

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России)**

---



**Кафедра фундаментальной и клинической биохимии**

# **Углеводороды и их монофункциональные производные в органической и биологической химии**

учебно-методическое пособие для студентов  
фармацевтического факультета

**Краснодар  
2019**

**УДК 615:547:577.1**

**ББК 24.23**

**У 25**

**Составители:** сотрудники кафедры фундаментальной и клинической биохимии ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России:

**Быков И.М.**, заведующий кафедрой, профессор, д.м.н.

**Есауленко Е.Е.**, профессор, д.б.н.

**Еремина Т.В.**, доцент, к.б.н.

**Мелконян К.И.**, доцент, к.м.н.

**Юдина Т.Г.**, ассистент, к.п.н.

Под редакцией зав. кафедрой фундаментальной и клинической биохимии ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, профессора, д.м.н. **И.М. Быкова**

**Рецензенты:**

– Сампиев А.М. профессор, д.ф.н., заведующий кафедрой фармации ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России

– Павлюченко И.И., профессор, д.м.н., заведующий кафедрой биологии с курсом медицинской генетики ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России,

**Быков И.М., Есауленко Е.Е., Еремина Т.В., Мелконян К.И., Юдина Т.Г.**

Углеводороды и их монофункциональные производные в органической и биологической химии: учебно-методическое пособие для студентов фармацевтического факультета. – Краснодар, ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, 2019. – 102 с.

В учебно-методическом пособии представлены теоретические основы органической химии, учебно-исследовательские лабораторные работы и тестовые задания для студентов фармацевтического факультета с профессиональной направленностью. Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с рабочими программами дисциплин «Органическая химия» и «Биологическая химия», составленных на основании ФГОС ВО по направлению подготовки 33.05.01 Фармация, и предназначены для студентов фармацевтического факультета.

Рекомендовано к изданию ЦМС ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России протокол № 11 от 21 июня 2019 г.

**УДК 615:547:577.1**

**ББК 24.23**

**У 25**

**Быков И.М., Есауленко Е.Е., Еремина Т.В., Мелконян К.И., Юдина Т.Г.**

## Оглавление

Предисловие.....	5
Введение.....	6
Раздел 1. ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	7
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	7
УИЛР. Тема: Кислотные и основные свойства органических соединений ..	10
Контрольные вопросы: .....	13
Раздел 2. УГЛЕВОДОРОДЫ. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ УГЛЕВОДОРОДОВ .....	14
2.1 Физико-химические методы исследования органических соединений: методы выделения и очистки.....	14
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	14
УИЛР. Тема: Методы выделения, очистки и качественный анализ органических соединений .....	18
Контрольные вопросы: .....	22
2.2.1 Предельные углеводороды – алканы .....	22
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	22
УИЛР. Тема: Реакционная способность предельных углеводородов .....	25
2.2.2 Непредельные углеводороды: алкены, алкадиены, алкины .....	26
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	26
УИЛР. Тема: Реакционная способность непредельных углеводородов (алкенов, алкадиенов, алкинов) .....	30
2.3 Ароматические углеводороды – арены.....	32
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	32
УИЛР. Тема: Реакционная способность ароматических углеводородов .....	37
Контрольные вопросы: .....	38
Раздел 3. ВАЖНЕЙШИЕ КЛАССЫ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ: МОНОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ .....	39
3.1 Галогенопроизводные углеводороды.....	39
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	39
УИЛР. Тема: Получение и реакционная способность галогенопроизводных углеводородов.....	41
Контрольные вопросы: .....	43
3.2 Спирты, фенолы .....	43
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	43
УИЛР. Тема: Реакционная способность спиртов и фенолов .....	48
Контрольные вопросы: .....	50
3.3 Простые эфиры, тиолы, сульфиды .....	50
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	50
УИЛР. Тема: Получение и реакционная способность простых эфиров, сульфидов и тиолов.....	53
Контрольные вопросы: .....	55
3.4 Альдегиды и кетоны .....	55
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	55

УИЛР. Тема: Получение и реакционная способность карбонильных соединений – альдегидов и кетонов .....	59
Контрольные вопросы: .....	62
3.5 Карбоновые кислоты.....	62
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	62
УИЛР. Тема: Реакционная способность карбоновых кислот .....	65
Контрольные вопросы: .....	67
3.6 Производные карбоновых кислот.....	67
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	67
УИЛР. Тема: Получение и реакционная способность производных карбоновых кислот.....	70
Контрольные вопросы: .....	74
3.7 Амины. Диазосоединения .....	74
Краткая теоретическая часть. Основные понятия .....	74
УИЛР. Тема: Получение и свойства аминов, нитро- и диазосоединений.....	79
Контрольные вопросы: .....	83
Тестовые задания по органической химии .....	84
Рекомендуемая литература.....	100
Список используемых источников.....	101

## Предисловие

Цель учебно-методического пособия – представить в доступной форме теоретические основы органической химии с профессиональной направленностью для совершенствования самостоятельной работы студентов фармацевтического факультета по следующим разделам курса:

- изучение основ строения органических соединений;
- взаимосвязь строения и реакционной способности углеводов;
- основные классы монофункциональных производных углеводов, включающих спирты, фенолы, простые эфиры, тиолы, сульфиды, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, амины, diaзосоединения.

Органическая химия является теоретической основой для изучения биологической, токсикологической, фармацевтической химии, фармакологии и фармакогнозии.

Каждый раздел учебно-методического пособия включает в себя краткий теоретический материал и описание учебно-исследовательских работ и направлен на формирование практических навыков выполнения лабораторных экспериментов, интерпретацию и трактование результатов исследований. Каждый раздел заканчивается контрольными вопросами, а в конце пособия приведены тесты, по которым студент может осмыслить и проверить, в какой степени усвоен учебный материал.

## Введение

Учебно-методическое пособие для студентов фармацевтического факультета составлено с учетом действующих учебных планов и программы.

Органическая и биологическая химия являются базовыми дисциплинами, целевое предназначение которых заключается в привитии студентам системы теоретических знаний и основных положений науки, а также выработке практических навыков и умений, необходимых в будущей профессиональной деятельности.

Пособие направлено на формирование знаний о строении, классификации, номенклатуре органических соединений, их природных источниках, способах переработки и использовании в фармацевтической промышленности.

Учебно-методическое пособие позволяет выработать у студентов умения выполнять химические эксперименты по распознаванию важнейших классов органических веществ, осуществлять самостоятельный поиск химической информации из различных источников, применять приобретенные знания для объяснения химических явлений, происходящих в организме человека, быту и на производстве.

При изучении дисциплин «Органическая химия» и «Биологическая химия» студенты получают не только теоретические знания, но и овладевают умениями и навыками ведения научно-исследовательской работы, что позволяет использовать полученные компетенции в практической деятельности на высоком профессиональном уровне.

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для оказания помощи студентам фармацевтического факультета в изучении углеводов и их монофункциональных производных в органической и биологической химии.

## Раздел 1 ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### Краткая теоретическая часть. Основные понятия

*Структурной формулой* называют изображение последовательности связывания атомов в молекуле при помощи химических символов

**Согласно теории химического строения А.М. Бутлерова:**

- I. Атомы в молекулах соединены друг с другом в определённой последовательности.
- II. Соединение атомов в молекулах происходит в соответствии с их валентностью.
- III. Свойства веществ зависят от химического строения, т.е. от порядка соединения атомов в молекулах и характера их взаимного влияния.
- IV. Углерод четырёхвалентен, т.е. имеет четыре единицы валентности, за счёт которых он может присоединять к себе другие атомы или атомные группы.
- V. Атомы углерода способны соединяться друг с другом, образуя цепи атомов, или углеродный скелет молекулы.

*Химическая связь* – это совокупность взаимодействий между электронами и ядрами, приводящих к соединению атомов в молекулы.

*Геометрические параметры химической связи:*

- Длина связи – линейное расстояние между центрами атомов. Зависит от природы и кратности связи.
- Энергия связи – количество энергии, необходимое для разрыва связей, или энергия, выделяющаяся при образовании связи.
- Валентный угол должен соответствовать состоянию гибридизации атома углерода.

*Электронные параметры химической связи:*

- Полярность обусловлена неравномерным распределением электронной плотности.
- Поляризуемость – мера смещения электронной плотности под влиянием внешнего электрического поля.

