может быть совмещена с ее зеркальным изображением, называется ахиральной.

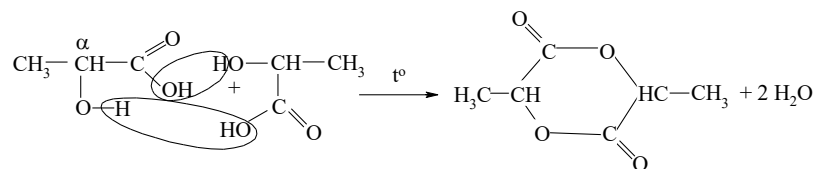
Общим признаком хиральности является отсутствие в молекуле плоскости или центра симметрии. Этому условию отвечают, в частности, молекулы, которые имеют атом углерода, связанный с четырьмя разными заместителями. Такой атом называется ассиметричным атомом или хиральным центром. Например, если разместить молекулу молочной кислоты метильными группами вверх, то другие заместители могут размещаться неодинаково: а) атом водорода, карбоксил и гидроксил – по часовой стрелке, б) атом водорода, карбоксил и гидроксил – против часовой стрелки.

Обе молекулы отличаются одна от другой, как предмет и его изображение в зеркале. Хиральная молекула и ее зеркальное изображение – это разные

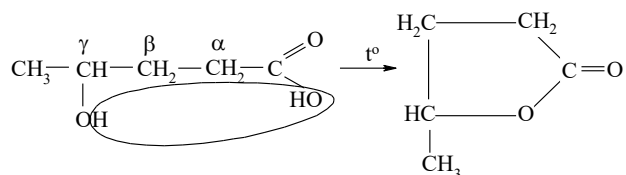




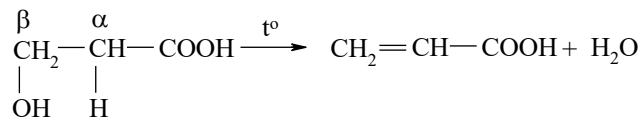
Кроме того, гидроксикислоты способны проявлять свойства, которые связаны с наличием в их составе двух функциональных групп. Нагревание  $\alpha$ -гидроксикислот сопровождается выделением воды и образованием циклических эфиров – лактидов:



При нагревании  $\gamma$ -гидроксикислот наблюдается отщепление воды от одной молекулы кислоты и образование сложных циклических эфиров – лактонов:

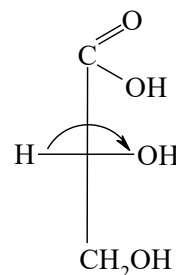


При нагревании  $\beta$ -гидроксикислот в результате отщепления внутримолекулярной воды образуются ненасыщенные кислоты:

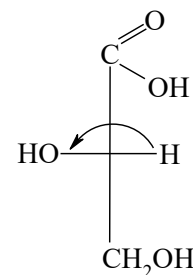


Эти реакции обусловлены более высокой С-Н кислотностью атомов водорода метиленовой группы, находящейся в  $\alpha$ -положении по отношению к карбоксилу.

вещества, являющиеся изомерами. Они называются зеркальными или оптическими изомерами, поскольку вращают плоскость луча поляризованного света на один и тот же угол в противоположные стороны. Для обозначения конфигураций оптических изомеров, особенно в химии углеводов и аминокислот, применяют D-, L- систему. В качестве стандарта используют глицериновый альдегид. При этом D- изомером было названо соединение, имеющее группу -ОН справа от асимметричного атома углерода.



D-(+)-глицериновый альдегид



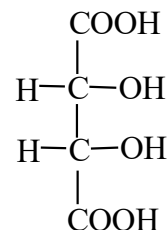
L-(-)-глицериновый альдегид

Вещества, формулы которых можно образовать из D- глицеринового альдегида путем настройки углеводородной цепи со стороны альдегидной группы, относятся к D- ряду, а из L-глицеринового альдегида – к L- ряду. Невсегда вещества D- ряда вращают плоскость поляризованного света вправо, а вещества L- ряда – влево. Для обозначения конфигурации и направления вращения плоскости поляризации, перед названием вещества пишут буквы D и L, а также знаки (+) и (-), что соответствует вращению вправо или влево.

При образовании хиральных молекул может возникать смесь, которая состоит из одинакового количества оптических изомеров (рацемическая смесь). Такая смесь оптически неактивна.

Соединения с несколькими асимметричными атомами углерода, могут быть оптически неактивными, т.к. содержат одинаковое количество

противоположно построенных асимметричных центров. Например, в молекуле мезовинной кислоты размещение заместителей у верхнего асимметричного атома обуславливает правое вращение плоскости поляризации, а нижнего – левое. Такие соединения называются мезо-формами или мезо-изомерами. Мезо-изомеры ахиральны, т.к. имеют плоскость симметрии.



*мезовинная кислота*

Оптическая активность органических соединений имеет важное значение. Большинство природных соединений предсталяют собой одну из возможных оптически активных форм, а не рацемическую смесь. В живых организмах содержатся оптически активные ферменты, которые избирательно реагируют только с одним из оптических изомеров, именно поэтому ферменты высокоспецифичны.

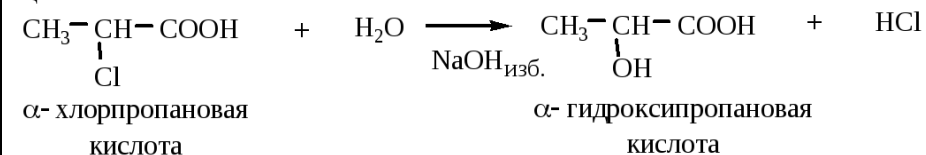
#### 4. Напишите схемы реакций получения молочной кислоты:

из галогенозамещенной кислоты

*Ответ:*

Гидроксикислоты могут быть получены из спиртов введением карбоксильной группы, либо из карбоновых кислот введением гидроксильной группировки.

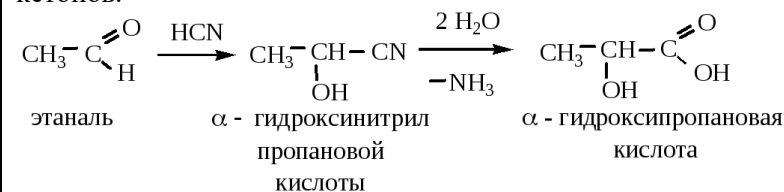
*Гидролиз галогенозамещенных кислот* проводится водным раствором щелочи.



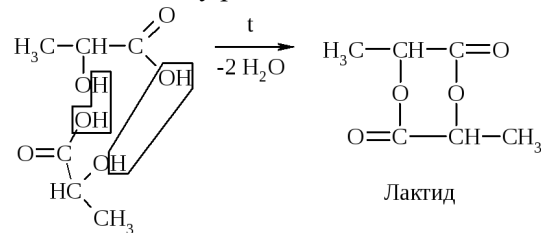
из гидроксинитрила

*Ответ:*

Оксинитрильный синтез позволяет получать гидроксикислоты из альдегидов и кетонов.



5. Напишите схему реакции  $\alpha$ -оксимолочной кислоты при нагревании.

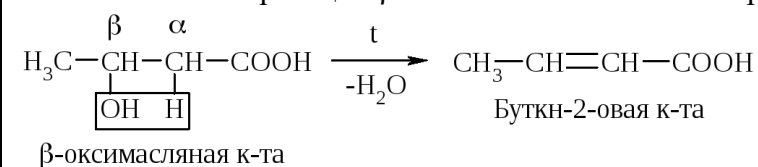


Молочная к-та

Лактид

6. Получите из молочной кислоты галогензамещенную кислоту и кетонокислоту.

Напишите схемы реакций  $\beta$ -оксимасляной кислоты при нагревании.