В органических соединениях  $\sigma$ -связь образуется при осевом перекрывании атомных орбиталей по прямой, соединяющей ядра двух связываемых атомов (рис. 1):

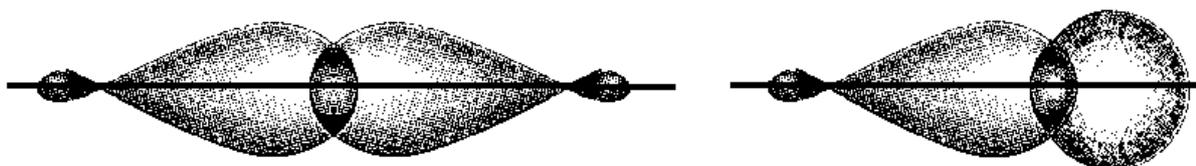


Рис. 1. Графическое изображение  $\sigma$ -связи

$\pi$ -связь образуется при боковом перекрывании негибризованных  $p$ -орбиталей по обе стороны от прямой, соединяющей ядра атомов (рис. 2):

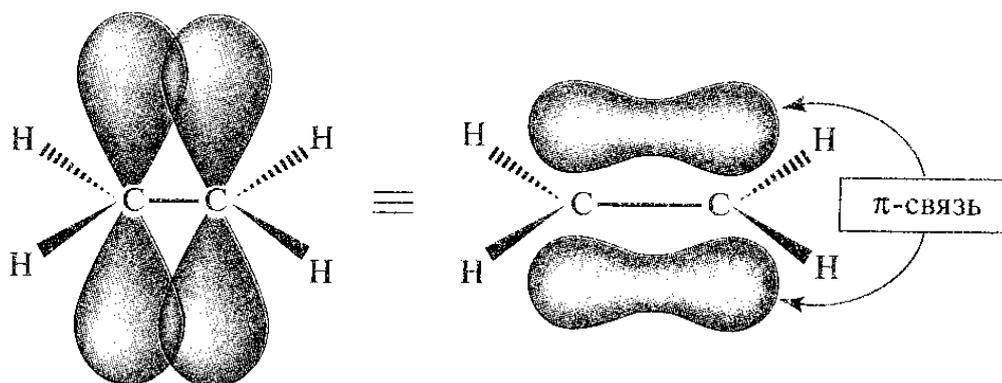


Рис. 2. Графическое изображение  $\pi$ -связи

**Сопряжение** – это образование в молекуле единого делокализованного электронного облака в результате перекрывания негибризованных  $p$ -орбиталей.

$\pi$ - $\pi$ -сопряженные системы могут содержать атомы углерода и гетероатомы (S, N, O), которые находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации и вносят в единую  $\pi$ -систему по одному  $p$ -электрону (рис. 3).

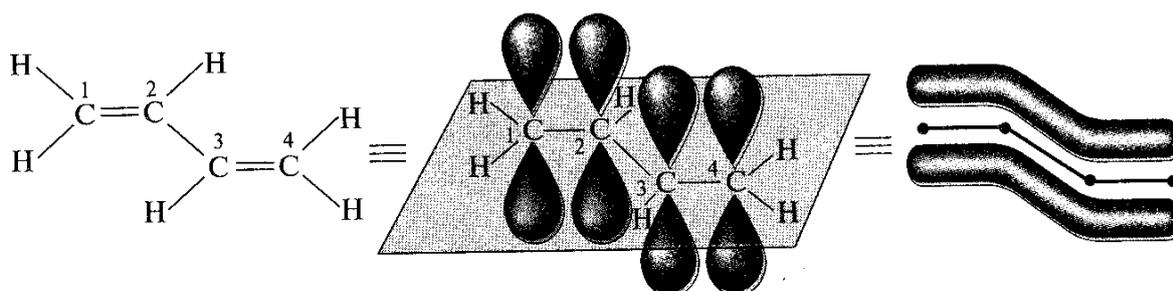


Рис. 3.  $\pi$ - $\pi$ -сопряженная система на примере бутадиена-1,3

$p$ - $\pi$ -сопряжённые системы содержат гетероатомы (S, N, O) с одинарной связью, при этом орбитали  $\pi$ -электронов углерода взаимодействуют с  $p$ -орбиталью гетероатома, несущего неподелённую электронную пару (рис. 4).

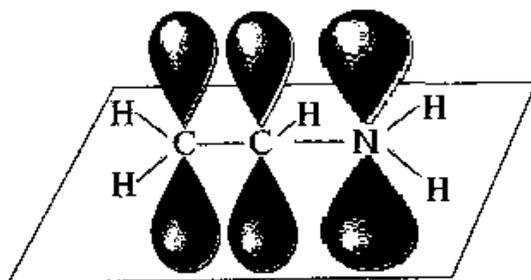


Рис. 4.  $p$ - $\pi$ -сопряжённая система на примере виниламина

Взаимное влияние атомов в молекулах характеризуется *электронными эффектами*.

**Индуктивный эффект  $I$**  – это смещение электронной плотности по  $\sigma$ -связям за счёт различной величины электроотрицательности элементов, входящих в состав данной системы.

Свойства: 1) универсальный, 2) затухающий.

$+I$  – смещает электронную плотность к другим атомам,

$-I$  – смещает электронную плотность «на себя».

**Мезомерный эффект  $M$**  – это смещение электронной плотности по  $\pi$ -связям за счёт различной величины электроотрицательности элементов, входящих в состав данной системы.

Свойства: 1) действует только в сопряженных системах, 2) является незатухающим.

$+M$  – смещает электронную плотность к другим атомам ( $p$ - $\pi$  сопряжение),

$-M$  – смещает электронную плотность «на себя» ( $\pi$ - $\pi$ -сопряжение).

**Изомерами** называют вещества, имеющие одинаковый состав, но различное строение, и вследствие этого различные физические и химические свойства.

**Структурная изомерия** может быть обусловлена изомерией:

✳ цепи (бутан, изобутан),

✳ положения кратных связей (бутен-1, бутен-2),

✳ положения функциональных групп (бутанол-1, бутанол-2),

✳ функциональных групп (пропаналь, пропанон).

**Пространственная изомерия** обусловлена наличием стереоизомеров. Это соединения, в молекулах которых имеется одинаковая последовательность химических связей атомов, но различное расположение этих атомов относительно друг друга в пространстве.

**Конфигурация** – это пространственное расположение атомов или атомных групп в молекуле без учёта их вращения вокруг  $\sigma$ -связей.

**Конформация** – это пространственное расположение атомов или атомных групп в молекуле с учётом их вращения вокруг  $\sigma$ -связей.

**Оптические изомеры** способны вращать плоскость поляризованного луча. Их активность обусловлена наличием хирального центра – асимметрического атома  $C^*$ , у которого все 4 валентности заняты различными заместителями. Оптические изомеры: энантиомеры и диастереомеры.

**Энантиомеры** обладают одинаковыми физическими и химическими свойствами и относятся друг к другу, как предмет и его зеркальное отображение.

**Диастереомеры** не обладают одинаковыми физическими и химическими свойствами и не относятся друг к другу, как предмет и его зеркальное отображение. Диастереомеры характерны для веществ, имеющих два и более асимметрических атома углерода.

**Рацемат, или рацемическая смесь** – это смесь молекулярно равных количеств энантиомеров. Рацемат оптически неактивен.

*Кисотно-основные свойства* органических соединений описываются теориями И. Брэнстеда и Т. Лоури и теорией Г.Н. Льюиса.

***По теории И. Брэнстеда и Т. Лоури:***

✳ *Кислоты* – это молекулы или ионы, способные отдавать протон (доноры протонов).

✳ *Основания* – это молекулы или ионы, способные присоединять протоны (акцепторы протонов).

***По теории Г.Н. Льюиса:***

✳ *Кислоты* – это атомы, молекулы или катионы, обладающие вакантной орбиталью и способные принимать пару электронов с образованием ковалентной связи: катионы металлов,  $H^+$ , галогениды металлов:  $FeBr_3$ ,  $AlCl_3$ .

✳ *Основания* – это атомы, молекулы или анионы, способные отдавать пару электронов для образования ковалентной связи:  $R-OH$ ,  $R-O-R$ ,  $R-SH$ .

Кислотные свойства соединений определяются стабильностью аниона *кислотного центра*, под которым понимают элемент (S, O, N, C) и связанный с ним атом водорода.

*Стабильность аниона кислотного центра* зависит от:

✳ Электроотрицательности и поляризуемости элемента.  
✳ Степени делокализации отрицательного заряда на анионе, которая зависит от:

- размера элемента,
- характера заместителя (электронодонор (ЭД), электроноакцептор (ЭА)),
- растворителя (за счёт образования сольватной оболочки увеличиваются кислотные свойства).

## **Учебно-исследовательская лабораторная работа**

### **Тема: Кислотные и основные свойства органических соединений**

***Цель работы:*** сформировать знания о кислотности и основности органических соединений и их отношении к окислению, как важнейших свойствах, обуславливающих протекание ряда химических реакций в живых организмах.

***Оборудование и реактивы:*** спиртовка, пробирки, 10% раствор  $CuSO_4$ , 10% раствор  $NaOH$ , 30% раствор  $FeCl_3$ , глицерин, фенол, пирокатехин, резорцин, гидрохинон, пирогаллол, желудочный сок, молочная кислота, желудочный сок, содержащий молочную кислоту.

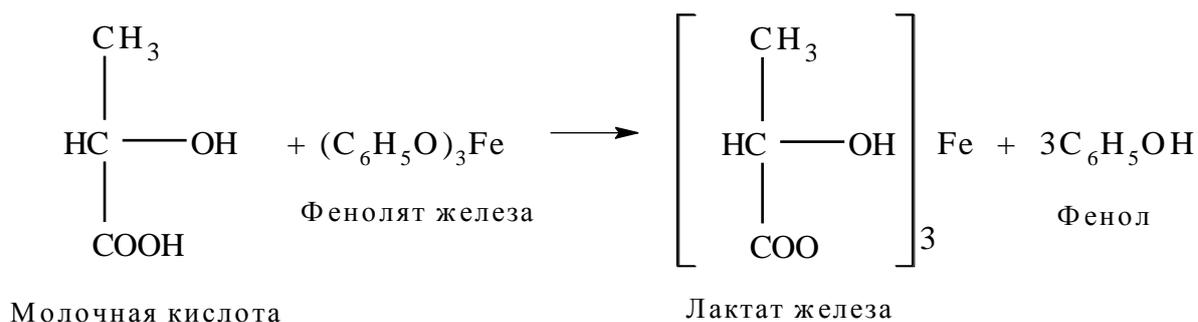
#### **Опыт 1. Получение глицерата меди**

*Порядок выполнения работы.*

Возьмите 2 пробирки, в каждую налейте по 3 капли  $CuSO_4$  и 3 капли рас-



молочной кислоты фиолетовая окраска переходит в желто-зеленую из-за образования молочнокислого железа:



При наличии в желудочном соке свободной соляной кислоты реакция на молочную кислоту будет отрицательна, так как более сильная соляная кислота разрушает комплекс железа с фенолом и вытесняет более слабую молочную кислоту.

*Порядок выполнения работы.*

К 2 мл фенола добавить 2 капли хлорида железа (III), появляется фиолетовое окрашивание вследствие образования фенолята железа. Полученный фенолят разделить на три равные части. К одной пробе прибавьте 3 капли молочной кислоты, ко второй – нормального желудочного сока, к третьей – желудочного сока, содержащего молочную кислоту. Что наблюдается? Результат запишите и объясните.

### Опыт 3. Обнаружение молочной кислоты в желудочном соке

*Порядок выполнения работы.*

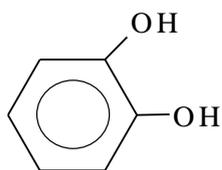
Проделайте реакцию Уфельмана с предложенными пробами желудочного сока. Результат занесите в таблицу:

№	№ пробы желудочного сока	Реакция Уфельмана	Заключение
1			
2	-		
3			
4			

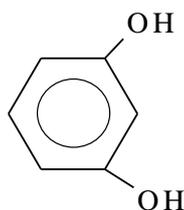
Сделайте заключение, какой из желудочных соков является патологическим.

### Опыт 4. Цветные реакции фенолов с хлоридом железа(III)

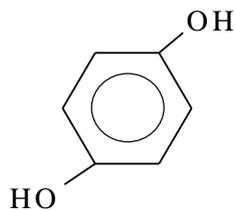
С помощью хлорида железа можно не только обнаружить фенолы, но и отличить их по характерной окраске.



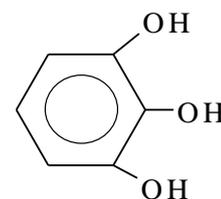
*o*-дигидроксибензол  
(пирокатехин)



*m*-дигидроксибензол  
(резорцин)



*p*-дигидроксибензол  
(гидрохинон)



1,2,3-триоксибензол  
(пирогаллол)

*Порядок выполнения работы.*

Возьмите 4 пробирки. Налейте в каждую по 3 капли раствора: в 1-ю – пирокатехина, во 2-ю – резорцина, в 3-ю – гидрохинона, в 4-ю – пирогаллола. В каждую пробирку добавьте по 1 капле раствора хлорида железа. В первой появится зеленое окрашивание, во 2-й – фиолетовое, в 3-й – желтое, в 4-й – красное. Появление быстроизменяющейся зеленой окраски в 3-й пробирке указывает на образование промежуточного соединения гидрохинона. Результаты опыта занесите в таблицу:

№	Название фенола	Строение фенола	Окраска с FeCl <sub>3</sub>
1			
2			
3			
4			

### Опыт 5. Кислотный характер фенола

*Порядок выполнения работы.*

К 3 каплям эмульсии фенола прилейте 1 каплю раствора едкого натра. Что наблюдается? Запишите уравнение реакции, назовите полученный продукт.

### Контрольные вопросы:

1. Какие реагенты способны растворять осадок гидроксида меди (II)?
2. Какие соединения называются хелатными (клетневидными)?
3. Для обнаружения каких патологических составных частей желудочного сока используют фенолят железа?
4. При взаимодействии с какими реагентами фенол проявляет кислотные свойства?
5. Какими качественными реакциями можно обнаружить фенол и его производные.

## Раздел 2

# УГЛЕВОДОРОДЫ. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ УГЛЕВОДОРОДОВ

### 2.1 Физико-химические методы исследования органических соединений: методы выделения и очистки

#### Краткая теоретическая часть. Основные понятия

Для установления строения органического соединения (т.е. идентификации) его необходимо получить в чистом виде. Выделение и очистка органических соединений осуществляются различными методами, среди которых наиболее часто используются следующие: фильтрование и центрифугирование, осаждение, экстракция, кристаллизация, сублимация, перегонка, хроматография.

**Фильтрование и центрифугирование.** Наиболее простой способ отделения твердых частиц от жидкостей основан на том, что при отсутствии перемешивания твердое вещество оседает на дно сосуда, и прозрачная жидкость может быть отделена сливанием. Однако при этом невозможно полностью отделить жидкость, и для получения чистого осадка следует использовать фильтрование.

Сущность фильтрования – жидкость с находящимися в ней частицами твердого вещества пропускают через пористую перегородку с порами или отверстиями малого размера, не пропускающими частицы твердого тела, но легко пропускающими жидкость (рис. 5).

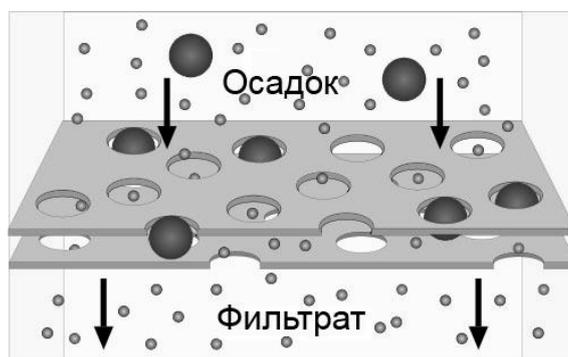


Рис. 5. Схема процесса фильтрования

*Фильтр* – перегородка, задерживающая твердые тела.

При фильтровании жидкостей следует учитывать ниже перечисленные факторы:

- 1) эффективность фильтрующей поверхности;
- 2) разность давлений по обе стороны фильтра;
- 3) размер частиц твердых компонентов фильтруемой смеси;
- 4) скорость осаждения твердых веществ;

- 5) сопротивление фильтрующего материала прохождению фильтрата;
- 6) сопротивление осадка на фильтре прохождению фильтрата;
- 7) вязкость фильтрата;
- 8) температура.

Разделение смеси жидкого и твердого веществ возможно также путем центрифугирования, то есть разделение веществ в приборах, называемых центрифугами (рис. 6), применение которых основано на использовании центробежной силы. При центрифугировании (быстром вращении) взвешенные в жидкости твердые частицы, с большей плотностью, чем плотность жидкости, под действием развивающейся при вращении центробежной силы отбрасываются от центра и таким образом отделяются от жидкости, после чего жидкость можно слить (декантировать).



Рис. 6. Центрифуга лабораторная СМ-6МТ

Условия фильтрования и центрифугирования указываются в фармакопейной статье.

**Осаждение** – выделение одного из соединений газовой или жидкой смеси веществ в осадок, кристаллический или аморфный. Метод основан на изменении условий сольватации. Сильно понизить влияние сольватации и выделить твердое вещество в чистом виде можно путем повышения концентрации вещества за счет выпаривания растворителя до состояния пересыщения раствора.

**Экстракция** – метод разделения, основанный на избирательном извлечении одного или нескольких компонентов анализируемой смеси при помощи органических растворителей – экстрагентов. Как правило, под экстракцией понимают процесс распределения растворенного вещества между двумя не смешивающимися жидкими фазами, хотя в общем случае одна из фаз может быть твердой (экстракция из твердых веществ) или газообразной. Поэтому более точное название метода – жидкостно-жидкостная экстракция, или просто *жидкостная экстракция*. Некоторые основные понятия: жидкостной экстракции:

**Экстрагент** – органический растворитель в индивидуальном состоянии или содержащий какие-либо реагенты, извлекающий (экстрагирующий) данное вещество из водной фазы.

*Экстракт* – отделенная жидкая органическая фаза, содержащая экстрагированное из водной фазы вещество.

*Реэкстракция* – процесс обратного извлечения вещества из экстракта в водную фазу.

*Периодическая экстракция* – экстракция вещества из одной и той же фазы, проводимая отдельными порциями экстрагента.

*Непрерывная экстракция* – экстракция, проводимая при непрерывном перемещении одной жидкой фазы (другая жидкая фаза остается неподвижной).

Экстракционные методы особенно широко используют при анализе растительного лекарственного сырья, а также для получения настоев, отваров, настоек, экстрактов лекарственных веществ. В данном случае под экстрактом подразумевается лекарственная форма, получаемая экстракционным методом в соответствии с определенными требованиями. В производстве индивидуальных фитопрепаратов (алкалоидов, гликозидов и др.) начальной стадией является также экстракция лекарственного растительного сырья. Экстракционный процесс лежит в основе технологии многих препаратов, получаемых из сырья животного происхождения (препараты гормонов, ферментов).

*Кристаллизация* – важнейший метод очистки органических соединений. Процесс удаления примесей путем кристаллизации включает растворение соединения в соответствующем нагретом растворителе, охлаждение и насыщение раствора очищаемым соединением, его кристаллизацию из раствора, изоляцию с помощью фильтрования, промывание холодным растворителем, чтобы удалить остаточные примеси, и сушку.

В статье Государственной Фармакопеи выпуск 14 указано, что при разработке процессов грануляции, сушки, прессования, измельчения, таблетирования и др. учитываются физико-химические свойства кристаллических сольватов. Для получения полиморфных модификаций и кристаллических сольватов применяют методы равновесной и неравновесной кристаллизации при варьировании ее условий (скорость кристаллизации, температура, тип растворителя, концентрация раствора и др.)