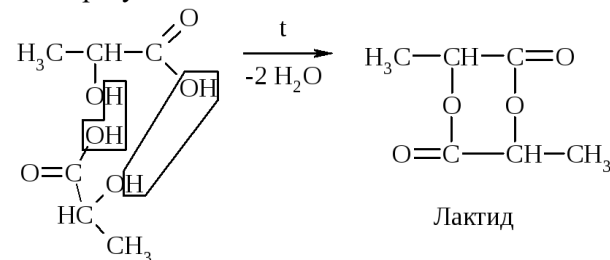


$\beta$ -оксимасляная к-та

Буткн-2-овая к-та

Получите из соответствующих гидроксикислот лактид, ненасыщенную кислоту, лактон.

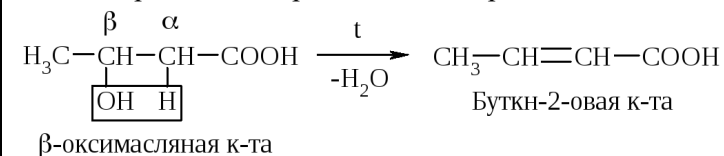
➤ Две молекулы  $\alpha$ -оксикислоты при нагревании выделяют две молекулы воды и образуются лактиды:



Молочная к-та

Лактид

➤  $\beta$ -оксикислота, в молекуле которой фрагмент  $-\text{CH}_2-$  находится между двумя ЭА группами, увеличивающих подвижность атомов H, подвергается дегидратации с образованием непредельной кислоты:



$\beta$ -оксимасляная к-та

Буткн-2-овая к-та

	<p>➤ <math>\gamma</math>-, <math>\delta</math>- и т.д. оксикислоты, в которых две функциональные группы находятся рядом идет внутримолекулярная этерификация с образованием <i>лактона</i>:</p> $  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{OH} \end{array} & \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{t} & \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{O} \end{array} \\  \text{\textit{\gamma-масляная кислота}} & & \text{\textit{\gamma-бутиролактон}}  \end{array}  $
<p>7. Как получают из <math>\alpha</math>-оксимонной кислоты ацетон? Какие лекарственные препараты на ее основе вы знаете?</p> $  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array} & \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} & \begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{O}=\text{C} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COOH} \end{array} + \text{HCOOH} \begin{array}{l} \nearrow \text{CO} \\ \searrow \text{H}_2\text{O} \end{array} \\  \text{\textit{Лимонная к-та}} & & \text{\textit{Ацетондикарбоновая к-та}} \begin{array}{l} \nearrow -2\text{CO}_2 \\ \searrow \text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3 \\ \text{\textit{Ацетон}} \end{array}  \end{array}  $	<p>Ацетон, ацетоуксусная кислота и <math>\gamma</math>-гидроксимасляная кислота составляют группу «ацетоновых тел», образующихся в большом количестве в организме при сахарном диабете. Напишите химизм этого процесса.</p> $  \begin{array}{ccc}  \text{HOOC}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{COOH} + \text{O} & \xrightarrow[-\text{H}_2\text{O}]{} & \text{HOOC}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{COOH} \\  \text{\textit{яблочная кислота}} & & \text{\textit{щавелевоуксусная кислота (ЩУК)}}  \end{array}  $
<p>8. Как образуется левовращающая D-молочная кислота в отличие от рацемической молочной кислоты? <i>Ответ:</i> Левовращающая D-молочная кислота образуется также в результате молочнокислого брожения, но под действием других бактерий нежели рацемическая молочная кислота.</p>	<p>Какова природа образования правовращающая L-молочной кислоты в живых организмах? Где она локализуется? <i>Ответ:</i> Правовращающая L-молочная кислота образуется в живых организмах в результате расщепления углеводов. Особенно много ее накапливается в мышцах при больших физических нагрузках.</p>



## Практическая работа №11

### Аминокислоты

**Цель работы:** отработать навык определения функциональных групп и их влияние на свойства аминокислот; составление уравнений реакций характеризующие химические свойства и получение аминокислот; запись уравнений химических реакций по схемам цепочек превращения. Решить задачи.

#### Ход работы

Вариант I	Вариант II
<b>Задачи и упражнения по теме «Аминокислоты»</b>	
1) Напишите все изомеры аминокислот состава $C_4H_9O_2N$ (их пять). Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите все функциональные группы.	Напишите все изомеры аминокислот состава $C_3H_7O_2N$ (их четыре). Назовите их по номенклатуре ИЮПАК. Укажите все функциональные группы.
2) Напишите реакцию изомаляной кислоты с бромом и полученного соединения с избытком аммиака.	Напишите уравнения реакций взаимодействия с водным раствором щелочи и с соляной кислотой следующих аминокислот: а) глицина; б) аланина; в) фенилаланина. Подвергните нагреванию $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -аминовалериановые кислоты. Назовите полученные соединения.
3) Напишите уравнения реакций действия азотистой кислоты на: а) глицин; б) аланин; в) серин.	Напишите уравнение реакции декарбоксилирования следующих аминокислот: а) лизин; б) орнитин.
4) Напишите уравнения реакции гидролиза: а) аланилглицина; б) аланилаланина.	Напишите уравнения реакции гидролиза: а) аспаргилглицина; б) глицилсерина.
5) Предложите схему синтеза аланина из этилового спирта. Для аминокислоты напишите уравнения реакции: а) с $HCl$ ; б) с $NaOH$ ; в) с $HNO_3$ .	Предложите схему синтеза глицина из метилового спирта. Для аминокислоты напишите уравнения реакции: а) с $HCl$ ; б) с $NaOH$ ; в) с $HNO_3$ .
6) Из этилена получите аланил-глицин.	Из ацетилену получите аланин.
7) Как с помощью одного и того же реактива распознать растворы трех веществ: белка, глюкозы и глицерина	Дополните схему следующих превращений: $3\text{-амино-2-метилбутановая кислота} \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow B$ Назовите полученные продукты.
8) Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения: этан $\rightarrow$ этилен $\rightarrow$ этиловый спирт $\rightarrow$ уксусный альдегид $\rightarrow$ уксусная кислота $\rightarrow$ хлоруксусная кислота $\rightarrow$ аминоксусная кислота $\rightarrow$ полипептид.	Проведите реакции аланина со следующими веществами: 1. с этанолом; 2. с аммиаком; 3. с гидроксидом меди.
9) Получите следующие трипептиды: а) аланил-глицил-серин; б) глицил-фенилаланил-аланин.	Получите следующие трипептиды: а) глицил-лизил-триптофан; б) глицил-серин-аланин.
10) Вычислите массу соли, которую можно получить при взаимодействии 150 г 5%-го раствора аминоксусной кислоты с необходимым количеством гидроксида натрия. Сколько граммов 12%-го раствора щелочи потребуется для реакции? <i>Ответ: <math>m(\text{соли}) = 9,7\text{г}</math>; <math>m(\text{NaOH}) = 33,3\text{г}</math></i>	Какой объем 10%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,1г/мл) может прореагировать с глицином, полученным из 32г карбида кальция?  <i>Ответ: <math>V(\text{NaOH}) = 182\text{мл}</math></i>

Ответ:

### Вариант I

Задача:

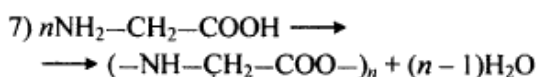
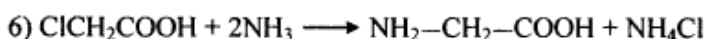
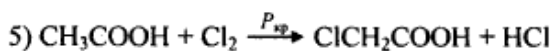
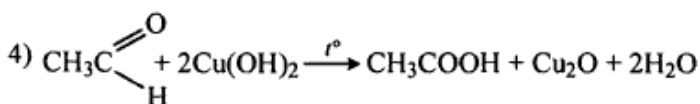
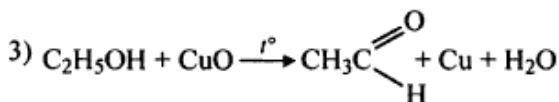
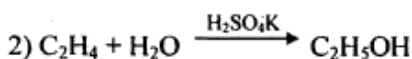
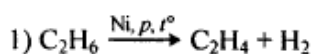
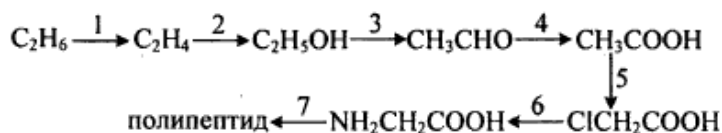
Вычислите массу соли, которую можно получить при взаимодействии 150 г

5%-го раствора аминокусной кислоты с необходимым количеством гидроксида натрия.