*Сублимация (возгонка)*. Некоторые твердые неорганические и органические вещества обладают способностью при нагревании испаряться, не плавясь. При охлаждении паров таких веществ они переходят из газообразного в твердое состояние, минуя жидкую фазу. Этим свойством пользуются для очистки веществ. Сублимацию, как и перегонку, можно проводить при обычном давлении или при уменьшении давления (вакуум-сублимация).

*Перегонка* применяется для очистки жидкостей и заключается в постепенном переходе жидкой смеси веществ в газовую фазу с последующей конденсацией паров. Перегонку можно проводить при нормальном или пониженном давлении (вакуум-перегонка). При выделении или очистке нерастворимых или труднорастворимых в воде соединений прибегают к перегонке с водяным паром. С помощью перегонки можно отделять друг от друга компоненты смеси, достаточно различающиеся по температурам кипения. Если при перегонке нет фракций, говорят о простой перегонке. Если же наблюдаются отдельные фракции, перегоняющиеся в определенных температурных интервалах, пере-

гонка называется дробной (фракционной).

**Хроматография** – это метод разделения, анализа и физико-химического исследования веществ. Он основан на различии в скоростях движения концентрационных зон исследуемых компонентов, которые перемещаются в потоке подвижной фазы (элюента) вдоль слоя неподвижной, причем исследуемые соединения распределены между обеими фазами. В основе всех многообразных методов хроматографии, начало которым положил М.С.Цвет в 1903 г., лежит адсорбция из газовой или жидкой фазы на твердой или жидкой поверхности раздела фаз.

В органической химии широко используются с целью разделения, очистки и идентификации веществ следующие типы хроматографии: колоночная (адсорбционная); бумажная (распределительная), тонкослойная (на специальной пластинке), газовая, жидкостная и газожидкостная. В этих разновидностях хроматографии в контакт вступают две фазы – одна неподвижная, адсорбирующая и десорбирующая определяемое вещество, а другая – подвижная, выступающая в виде носителя этого вещества.

**Хроматография** – фармакопейный метод анализа. Согласно общей фармакопейной статье ГФ РФ выпуск 14 в настоящее время используются следующие хроматографические методы анализа (рис. 7).



Рис. 7. Хроматографические методы анализа

## ***Области применения хроматографических методов анализа в фармации***

*Тонкослойная хроматография* – испытание лекарственных средств на подлинность, посторонние примеси полуколичественным и количественными методами;

*Бумажная хроматография* – установление подлинности, чистоты и количественного содержания;

*Газовая хроматография* – оценка чистоты, установление подлинности и количественное определение;

*Эксклюзионная хроматография* (введена в ГФ РФ выпуск 14 впервые) – разделение молекул различных веществ по их размерам в широком диапазоне молекулярных масс, что делает его незаменимым для исследования лекарственных средств, представляющих собой синтетические или биологические полимеры;

*Ионообменная хроматография* – разделение и определение ионов, широко используется для определения неорганических ионов, используется для разделения сахаров, органических кислот, аминокислотного анализа.

*Аффинная хроматография* (введена в ГФ РФ выпуск 14 впервые) – разделение, определение и очистка белков, пептидов, полисахаридов.

*Хиральная хроматография* – разделение оптически активных соединений на отдельные энантиомеры.

## **Учебно-исследовательская лабораторная работа**

### **Тема: Методы выделения, очистки и качественный анализ органических соединений**

***Цель работы:*** сформировать понятия об элементарном составе, методах выделения и очистки органических соединений.

***Оборудование и реактивы:*** стеклянные палочки, электрическая плитка, чашки Петри, бумажные фильтры, делительная воронка, часовое стекло, спиртовка, водяная баня, колбы, термометром, холодильник Либиха, фарфоровые чашки, фарфоровые тигли, пробирки, капиллярные трубки, химические стаканы, газоотводные трубки, коническая воронка, песчаная баня, вата, асбестовая сетка, сухое горючее, лакмусовая бумага, спички, дистиллированная вода, сахар-песок,  $\text{CuO}$  кристаллический, известковая вода, белок, натронная известь, металлический  $\text{Na}$ , нитропруссид натрия,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , хлороформ, тиомочевина,  $\text{AgNO}_3$ , чай,  $\text{MgO}$  кристаллический,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ , конго красный, раствор йода, 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{NH}_3$  (конц. раствор), 10%  $\text{HCl}$ .

### **Опыт 1. Метод кристаллизации**

*Порядок выполнения работы.*

Небольшое количество ( $\approx 1$  г) загрязненной бензойной кислоты растворите в кипящей воде в химическом стакане (колбе) и нагрейте до кипения. Полученный горячий раствор быстро отфильтруйте через складчатый фильтр.

Собранный в стакан или колбу фильтрат охладите струей ледяной воды или в кристаллизаторе со льдом при перемешивании. Выделяются белые кристаллы бензойной кислоты.

### **Опыт 2. Метод экстрагирования**

Экстрагирование применяют для выделения веществ из твердых смесей и растворов. Если извлекают вещество из твердой смеси, то подбирают такой растворитель, в котором растворимо только данное вещество, а примеси нерастворимы. Для извлечения вещества из жидкой смеси подбирают растворитель, несмешивающийся с раствором и в котором выделяемое вещество лучше растворяется. После перемешивания и расслоения жидкостей последние разделяют с помощью делительной воронки, а растворитель удаляют путем испарения или перегонки.

*Порядок выполнения работы.*

*А) Выделение вещества из жидкой смеси*

К тонкоизмельченному чаю приливают взвесь окиси магния, 50 мл воды и кипятят 10-15 минут. Водный раствор декантируют через тампончик ваты. Кипячение повторяют еще два раза с новыми порциями воды по 50 мл. Объединенную водную вытяжку подкисляют 5 мл разбавленной серной кислоты (проверяют по конго кислотность среды) и концентрируют в выпаривательной чашке на водяной бане до одной трети. Горячий раствор фильтруют через складчатый фильтр и 5 раз проводят извлечение хлороформом. На каждую экстракцию затрачивают 10 мл растворителя. Хлороформную вытяжку промывают сначала несколькими миллилитрами разбавленной щелочи, а затем таким же количеством воды. Растворитель отгоняют на водяной бане. В остатке получают сырой кофеин, который перекристаллизовывают из 5 мл горячей воды.

Кофеин перекристаллизуется в тонких белых, шелковистых иглах.

*Б) Экстракция йода*

Водный раствор йода (20 мл) налейте в делительную воронку, закрепленную в лапке штатива, добавьте 5 мл хлороформа (экстрагент), закройте воронку пробкой. Воронка должна быть заполнена не более чем на две трети. Закрытую воронку осторожно взбалтывайте, прочно удерживая пробку и кран. Затем переверните краном вверх и спустите избыточное давление. Операцию повторите 2-3 раза. Далее энергично встряхивайте смесь в воронке в течение 1-2 мин. Закрепите воронку в штативе, оставьте до расслаивания смеси. Отметьте изменение окраски слоя хлороформа.

Нижний слой отстоявшейся смеси при открытой пробке слейте через кран, верхний слой – через верхнее отверстие. Экстракцию повторите еще 2-3 раза новыми порциями хлороформа до прекращения изменения цвета экстрагента.

### Опыт 3. Метод перегонки и определение температуры кипения

Если выделяемое вещество не разлагается при температуре кипения, то его можно отделить от существующих примесей перегонкой. Испытуемую смесь помещают в колбу перегонного аппарата. Колбу закрывают пробкой с вставленным в нее термометром. Затем колбу присоединяют к холодильнику, устанавливая шарик термометра на уровне выхода паров в холодильник. Смесь нагревают до кипения и по показанию термометра определяют температуру паров перегоняемого вещества – температуру кипения.

*Порядок выполнения работы.*

Нагрейте смесь в перегонной колбе до кипения и обратите внимание на показания термометра. Соберите часть дистиллята в приемную колбу. Запишите результаты опыта, отметьте особенности этого способа перегонки.

### Опыт 4. Метод возгонки, или сублимации

*Порядок выполнения работы.*

*А). Очистка бензойной кислоты возгонкой.*

Взвесьте 2 г неочищенной бензойной кислоты, поместите ее в фарфоровую чашку. Из фильтровальной бумаги вырежьте кружок (его диаметр должен быть немного больше диаметра фарфоровой чашки), проделайте по всей его площади частые небольшие отверстия. Накройте фарфоровую чашку полученным кружком. Этот кружок нужен для того, чтобы возгоняемое вещество не попало обратно в неочищенную массу. Поместите чашку с веществом в песчаную баню, нагреваемую электрической плиткой. Сверху чашку накройте конической воронкой, носик воронки закройте ватой. В процессе возгонки стенки воронки можно накрыть фильтровальной бумагой и периодически смачивать ее холодной водой, чтобы конденсация паров возгоняемого вещества проходила более полно.

В песчаную баню поместите термометр, закрепите его в лапке штатива. Следите за тем, чтобы температура бани была примерно на 10 °С ниже температуры плавления возгоняемого вещества.

По окончании возгонки дайте прибору охладиться, кристаллы очищенного вещества счистите скальпелем со стенок воронки в чашку Петри и взвесьте. Небольшое количество очищенного возгоняемого вещества используйте для определения температуры плавления.