Сколько граммов 12%-го раствора щелочи потребуются для реакции?

9. Реактивом, с помощью которого можно распознать раствор белка, глицерина и глюкозы, является свежеприготовленный осадок гидроксида меди(II). При добавлении его к раствору белка дает фиолетовое окрашивание, при добавлении к растворам глицерина и глюкозы — ярко-синее. Однако при нагревании смеси с раствором глюкозы цвет содержимого пробирки изменится на кирпично-красный.

Решение:



Ответ:

### Вариант II

Задача:

Какой объем 10%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1,1 г/мл) может прореагировать с глицином, полученным из 32 г карбида кальция?

Решение:

Глицин можно получить из карбида кальция по схеме:

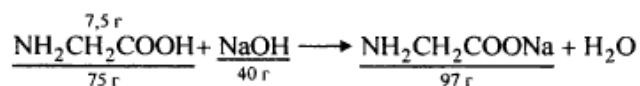


Согласно этой схеме, число молей глицина равно числу молей карбида кальция:

11. 1) Вычислим массу аминокусной кислоты, вступившей в реакцию:

$$m_{\text{к-ты}} = \omega_{\text{к-ты}} \cdot m_{\text{р-ра}} = 0,05 \cdot 150 = 7,5 \text{ (г)}$$

2) Запишем уравнение реакции взаимодействия аминокусной кислоты с гидроксидом натрия:



3) Вычислим количество вещества аминокусной кислоты, вступившей в реакцию:

$$n(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) = \frac{m_{\text{к-ты}}}{M_{\text{к-ты}}} = \frac{7,5}{75} = 0,1 \text{ моль}$$

4) Вычислим количество вещества гидроксида натрия и образовавшейся соли

$$\begin{aligned} n(\text{NaOH}) &= n(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COONa}) = \\ &= n(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) = 0,1 \text{ моль} \end{aligned}$$

5) Вычислим массу соли, образовавшейся в результате реакции:

$$\begin{aligned} m(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COONa}) &= \\ &= n(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COONa}) \cdot M(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COONa}) = \\ &= 0,1 \cdot 97 = 9,7 \text{ (г)} \end{aligned}$$

6) Вычислим массу гидроксида натрия, вступившего в реакцию:

$$m(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 40 = 4 \text{ (г)}$$

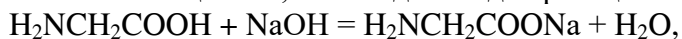
7) Вычислим массу 12%-го раствора гидроксида натрия:

$$m_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{NaOH})}{\omega(\text{NaOH})} = \frac{4}{0,12} = 33,3 \text{ г}$$

Ответ: 9,7 г соли; 33,3 г раствора NaOH.

$\nu(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}) = \nu(\text{CaC}_2) = 32/64 = 0,5$  моль.

Количество щелочи, необходимой для реакции с глицином по уравнению:



Также равно 0,5 моль.

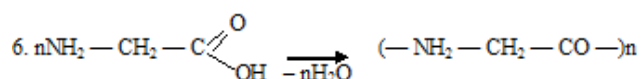
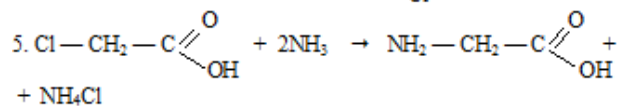
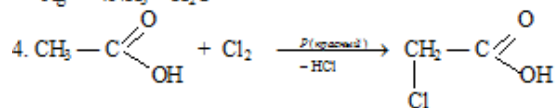
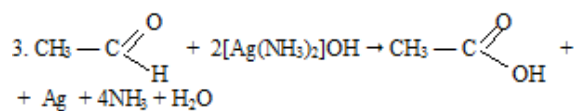
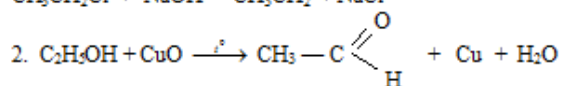
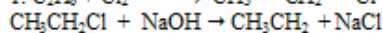
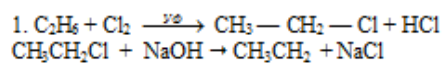
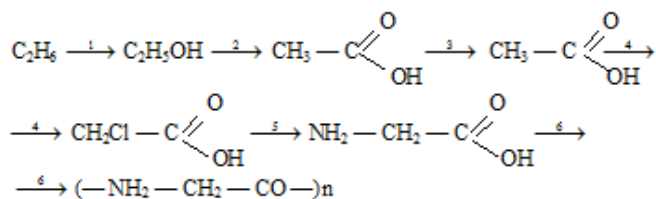
$m(\text{NaOH}) = 0,5 \cdot 40 = 20\text{г}$ ;  $m(\text{раствора NaOH}) = 20 \cdot 10\% / 100\% = 200\text{г}$ ;

или  $m(\text{раствора NaOH}) = 20 / 0,1 = 200\text{г} = 200\text{г}$ ;

$V(\text{раствора NaOH}) = 200 / 1,1 = 182$  мл

Ответ:  $V(\text{раствора NaOH}) = 182$  мл

\*Осуществить превращения:



\*дополнительное задание



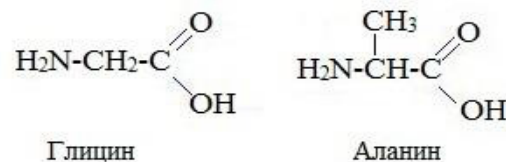
## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Номенклатура аминокислот

Структурная формула аминокислоты	Типы номенклатуры		
	Тривиальная	Рациональная	Систематическая (IUPAC)
	Глицин (гликокол) (Gly)	Аминоуксусная кислота	Аминоэтановая кислота
	Аланин (Ala)	$\alpha$ -Аминопропионовая кислота	2-Аминопропановая кислота
	Валин (Val)	$\alpha$ -Аминоизовалериановая кислота	2-Амино-3-метилбутановая кислота
	Лейцин (Leu)	$\alpha$ -Аминоизокапроновая кислота	2-Амино-4-метилпентановая кислота
	Глутамин (Gln)	$\delta$ -Амид- $\alpha$ -аминоглутаровая кислота	5-Амид-2-аминопентановая кислота
	Лизин (Lys)	$\alpha$ , $\epsilon$ -Диаминокапроновая кислота	2,6-Диаминогексановая кислота
	Аргинин (Arg)	$\alpha$ -амино- $\delta$ -гуанидил-н-валериановая кислота	2-амино-5-гуанидинпентановая кислота
	Гистидин (His)	$\alpha$ -Амино- $\beta$ -имидазолпропионовая кислота	2-Амино-3-имидазолпропановая кислота
	Аспарагиновая кислота (Asp)	$\alpha$ -Аминоянтарная кислота	2-Аминобутандиовая кислота
	Глутаминовая кислота (Glu)	$\alpha$ -Аминоглутаровая кислота	2-Аминопентандиовая кислота
	Изолейцин (Ile)	$\alpha$ -Амино- $\beta$ -метилвалериановая кислота	2-Амино-3-метилпентановая кислота
	Пролин (Pro)	Пирролидин- $\alpha$ -карбоновая кислота	Пирролидин-2-карбоновая кислота
	Фенилаланин (Phe)	$\alpha$ -Амино- $\beta$ -фенилпропионовая кислота	2-Амино-3-фенилпропановая кислота
	Триптофан (Trp)	$\alpha$ -Амино- $\beta$ -индолилпропионовая кислота	2-Амино-3-индолилпропановая кислота
	Метионин (Met)	$\alpha$ -Амино- $\gamma$ -метилтиомасляная кислота	2-Амино-4-метилтиобутановая кислота
	Серин (Ser)	$\alpha$ -Амино- $\beta$ -гидроксипропионовая кислота	2-Амино-3-гидроксипропановая кислота
	Треонин (Thr)	$\alpha$ -Амино- $\beta$ -гидрокси-масляная кислота	2-Амино-3-гидроксибутановая кислота
	Аспарагин (Asn)	$\gamma$ -Амид- $\alpha$ -аминоянтарная кислота	4-Амид-2-аминобутандиовая кислота
	Цистеин (Cys)	$\alpha$ -Амино- $\beta$ -тио-пропионовая кислота	2-Амино-3-меркаптопропановая кислота
	Тирозин (Tyr)	$\alpha$ -Амино- $\beta$ -( <i>n</i> -гидроксифенил)-пропионовая кислота	2-Амино-3-( <i>n</i> -гидроксифенил)-пропановая кислота