*Б) Выделение кофеина.*

В фарфоровую чашку насыпают около 1 г сухого чая, накрывают ее воронкой с заткнутым ватным тампоном отверстием и нагревают на асбестовой сетке около 10 мин. Сначала на внутренней части воронки конденсируются капельки воды, а затем начинает возгоняться кофеин, белые тонкие кристаллы которого осаждаются на холодных стенках воронки. Нагревание прекращают, и после полного охлаждения фарфоровой чашки кристаллы кофеина счищают со стенок воронки и растворяют в 1 мл воды.

Для проверки наличия кофеина 1 каплю полученного раствора наносят на предметное стекло, добавляют 1 каплю 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  и 1 каплю 10%  $\text{HCl}$ . Смесь осторожно выпаривают досуха над пламенем сухого горючего. Стекло

охлаждают и добавляют 1 каплю раствора  $\text{NH}_3$ , а затем стекло вновь нагревают до полного испарения воды. Пурпурно-красный цвет пятна указывает на наличие кофеина.

### Опыт 5. Определение температуры плавления

*Порядок выполнения работы.*

Возьмите тонкую капиллярную трубочку и один конец ее запаяйте в пламени горелки. Небольшое количество растертого испытуемого вещества поместите в капилляр. Постукивая запаянным концом капилляра по столу, перемещайте вещество в нижнюю часть капилляра (слой не более 1 мм). Резиновым кольцом прикрепите капилляр к термометру так, чтобы испытуемое вещество было расположено вплотную и в середине шарика термометра. Термометр опустите в пробирку или стакан, содержащий воду или другую бесцветную жидкость, и, нагревая ее, следите за показанием термометра. В момент плавления отметьте температуру плавления вещества.

### Опыт 6. Открытие углерода и водорода

*Порядок выполнения работы.*

Насыпьте в сухую пробирку около 0,2 г сахара, 1-2 г окиси меди и перемешайте. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой. Налейте в другую пробирку 4-6 мл известковой воды и опустите в этот раствор газоотводную трубку. Нагревая содержимое первой пробирки, наблюдайте за изменением в ней и в растворе извести. Что собирается на холодных стенках пробирки? Как изменился цвет окиси меди? Почему это произошло?

Запишите результаты опыта и схему реакции сгорания сахара ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) в присутствии окиси меди.

### Опыт 7. Открытие азота

*Порядок выполнения работы.*

*Способ 1.* Поместите в сухую пробирку щепотку белка, добавьте немного натронной извести и перемешайте. Держа у отверстия пробирки влажную красную лакмусовую бумажку, нагрейте пробирку. Что наблюдается?

*Способ 2.* В сухую пробирку поместите щепотку азотсодержащего вещества и небольшой кусочек металлического натрия. Налейте в фарфоровый тигель 3-5 мл воды. Нагрейте смесь в пробирке до слабо красного каления. Погрузите горячий конец пробирки в тигель с водой (осторожно!) и перемешайте содержимое. Слейте полученный раствор в пробирку, прибавьте 5-10 капель раствора смеси  $\text{FeSO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  и 10%-ной  $\text{HCl}$  (до растворения осадка). Что наблюдается? При наличии азота раствор приобретает голубое или синезеленое окрашивание, при отсутствии – желтое. Запишите схему реакции.

### Опыт 8. Открытие серы

*Порядок выполнения работы.*

В пробирку поместите щепотку тиомочевин ( $\text{NH}_2\text{—CS—NH}_2$ ) и небольшой кусочек металлического натрия. Налейте в фарфоровый тигель 5-6 мл во-

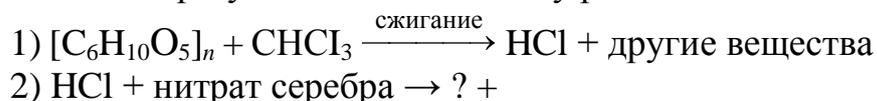
ды. Нагрейте пробирку с веществом до вспышки натрия, быстро опустите ее в тигель с водой и перемешайте содержимое. Слейте полученный раствор в две пробирки и прибавьте в одну из них 2-3 капли раствора нитропруссид натрия, а в другую - 2-3 капли азотнокислого свинца. Что наблюдается? При сплавлении натрия с серусодержащим веществом образуется сульфид натрия, который с нитропруссидом натрия дает фиолетовое окрашивание, а с солями свинца получается осадок сульфида свинца черного цвета.

### Опыт 9. Открытие галогенов

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в стаканчик 2-3 мл дистиллированной воды. Смочив внутренние стенки стаканчика, вылейте из него воду. Небольшую полоску фильтровальной бумаги смочите хлороформом и, держа над ней перевернутый вверх дном стаканчик, зажгите ее конец, смоченный хлороформом. После сгорания бумажки поверните стаканчик в обычное положение и налейте в него несколько капель раствора азотнокислого серебра. Что наблюдается?

Запишите результат опыта и схему реакции:



### Контрольные вопросы:

1. В чем заключается принцип метода кристаллизации веществ?
2. Экстрагирование веществ из твердых смесей и растворов, принцип метода, значение.
3. Какими методами проводят очистку бензойной кислоты?
4. Назовите методы выделения азота из органических веществ.

## 2.2.1 Предельные углеводороды – алканы

### Краткая теоретическая часть. Основные понятия

**Алканы** (предельные, или насыщенные, углеводороды) – это углеводороды с незамкнутыми (открытыми) углеродными цепями, в молекулах которых между атомами углерода образуются только одинарные связи. Атомы углерода в молекулах алканов находятся в состоянии  $sp^3$ -гибридизации.

Общая формула –  $C_nH_{2n+2}$ .

Главными *источниками* алканов являются природный газ и нефть.

Большое значение имеет синтез углеводородов из оксида углерода(II) и водорода:  $nCO + (2n + 1)H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2} + nH_2O$

*К синтетическим способам получения относятся:*

- 1) гидрирование непредельных углеводородов,

- 2) восстановление галогенопроизводных водородом или йодоводородом,
- 3) из галогенопроизводных (*реакция Вюрца*),
- 4) электролиз солей одноосновных карбоновых кислот,
- 5) расщепление солей карбоновых кислот при сплавлении с щелочью.

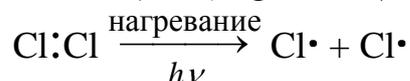
Предельные углеводороды, содержащие от 1 до 4 атомов углерода – газы. Алканы с числом атомов углерода  $n = 5-17$  – жидкости,  $n > 17$  – твердые вещества. Алканы с неразветвленной цепью имеют более высокие температуры кипения, чем их разветвленные изомеры. Алканы неполярны, поэтому практически нерастворимы в воде, однако хорошо растворяются в неполярных и малополярных органических растворителях. В чистом виде алканы бесцветны, имеют слабый запах.

#### **Химические свойства:**

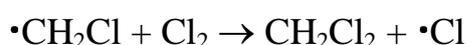
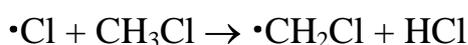
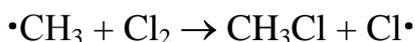
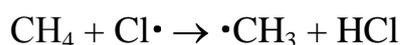
Для алканов более предпочтительны гомолитические реакции с образованием промежуточных частиц – *радикалов*, протекающих по *S<sub>R</sub>-механизму*.

**Хлорирование метана** и других алканов является типичной *цепной радикальной реакцией*:

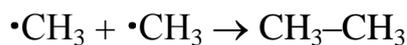
*зарождение (инициирование) цепи:*



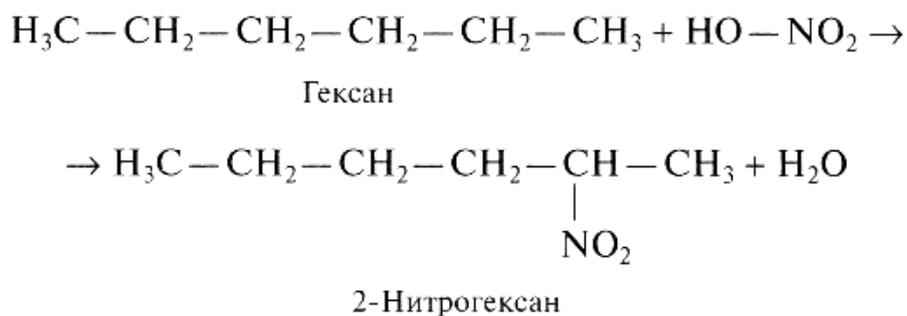
*развитие цепи:*



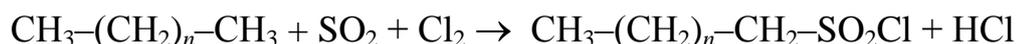
*обрыв цепи:*



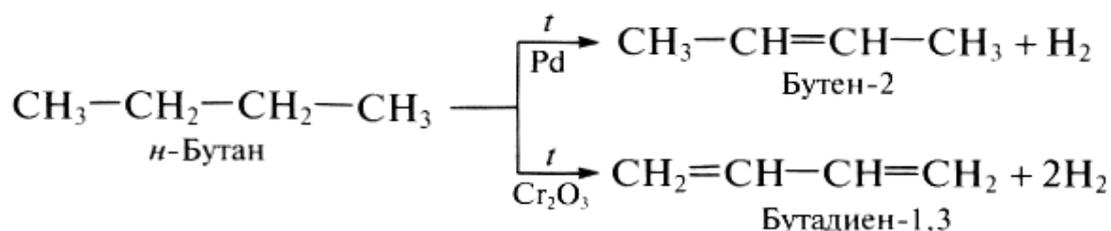
**Нитрование алканов** под действием 10-20%-й азотной кислоты при нагревании впервые осуществлено М. И. Коноваловым (1888 г.), поэтому данный процесс называют *реакцией Коновалова*. Такой способ нитрования является жидкофазным, так как проводится при температуре 150°C и под давлением.