**Аминокислоты** – органические бифункциональные соединения, в состав которых входят две функциональные группы: карбоксильная – COOH и аминогруппа -NH<sub>2</sub>.

Аминокислоты – **амфотерные соединения.**



Аминокислоты можно рассматривать как карбоновые кислоты, в молекулах которых один или несколько атомов водорода углеводородного радикала замещены аминогруппами.

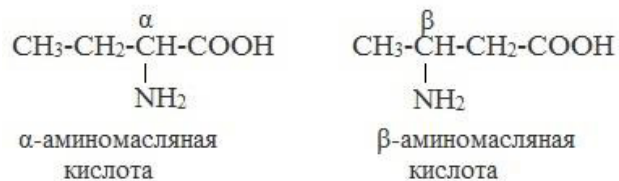
Для названия **аминокислот** используют три типа номенклатуры – **тривиальную, рациональную и IUPAC.**

По систематической номенклатуре (IUPAC) названия аминокислот образуются из названий соответствующих кислот прибавлением приставки **амино** и указанием места расположения аминогруппы по отношению к карбоксильной группе.

Нумерация углеродной цепи начинается с атома углерода карбоксильной группы.

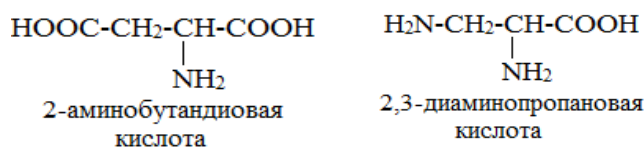
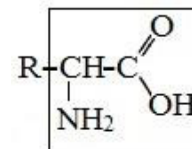
По рациональной номенклатуре к тривиальному названию карбоновой кислоты добавляется приставка **амино** с указанием положения аминогруппы буквой греческого алфавита.

#### Формулы и названия некоторых



**$\alpha$ -аминокислот, остатки которых входят в состав белков**

Если в молекуле аминокислоты содержится две аминогруппы, то в ее названии используется приставка **диамино**, три группы NH<sub>2</sub> – **триамино** и т.д.



Наличие двух или трех карбоксильных групп отражается в названии суффиксом –**диовая** или **-триовая кислота**.

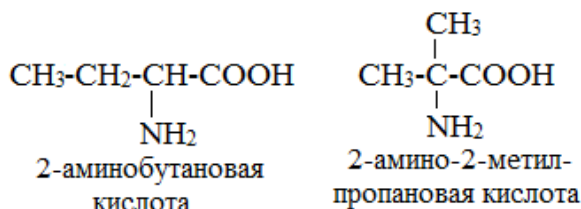
### Изомерия аминокислот

Для аминокислот известны два вида **изомерии**: **структурная** и **пространственная (оптическая изомерия)**.

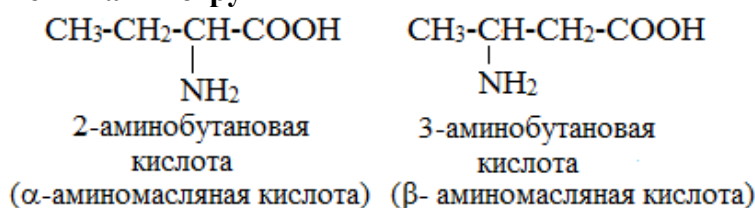
#### Структурная изомерия

Структурная изомерия связана с особенностями строения углеродного скелета и взаимным расположением функциональных групп.

##### 1. Изомерия углеродного скелета



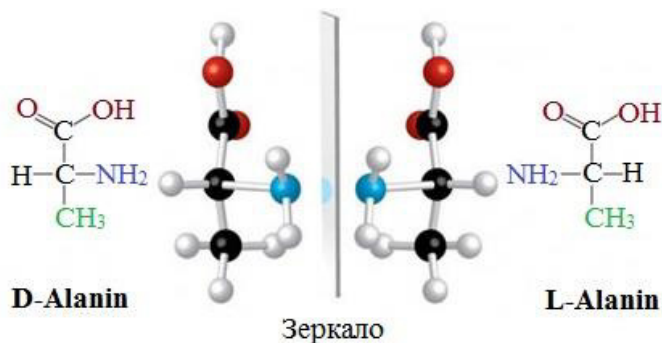
##### 2. Изомерия положения аминогруппы



#### Оптическая изомерия

Все  $\alpha$ -аминокислоты, кроме глицина  $\text{H}_2\text{N-CH}_2\text{-COOH}$ , содержат асимметрический атом углерода ( $\alpha$ -атом) и могут существовать в виде оптических изомеров (зеркальных антиподов).

#### Оптические изомеры аланина



Оптическая изомерия природных  $\alpha$ -аминокислот играет важную роль в процессах биосинтеза белка.

#### Химические свойства аминокислот

Аминокислоты являются **амфотерными соединениями**, для них характерны **кислотно-основные свойства**. Это обусловлено наличием в их молекулах

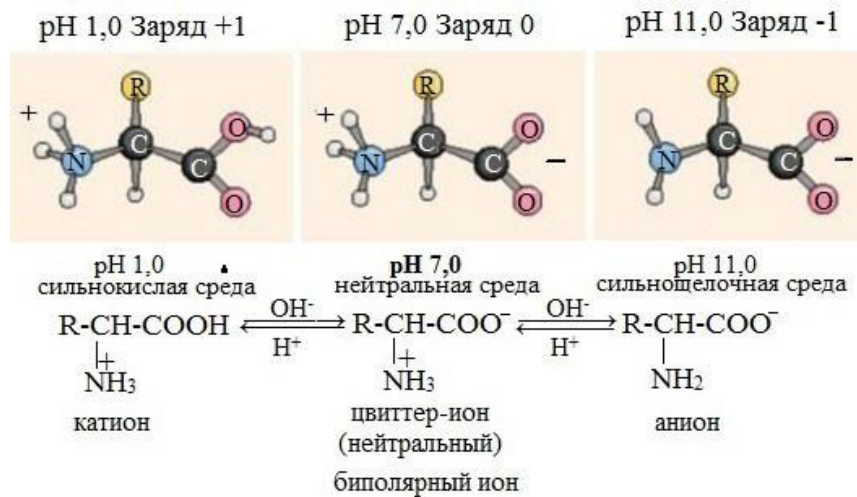


функциональных групп кислотного ( $\text{-COOH}$ ) и основного ( $\text{-NH}_2$ ) характера.