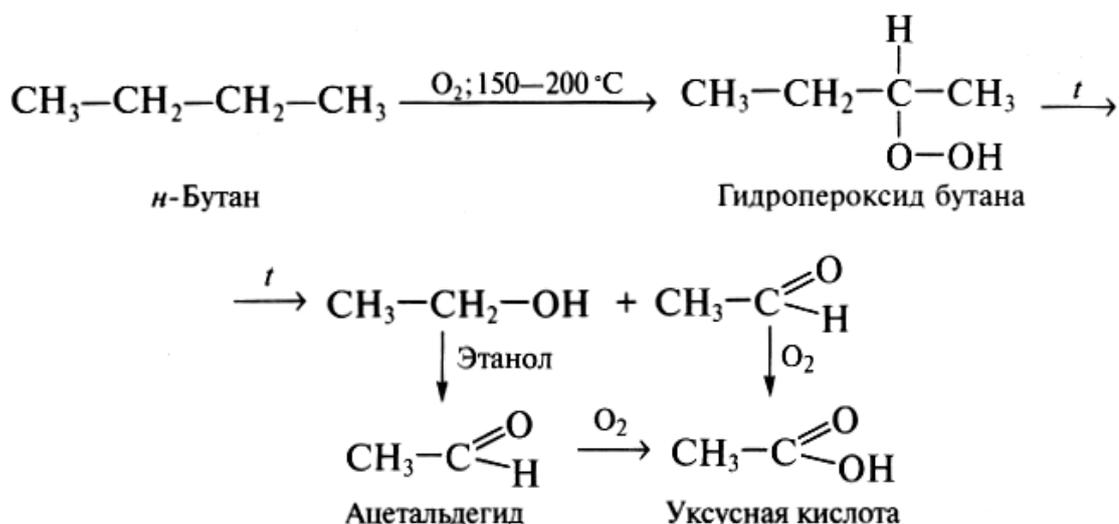
Взаимодействие алканов с оксидом серы (IV) в присутствии хлора называют **сульfoxлорированием**:



При высоких (~650°C) температурах алканы могут подвергаться **дегидрированию**. В зависимости от типа катализатора (металлы или оксиды металлов) из алкана образуется либо алкен, либо алкадиен:



**Окисление алканов** в жидкой или газообразной фазе кислородом или воздухом при температуре 150-200°C сопровождается разрывом углерод-углеродных связей и образованием преимущественно карбоновых кислот в качестве конечных продуктов:



## Учебно-исследовательская лабораторная работа

### Тема: Реакционная способность предельных углеводородов

**Цель работы:** сформировать понятие о строении, способах получения, физических и химических свойствах предельных углеводородов (алканов).

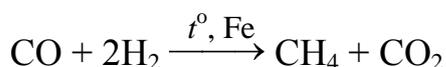
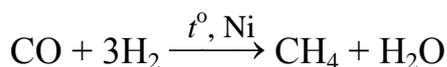
**Оборудование и реактивы:** кварцевая лампа, спиртовка, плотная бумага, пробирки, зажим для пробирок, газоотводная трубка, штатив с лапкой, предметное стекло, спички, гексан, раствор брома, ацетат натрия, натронная известь, раствор перманганата калия, бромная вода, серная кислота, вазелиновое масло.

#### Опыт 1. Бромирование предельных углеводородов

*Порядок выполнения работы.*

В две пробирки налейте по 2 мл гексана и добавьте по 2-3 капли раствора брома, перемешайте. Одну пробирку накройте колпаком из плотной бумаги. Обе пробирки поместите под источник УФ-света (кварцевая лампа). Через 5-7 минут снимите колпак и сравните обе пробирки. Полученный результат поясните.

#### Опыт 2. Получение метана и его свойства



*Порядок выполнения работы.*

В сухую пробирку насыпьте слоем в 2-3 см смесь безводного уксуснокислого натрия с натронной известью. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепите ее горизонтально в штативе. Налейте в одну пробирку раствор  $\text{KMnO}_4$ , а в другую – бромную воду. Нагревая смесь, поочередно вводите газоотводную трубку сначала в раствор перманганата калия, затем в бромную воду. Что наблюдается? Почему это произошло?

Не прекращая нагревание смеси, зажгите выделяющийся газ. Каким пламенем он горит?

Не вынимая горячего прибора из зажима штатива, оставьте его для охлаждения. Запишите результаты опыта и уравнения реакции получения и горения метана.

#### Опыт 3. Свойства алканов

*Порядок выполнения работы.*

На предметное стекло нанесите на некотором расстоянии друг от друга по

1 капле раствора  $\text{KMnO}_4$ , бромной воды и концентрированной серной кислоты. Смешайте каждую из капель с каплей вазелинового масла (смесь предельных углеводородов). Что наблюдается? Сделайте вывод о реакционной способности алканов.

#### Опыт 4. Свойства газообразных алканов

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку около 2 мл бромной воды, а в другую – столько же раствора перманганата калия. Оттянутый конец стеклянной трубки, соединенной с источником газа, опустите в пробирку с раствором и, **осторожно** приоткрыв кран, пропустите некоторое количество газа через раствор (*пузырьками, не струей!*). Что наблюдается? Повторите опыт с другой пробиркой. Что наблюдается? Объясните природу происходящих явлений. Содержатся ли в испытываемой пробе газа непредельные углеводороды?

#### Опыт 5. Испытание вазелинового масла

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 4-5 мл воды и 1 каплю вазелинового масла. Каков удельный вес его по отношению к воде? Смесь интенсивно перемешайте и отлейте половину в другую пробирку. Прибавьте в одну из пробирок бромную воду, а в другую –  $\text{KMnO}_4$ . Жидкости в пробирках перемешайте. Что наблюдается? Содержатся ли в медицинском вазелиновом масле непредельные углеводороды?

## 2.2.2 Непредельные углеводороды: алкены, алкадиены, алкины

### Краткая теоретическая часть. Основные понятия

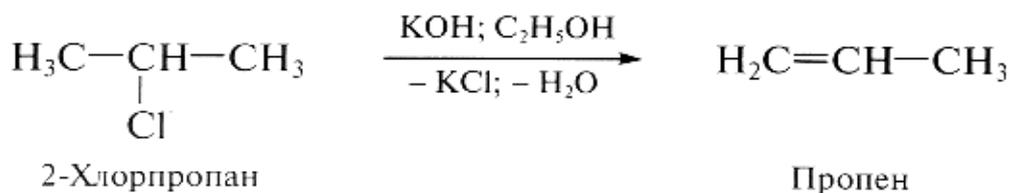
*Алкены (этиленовые, или олефиновые, углеводороды)* – это углеводороды с незамкнутыми (открытыми) углеродными цепями, в молекулах которых содержится одна двойная углерод-углеродная связь.

Общая формула алкенов –  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

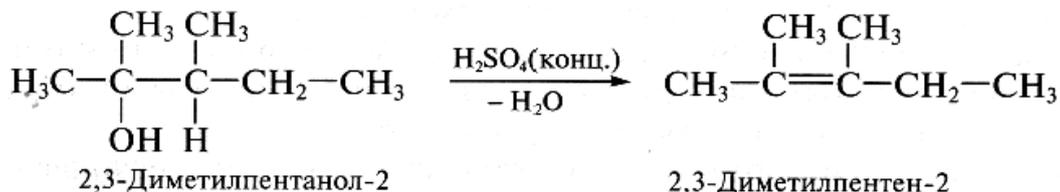
Простейший представитель алкенов – этилен имеет плоское строение с валентными углами, близкими к  $120^\circ$ , что соответствует  $sp^2$ -гибридизации обоих атомов углерода.

### Способы получения:

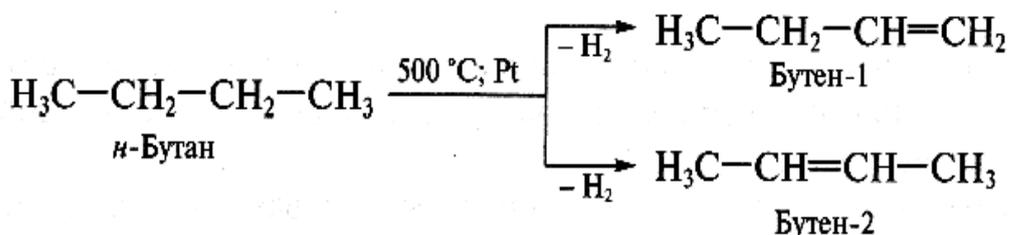
#### 1) дегидрогалогенирование:



#### 2) дегидратация спиртов:

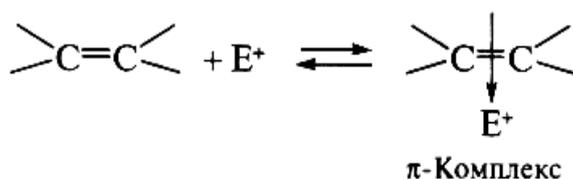


#### 3) дегидрирование алканов:



Низшие гомологи алкенов – газы при обычных условиях, начиная с углеводорода  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  – низкокипящие жидкости. Алкены практически не растворимы в воде, растворимы в неполярных органических растворителях.