#### Кисотно-основное равновесие в водных растворах

В водных растворах и твердом состоянии аминокислоты существуют в виде внутренних солей.

Ионизация молекул аминокислот в водных растворах зависит от кислотного или щелочного характера среды:



В кислой среде молекулы аминокислот представляю собой катион. В щелочной среде молекулы аминокислот представляют собой анион. В нейтральной среде аминокислоты представляют собой **цвиттер-ион** или **биполярный ион**.

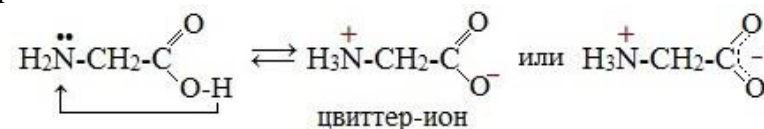
Аминокислоты в **твердом состоянии всегда существуют** в виде биполярного, двухзарядного иона — **цвиттер-иона**.

Водные растворы аминокислот в кислой и щелочной среде проводят электрический ток.

### 1. Взаимодействие внутри молекулы – образование внутренних солей (биполярных ионов)

Молекулы аминокислот существуют в виде внутренних солей, которые образуются за счет переноса протона от карбоксила к аминогруппе.

Карбоксильная группа аминокислоты отщепляет ион водорода, который затем присоединяется к аминогруппе той же молекулы по месту неподеленной электронной пары азота. В результате действие функциональных групп нейтрализуется, образуется так называемая внутренняя соль.



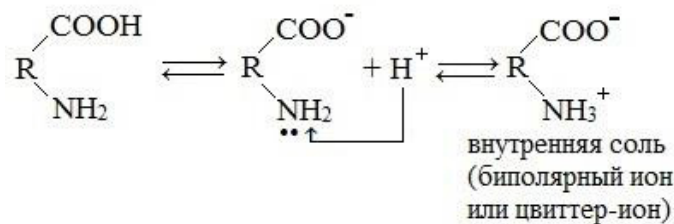
Водные растворы аминокислот в зависимости от количества функциональных групп имеют нейтральную, кислую или щелочную среду.

Аминокислоты с одной карбоксильной группой и одной аминогруппой имеют нейтральную реакцию.

Видеоопыт «Свойства аминокислоты»

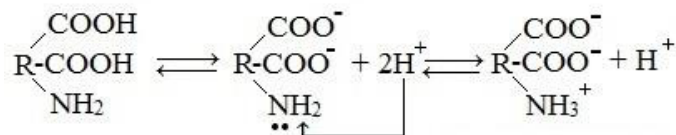
#### а) моноаминомонокарбоновые кислоты (нейтральные кислоты)

Внутримолекулярная нейтрализация — образуется биполярный цвиттер-ион.



Водные растворы моноаминомонокарбоновых кислот нейтральны (pH≈7).

#### б) моноаминодикарбоновые кислоты (кислые аминокислоты)

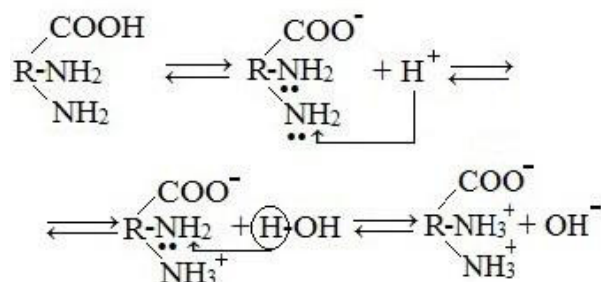


Водные растворы моноаминодикарбоновых кислот имеют  $\text{pH} < 7$  (кислая среда), так как в результате образования внутренних солей этих кислот в растворе появляется избыток ионов водорода  $\text{H}^+$ .

### в) диаминомонокарбоновые

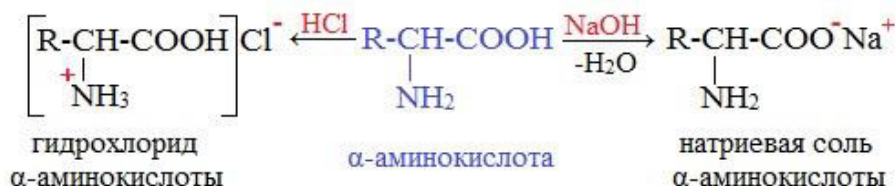
#### кислоты (основные аминокислоты)

Водные растворы диаминомонокарбоновых кислот имеют  $\text{pH} > 7$  (щелочная среда), так как в результате образования внутренних солей этих кислот в растворе появляется избыток гидроксид-ионов  $\text{OH}^-$ .



## 2. Взаимодействие с основаниями и кислотами

Аминокислоты как амфотерные соединения образуют соли как с кислотами (по группе  $\text{NH}_2$ ), так и со щелочами (по группе  $\text{COOH}$ ).



### Как кислота (участвует карбоксильная группа)

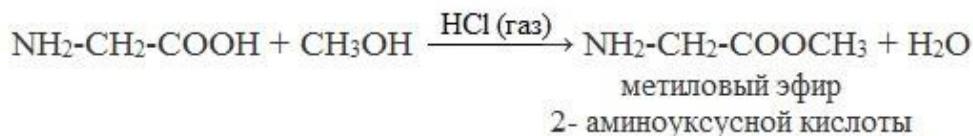
Как карбоновые кислоты  $\alpha$ -аминокислоты образуют функциональные производные: соли, сложные эфиры, амиды.

#### а) взаимодействие с основаниями

Образуются соли:

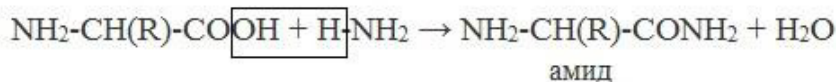
#### б) взаимодействие со спиртами (р. этерификации)

Аминокислоты могут реагировать со спиртами в присутствии газообразного хлороводорода, превращаясь в сложный эфир. Сложные эфиры аминокислот не имеют биполярной структуры и являются летучими соединениями.



#### в) взаимодействие с аммиаком

Образуются амиды:



### Как основание (участвует аминогруппа)

#### а) взаимодействие с сильными кислотами

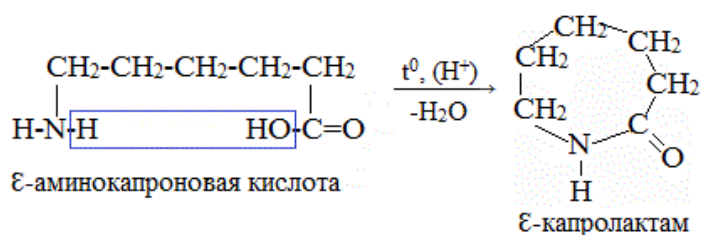
Подобно аминам, аминокислоты реагируют с сильными кислотами с образованием солей аммония:

#### б) взаимодействие с азотистой кислотой (р. дезаминирования)

Подобно первичным аминам, аминокислоты реагируют с азотистой кислотой, при этом аминогруппа превращается в гидроксогруппу, а аминокислота – в гидроксикислоту:

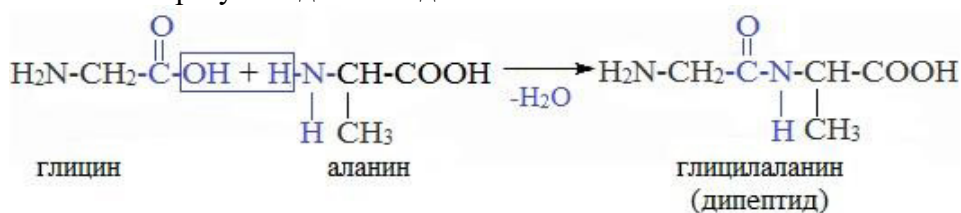
Измерение объёма выделившегося азота позволяет определить количество аминокислоты (метод Ван-Слайка).