**Химические свойства алкенов:** двойная связь легко поляризуема и является донором электронов. Легкость разрыва  $\pi$ -связи свидетельствует о том, что для алкенов наиболее характерны реакции электрофильного присоединения  $A_E$ , что можно представить в общем виде:



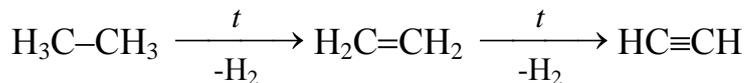
На второй стадии  $\pi$ -комплекс переходит в карбокатион:



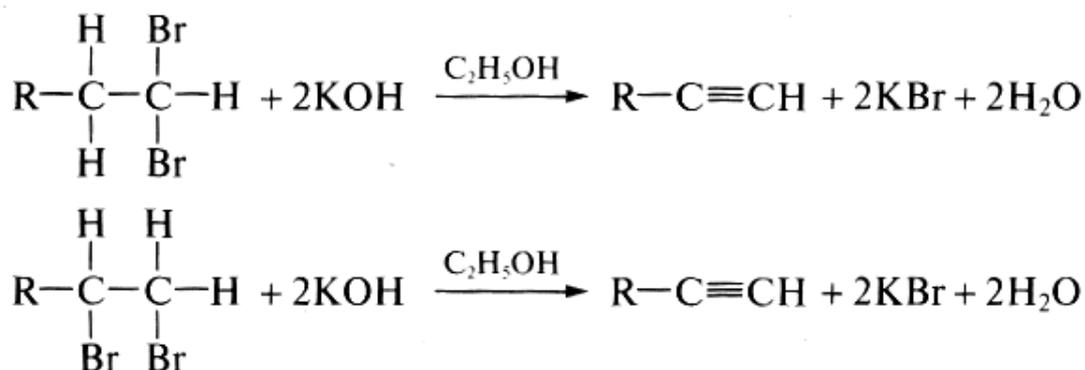
## 2. Пиролиз метана:



## 3. Пиролиз этана (или этилена):

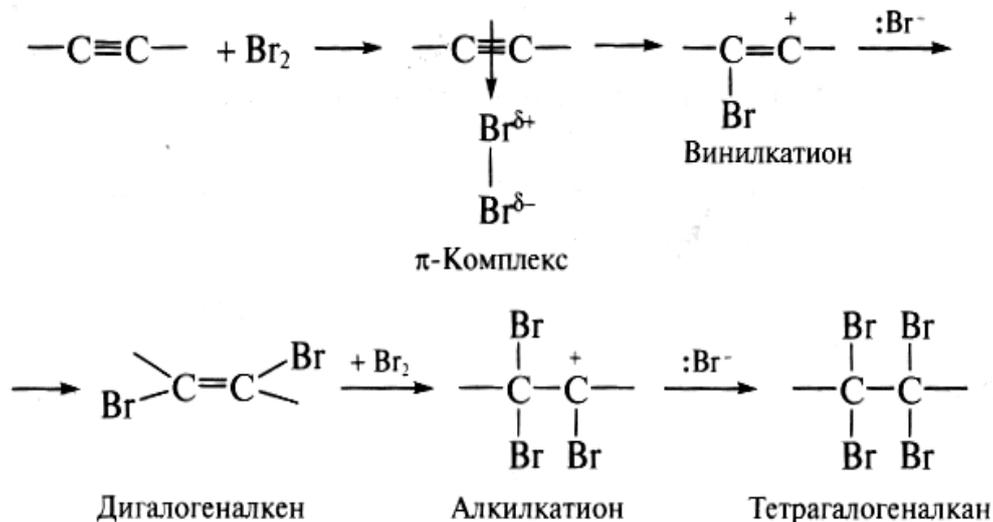


## 4. Реакция элиминирования дигалогенопроизводных углеводородов:



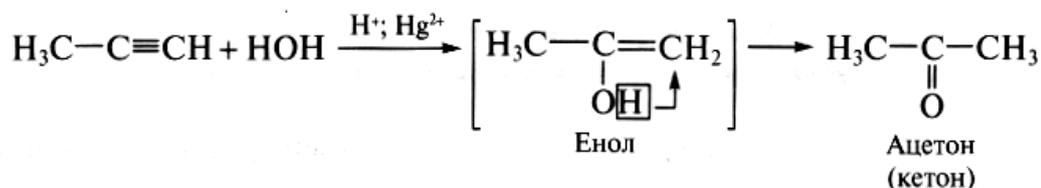
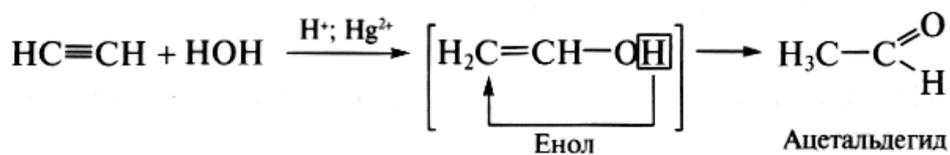
### Химические свойства алкинов:

Механизм реакций электрофильного присоединения  $A_E$  разберем на примере реакции галогенирования:

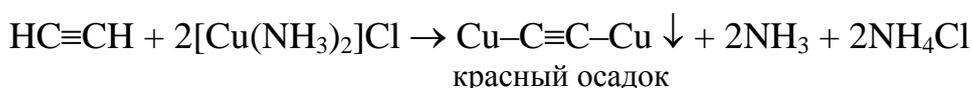
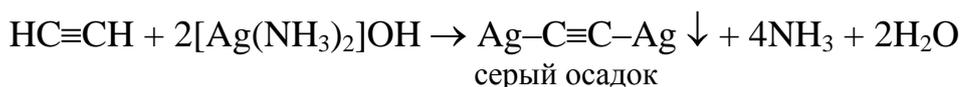


### Реакции нуклеофильного присоединения $A_N$ : реакции гидратации.

Особенно легко гидратация алкинов (реакция Кучерова) протекает в присутствии солей ртути (II) в среде серной кислоты:



### Реакции с образованием ацетиленидов:



### Реакции окисления алкинов под действием перманганата калия:



## Учебно-исследовательская лабораторная работа

### Тема: Реакционная способность непредельных углеводородов (алкенов, алкадиенов, алкинов)

**Цель работы:** сформировать понятие о строении и свойствах непредельных углеводородов (алкенов, алкинов и диенов).

**Оборудование и реактивы:** штатив с лапкой, газоотводная трубка, пробирки, песок (или окись алюминия), этилсерная кислота, бромная вода, раствор перманганата калия, карбид кальция, аммиачный раствор гидроксида серебра, аммиачный раствор хлорида меди, бензин, керосин, скипидар.

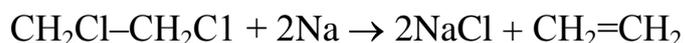
#### Опыт 1. Получение этилена и его свойства

*Порядок выполнения работы.*

Насыпьте в пробирку небольшое количество сухого песка (или щепотку окиси алюминия), налейте туда же 10-15 капель этилсерной кислоты (это ве-

щество состоит из смеси концентрированной серной кислоты и этилового спирта). Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой. Пробирку укрепите наклонно в лапке штатива. Затем налейте в одну пробирку около 1 мл бромной воды, а в другую –  $\text{KMnO}_4$ . Опустите конец газоотводной трубки в пробирку с раствором брома. Нагрейте смесь (этилсерную кислоту) и следите за изменением окраски в растворе. Что наблюдается? Замените пробирку другой, содержащей раствор  $\text{KMnO}_4$ , и повторите опыт. Что наблюдается в этом случае?

### Опыт 2. Получение ацетилена и его свойства



*Порядок выполнения работы.*

Налейте в одну пробирку 10-12-мл разбавленной бромной воды, а в другую – раствор  $\text{KMnO}_4$ . В обе пробирки бросьте по маленькому кусочку карбида кальция. Что наблюдается в обеих пробирках?

### Опыт 3. Получение ацеталенидов

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в одну пробирку около 3 мл разбавленного раствора аммиака гидроксида серебра, а в другую - бесцветного раствора аммиака хлорида меди. В обе пробирки бросьте по маленькому кусочку карбида кальция. Что наблюдается? В чем существенное отличие этих реакций от реакций предыдущего опыта?

### Опыт 4. Обнаружение непредельных соединений в бензине и керосине

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в одну пробирку 1-2 мл бромной воды, а в другую – раствор  $\text{KMnO}_4$ . Прибавьте в каждую из них по 2-3 капли бензина и керосина. Смеси перемешайте. Что наблюдается? Есть ли разница между исследуемыми веществами? Чем объяснить изменения в этих опытах?

### Опыт 5. Свойства скипидара

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку около 2-3 мл бромной воды, а в другую – столько же раствора  $\text{KMnO}_4$ . В обе пробирки прибавьте по одной капле скипидара и тщательно перемешайте смеси. Что наблюдается?

### Контрольные вопросы:

1. Назовите способы получения метана.
2. Объясните, как реагируют газообразные алканы с бромной водой и раствором  $\text{KMnO}_4$ .

3. Каким образом можно доказать наличие предельных и непредельных углеводородов в вазелиновом масле.
4. Назовите способы получения этилена и ацетилена.
5. Какими реакциями можно доказать наличие непредельных углеводородов в скипидаре и керосине.
6. Опишите физические свойства алкенов.

## 2.3 Ароматические углеводороды – арены

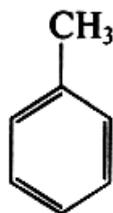
### Краткая теоретическая часть. Основные понятия

**Арены (ароматические углеводороды)** – циклические углеводороды, характеризующиеся бензольной (бензольной) системой связей и обладающие совокупностью свойств, объединяемых общим понятием «ароматичность».