**3. Внутримолекулярное взаимодействие функциональных групп  $\epsilon$ -аминокапроновой кислоты, в результате которого образуется  $\epsilon$ -капролактам (полупродукт для получения капрона).**



**4. Межмолекулярное взаимодействие  $\alpha$ -аминокислот – образование пептидов (р. поликонденсации)**

При взаимодействии карбоксильной группы одной молекулы аминокислоты и аминогруппы другой молекулы аминокислоты образуются пептиды. При взаимодействии двух  $\alpha$ -аминокислот образуется **дипептид**.



Межмолекулярная реакция с участием трех  $\alpha$ -аминокислот приводит к образованию **трипептида** и т.д.

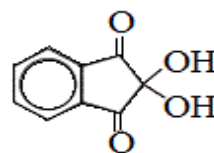
Важнейшие природные полимеры – **белки** (протеины) – относятся к полипептидам, т.е. представляют собой продукт поликонденсации  $\alpha$ -аминокислот.

**5. Качественные реакции на аминокислоты**

**а) нингидриновая реакция**

Все аминокислоты окисляются нингидрином с образованием продуктов **сине-фиолетового цвета**:

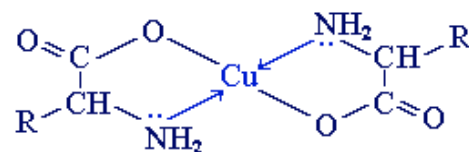
Именно кислота пролин дает с нингидрином желтое окрашивание.



Нингидрин



**б) с ионами тяжелых металлов**  $\alpha$ -аминокислоты образуют внутрикомплексные соли. Комплексы меди (II), имеющие **глубокую синюю окраску**, используются для обнаружения  $\alpha$ -аминокислот.



## Практическая работа №12

### Углеводы

**Цель работы:** отработать навык определения функциональных групп и их влияние на свойства углеводов (глюкозы, сахарозы, крахмала); навык составления уравнений реакций характеризующие химические свойства и получение углеводов. Отработать навык выполнения цепочек превращений. Решение задач.

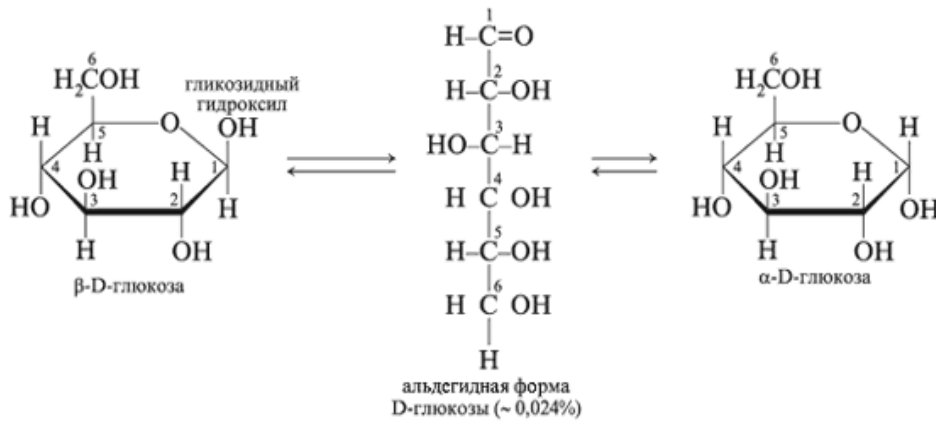
### Ход работы

Вариант I	Вариант II
1. Напишите с помощью проекционных формул Фишера энантиомеры для глюкозы, галактозы. Укажите диастереомеры и эпимеры. Какие формы моносахаридов входят в организм?	1. Напишите с помощью проекционных формул Фишера энантиомеры для галактозы и маннозы. Укажите диастереомеры и эпимеры. Какие формы моносахаридов входят в организм?
2. Напишите циклические формы D- и L-глюкопиранозы.	2. Напишите циклические формы D- и L-сахарозы.
3. Напишите реакции глюкозы по альдегидной группе.	3. Напишите реакции «серебряного и медного зеркала» для глюкозы.
4. Напишите реакции для глюкозы по группам –ОН, т.е. по спиртовым гидроксилам.	4. Напишите реакции по полуацетальному гидроксилу, характерные для циклической формы.
5. Какие специфические реакции характерны для углеводов (глюкоза, фруктоза и манноза) во время эпитеризации.	5. Напишите реакции брожения глюкозы. Напишите реакции образования мальтозы и лактозы. Какими дисахаридами они являются?
6. Напишите схему образования невосстанавливающего дисахарида.	6. Какие специфические реакции характерны для олигосахаридов?
7. Обозначьте гликозидные связи, содержащиеся в молекуле крахмала.	7. Какие этапы превращения (гидролиза) крахмала происходят с крахмалом в организме животных и человека?
8. Напишите формулы целлюлозы и гликогена.	8. Перечислите функции углеводов.

### Контрольные вопросы

1. Какие соединения называются моносахаридами.
2. Как классифицируют моносахариды?
3. Оптическая изомерия. По какому хиральному атому углерода идет отнесение к D- и L-изомерам.
4. Что такое мутаротация.
5. Какие соединения относятся к дисахаридам.
6. Какие дисахариды называются восстанавливающими, а какие невосстанавливающими. Объясните почему?
7. Какие углеводы называются полисахаридами.

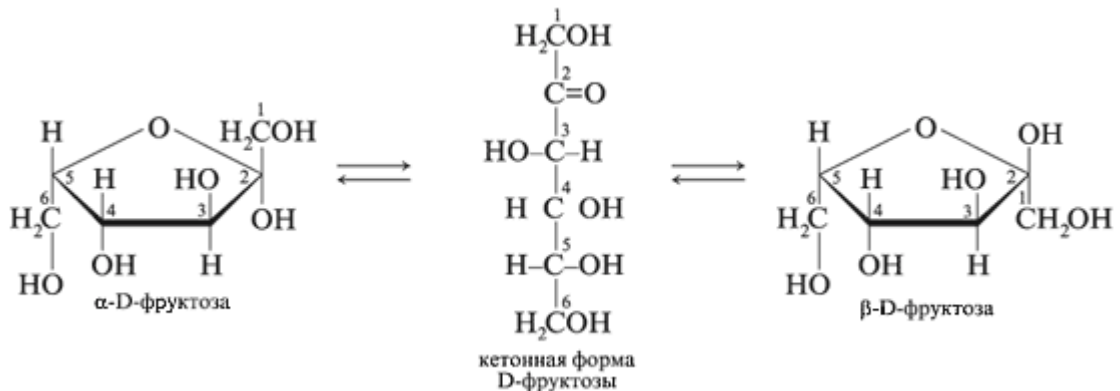
## ПРИЛОЖЕНИЕ УГЛЕВОДЫ



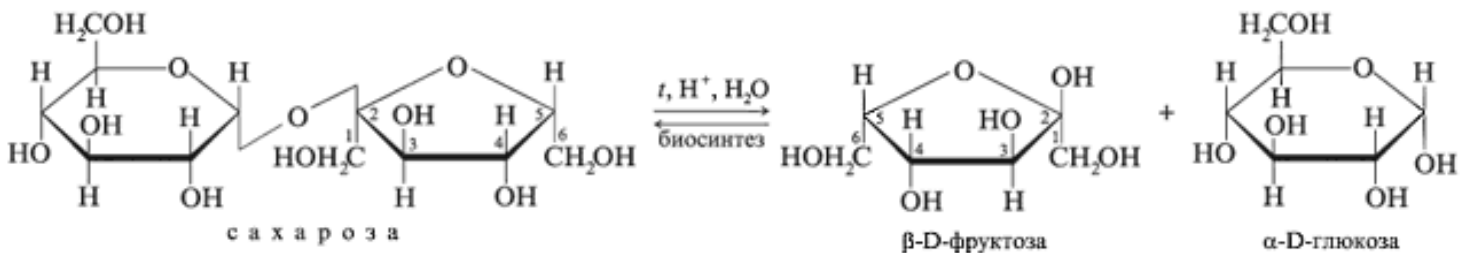
Глюкоза – альдегидоспирт, ей свойственны реакции, характерные для многоатомных спиртов. Образование простых и сложных эфиров, окисление и т. д., а также реакции, характерные для альдегидов.

Это реакция «серебряного зеркала» с аммиачным комплексом  $[Ag(NH_3)_2]OH$  и реакция с  $Cu(OH)_2$  в избытке щелочи, все на водяной бане.

Однако с фуксинсернистой кислотой окрашивание, свойственное альдегидам, появляется лишь при длительном стоянии (постепенный сдвиг химического равновесия).

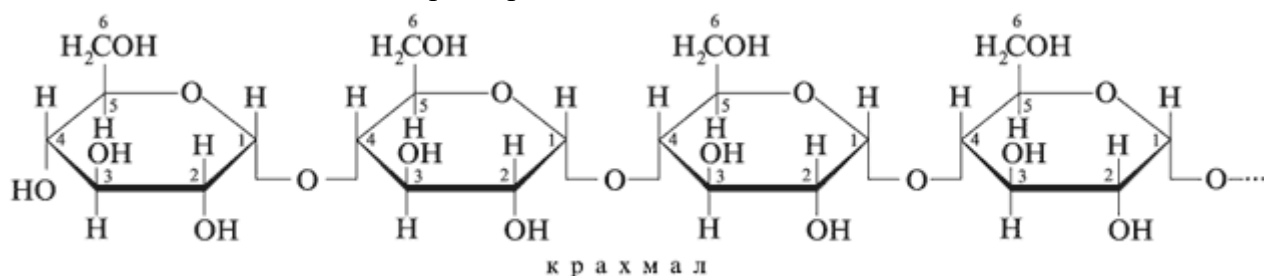


Существование веществ в нескольких, находящихся в состоянии химического равновесия изомерных формах – таутомерия (сами изомеры – таутомеры).

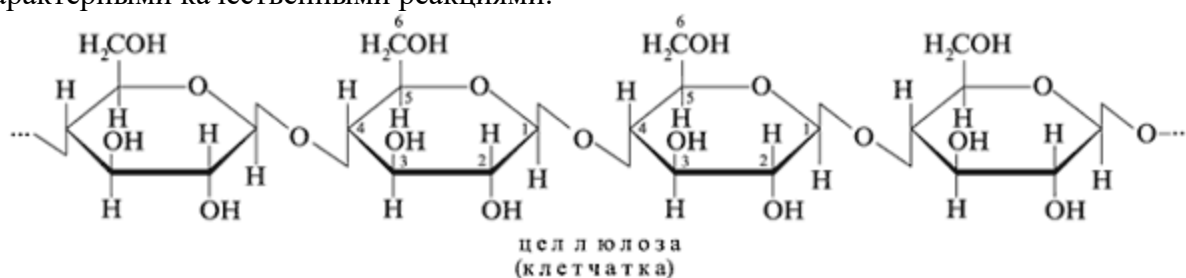


Сахароза (дисахарид) не обладает восстанавливающими свойствами, т.е. оба гликозидных гидроксила исходных мономеров участвуют в образовании эфирной связи и не способны

переходить в нециклическую таутомерную форму альдегида и кетона. Это становится возможным при гидролизе дисахарида в кислой (pH < 7) среде на водяной бане. Сахарозе свойственны реакции многоатомных спиртов: образование ярко-синего сахарата меди(II) и осадка сахарата кальция  $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaO \cdot 6H_2O$  (может быть иного состава), на чем основаны методы очистки сахара в производстве.



Характерное для крахмала синее окрашивание с раствором йода в йодиде калия (разбавленном водой) в процессе гидролиза изменяется на фиолетовое (амилодекстрины), далее на красное (эритродекстрины), и, наконец, возникающая желтая окраска йода уже не будет изменяться. Образующуюся в конечном итоге глюкозу можно обнаружить характерными качественными реакциями.





## Практическая работа №13

### Гетероциклы

#### Пятичленные гетероциклические соединения

**Цель работы:** отработать навык определения зависимости между строением и свойствами соединений пиррола; навык составления уравнений реакций характеризующие химические свойства пиррола.

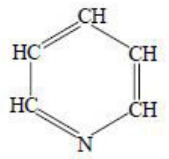
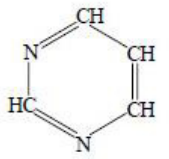
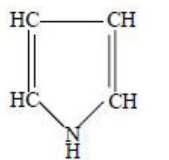
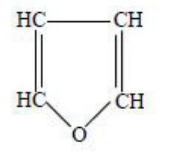
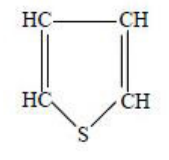
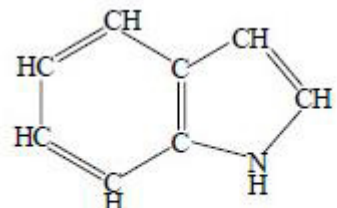
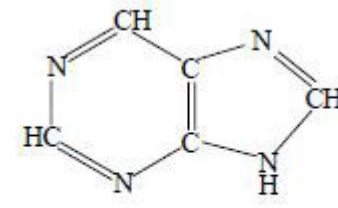
#### Ход работы

Вариант I	Вариант II
1. Какие пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом имеют наибольшее значение? Какими преимущественно свойствами они обладают?	В чем причина ароматичности пятичленных гетероциклических соединений с одним гетероатомом?
2. Каковы особенности химической активности пиррола, фурана и тиофена?	Как получают фуран, пиррол, тиофен и их гомологи из 1,4-дикетонных?
3. Возможны ли взаимные каталитические превращения пятичленных гетероароматических соединений?	Какие особенности строения и свойств у пиррола?
4. Какие особенности строения и свойств у фурана?	Какие особенности строения и свойств у тиофена?
5. Какие особенности строения и свойств у индола?	Какие особенности строения и свойств у пурина?

#### Контрольные вопросы

1. Какие соединения называют гетероциклическими?
2. По каким признакам подразделяют гетероциклические соединения?
3. Атомы каких элементов наиболее часто входят в состав гетероциклов?
4. Какие из ниже перечисленных соединений можно отнести к пятичленным гетероциклическим соединениям: бензол, нафталин, хинолин, пурин, пиримидин, фуран, пиридин, тиофен, катион пирилия, пиррол?
5. Почему пятичленные гетероциклы обладают ароматическим характером?
6. Почему пиррол является амфотерным соединением?
7. Назовите пятичленный гетероцикл с двумя гетероатомами?

## Упражнения

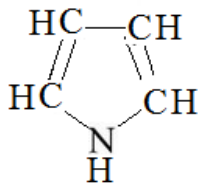
Вариант I	Вариант II
<p>1. Поясните, какие соединения относятся к пятичленным гетероциклическим соединениям. Приведите примеры и напишите их формулы и названия.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>пиридин</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>пиримидин</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>пиррол</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>фуран</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>тиофен</p> </div> </div>	<p>Составьте структурные формулы важнейших азотсодержащих гетероциклических соединений, в том числе с конденсированными кольцами.</p> <p><i>Решение:</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>индол</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>пурин</p> </div> </div>
<p>2. Напишите структурные формулы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) α-метилфурана;</li> <li>2) 2-бром-4-метилфурана;</li> <li>3) фурфурола;</li> <li>4) 5-нитрофурфуурола.</li> </ol>	<p>Напишите структурные формулы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) N-метилпиррола;</li> <li>2) 2-карбокспиррола;</li> <li>3) α-тиофенсульфокислоты;</li> <li>4) индола.</li> </ol>
<p>3. Приведите реакции частичного и полного гидрирования фурана, пиррола. Назовите полученные соединения, охарактеризуйте их свойства. Сравните отношение к действию кислот фурана, пиррола и продуктов полного гидрирования этих соединений. Почему фуран и пиррол проявляют ацидофобность (неустойчивость к кислотам)?</p>	<p>Приведите реакции частичного и полного гидрирования пиррола и тиофена. Назовите полученные соединения, охарактеризуйте их свойства. Сравните отношение к действию кислот тиофена, пиррола и продуктов полного гидрирования этих соединений. Почему тиофен и пиррол проявляют ацидофобность (неустойчивость к кислотам)?</p>
<p>4. Напишите реакции: а) нитрования пиррола; б) сульфирования пиррола; в) бромирования пиррола. Действием каких реагентов и в каких условиях можно провести эти реакции?</p>	<p>Напишите реакции: а) хлорирования пиррола; б) сульфирования фурана; в) ацетилирования тиофена. Действием каких реагентов и в каких условиях можно провести эти реакции?</p>

5. Решить задачу

При йодировании 50 г пиррола получили 360 г тетраiodпиррола. Чему равен выход продукта реакции? Ответ запишите с точностью до десятых долей.

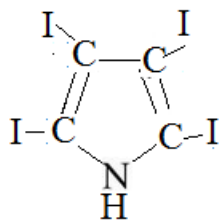
Решение:

**Шаг первый:** вычислим молярную массу пиррола.



$$M_1 = 4 \cdot 12 + 14 + 5 \cdot 1 = 67 \text{ г/моль.}$$

**Шаг второй:** вычислим молярную массу тетраiodпиррола:



$$M_2 = 4 \cdot 12 + 14 + 4 \cdot 127 + 1 = 571 \text{ г/моль.}$$

**Шаг третий:** найдем количество тетраiodпиррола при 100%-ном выходе. Для этого составим пропорцию:

$$50 : 67 = x : 571, \text{ откуда } x = (50 \cdot 571) : 67 = 426 \text{ г.}$$

**Шаг четвертый:** найдём выход продукта реакции.

$$(360 : 426) \cdot 100 = 84,5 \text{ \%}$$

**Ответ:** 84,5.

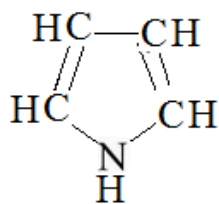
2. Решение задачи на определение необходимого количества реагента.

**Условие задачи:** Взаимодействием ацетилена и формальдегида с последующей обработкой промежуточного продукта аммиаком получают пиррол. Выход реакции при использовании 20%-ного избытка аммиака составляет 85%. Какой объём аммиака (л), измеренный при нормальных условиях, необходим для получения 0,5 кг пиррола?

Ответ запишите с точностью до десятых долей.

**Шаг первый:** В молекуле аммиака один атом азота и в молекуле пиррола тоже один атом азота, то есть для получения 1 моль пиррола требуется (без учёта избытка) 1 моль аммиака. При нормальных условиях 1 моль аммиака занимает объём, равный 22,4 л.

**Шаг второй:** вычислим молярную массу пиррола:



$$M_1 = 4 \cdot 12 + 14 + 5 \cdot 1 = 67 \text{ г/моль.}$$

**Шаг третий:** составим пропорцию и найдём необходимый объём аммиака.

$$x : 22,4 = 500 : 67. (0,5 \text{ кг} = 500 \text{ г}). x = 167 \text{ л.}$$

**Шаг четвёртый:** найдём объём аммиака с учётом 20%-ного избытка.

$$167 \text{ л} - 100 \text{ \%};$$

$$V_{\text{л}} - 120 \text{ \%}$$

$$V = (167 \cdot 120) : 100 = 200,6 \text{ л.}$$

**Ответ:** 200,6.

## Шестичленные гетероциклические соединения

**Цель работы:** отработать навык определения зависимости между строением и свойствами соединений пиридина; навык составления уравнений реакций характеризующие химические свойства пиридина.

### Ход работы

#### Упражнения и ситуационные задачи

Вариант I	Вариант II
1. Напишите структурные формулы: 1) хлористого пиридиния; 2) N-оксида пиридина; 3) 5-нитроникотиновой кислоты; 4) 5-нитроизохинолина.	Напишите структурные формулы: 1) 2-аминопиридина; 2) $\gamma$ -пиридона 3) 2-метилхинолина; 4) 8-гидроксихинолина.
2. Напишите реакции окисления и восстановления по атому азота, характерные для пиридина. Объясните почему он проявляет слабые основные свойства.	Напишите реакции $S_N$ и $S_E$ , характерные для пиридина. Объясните почему он проявляет слабые основные свойства.
3. Пиперидин входит в состав анестетика промедола. Напишите реакцию его образования.	Почему пиридин, пиперидин, пирролидин, пиразол, имидазол, хинолин и изохинолин обладают свойствами оснований? Напишите реакции этих соединений с соляной и уксусной кислотами.
4. Напишите реакции пиридина со следующими соединениями: а) соляной кислотой; б) серной кислотой при комнатной температуре; в) иодистым метилом; г) триоксидом серы. Назовите полученные соединения.	Напишите схему каталитического гидрирования пиридина. Сравните пиридин и пиперидин по основности, отношению к иодистому метилу, уксусному ангидриду, азотистой кислоте. Приведите реакции.
5. С какими из приведенных ниже соединений реагирует пиридин? Приведите схемы возможных реакций: а) HBr; б) $H_2SO_4$ , 0 °C; в) $H_2SO_4$ , $SO_3$ , 350 °C; г) $H_2SO_4$ , $HNO_3$ , 300 °C; д) $Br_2$ , 350 °C; е) $KMnO_4$ , $H_2O$ ; ж) $CH_3COOH$ ; з) $C_2H_5Br$ ; и) $(CH_3CO)_2O$ ; к) KOH, $H_2O$ ; л) KOH (т), t; м) $NaNH_2$ , $NH_3$ (ж), 130 °C. Изобразите кето-енольную и лактим-лактамную таутомерию в барбитуровой кислоте.	Охарактеризуйте химические свойства хинолина: основность, отношение к нуклеофильным и электрофильным реагентам. Напишите реакции хинолина со следующими соединениями: а) соляной и серной кислотами на холоду; б) иодистым метилом; в) нитрующей смесью; г) амидом натрия. Назовите полученные соединения. Приведите механизм реакций (в) и (г). В какое положение вступают замещающие группы и почему?
6. Конечным продуктом пуринового обмена в организме является мочевая кислота. При почечнокаменной болезни мочевая кислота и её соли выпадают в форме кристаллического осадка. Напишите формулу этой кислоты.	Покажите лактим-лактамную таутомерию на пиримидиновых основаниях.

### Контрольные вопросы к теме: «Гетероциклические соединения»

1. Какие соединения называются шестичленными гетероциклами.
2. Какие из нижеперечисленных соединений можно отнести к шестичленным гетероциклическим соединениям: бензол, нафталин, хинолин, пурин, пиримидин, фуран, пиридин, тиофен, катион пирилия, пиррол?
3. Дайте характеристику химическим свойствам пиридина, с точки зрения электронного строения. Докажите, что пиридин является ароматическим соединением.
4. С точки зрения электронного строения охарактеризуйте химические свойства пиридина. Объясните, почему пиррол проявляет кислотные свойства, а пиридин основные свойства.
5. Какие основания пиримидина и пурина называются нуклеиновыми основаниями.
6. Какой принцип лежит в основе строения двухцепочечной молекулы ДНК и является причиной проявления главных функций этого соединения: кодирования информации о строении белков и наследственной передачи этой информации.

*Ответ:*

Принцип комплементарности.

7. Какие виды таутомерии возникают в барбитуровой кислоте.