Общая формула аренов –  $C_nH_{2n-6}$  ( $n \geq 6$ ).

Низшие члены гомологического ряда аренов в обычных условиях – бесцветные жидкости с характерным запахом. Они не смешиваются с водой, но легко смешиваются с неполярными органическими растворителями.

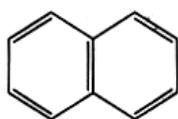
**Толуол**  $C_7H_8$  является первым гомологом бензола и не имеет изомеров положения, что характерно для всех монозамещенных производных бензола:



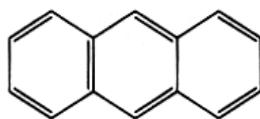
Толуол

**Многоядерные арены** могут содержать как конденсированные, так и изолированные ядра:

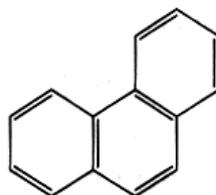
*конденсированные арены:*



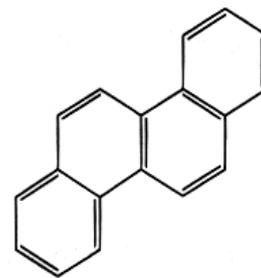
Нафталин



Антрацен

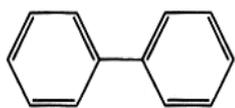


Фенантрен

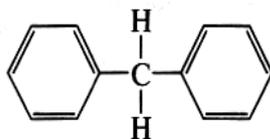


Хризен

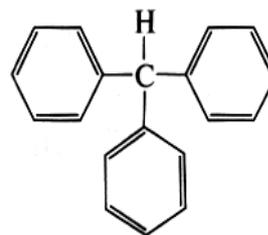
многоядерные неконденсированные арены:



Дифенил



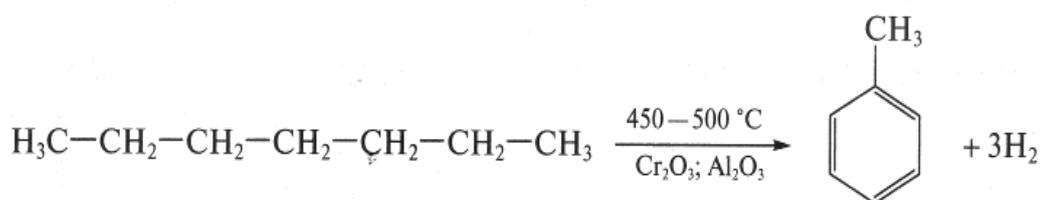
Дифенилметан



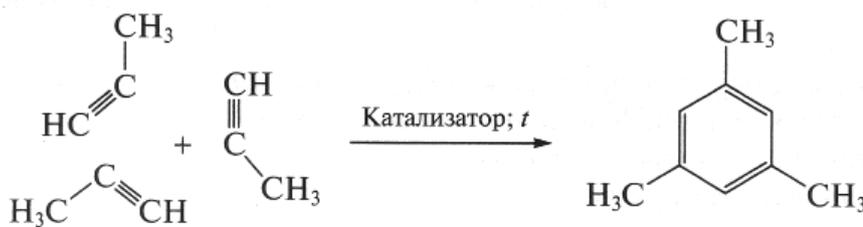
Трифенилметан

### Способы получения аренов:

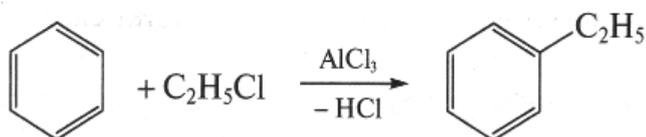
#### 1. Дегидроциклизация алканов:



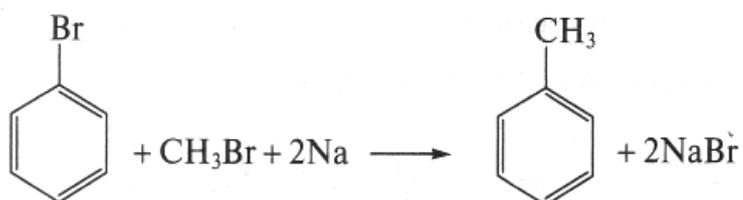
#### 2. Циклотримеризация алкинов:



#### 3. Синтез по Фриделю – Крафтсу:

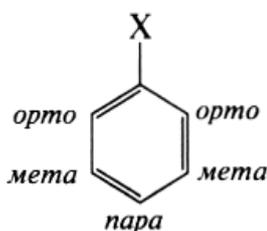


#### 4. Синтез по Вюрцу-Фиттигу:



### Химические свойства аренов:

По отношению к заместителю различают два *орто*- (*o*-) два *мета*- (*m*-) и одно *пара*- (*p*-) положение:



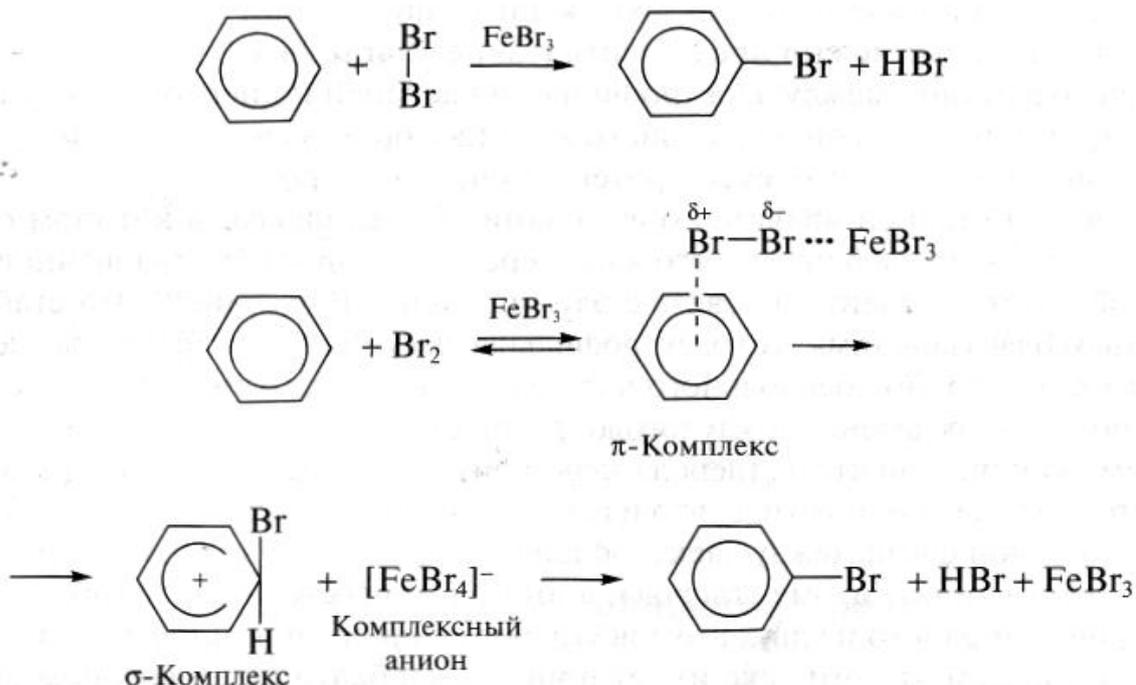
Заместители I и II рода характеризуются разными электронными эффектами:

*Орто*-, *пара*-ориентанты:  $-\text{NR}_2$ ,  $-\text{NHR}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{OR}$ .

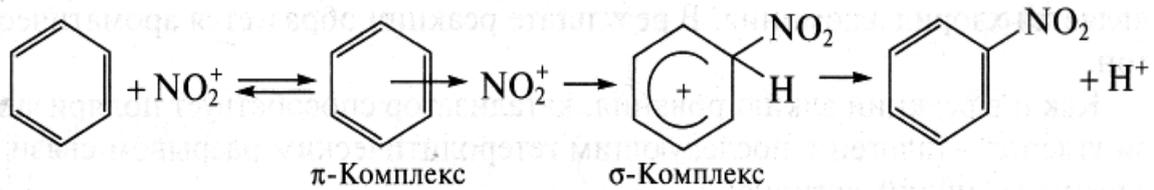
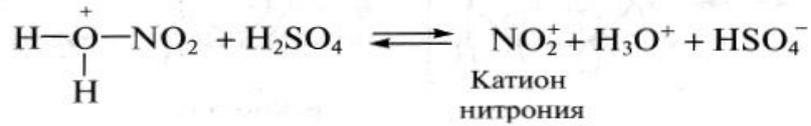
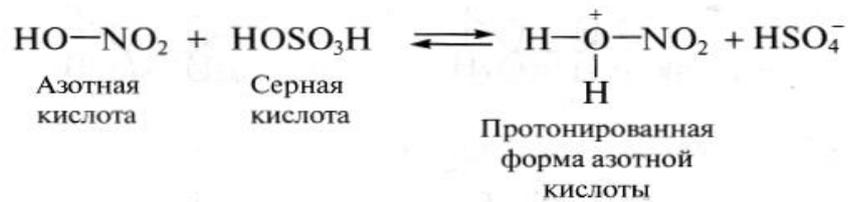
*Мета*-ориентанты:  $-\text{NO}_2$ ,  $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{COR}$ ,  $-\text{CN}$ ,  $-\text{COOH}$ .

#### Реакции электрофильного замещения $S_E$ :

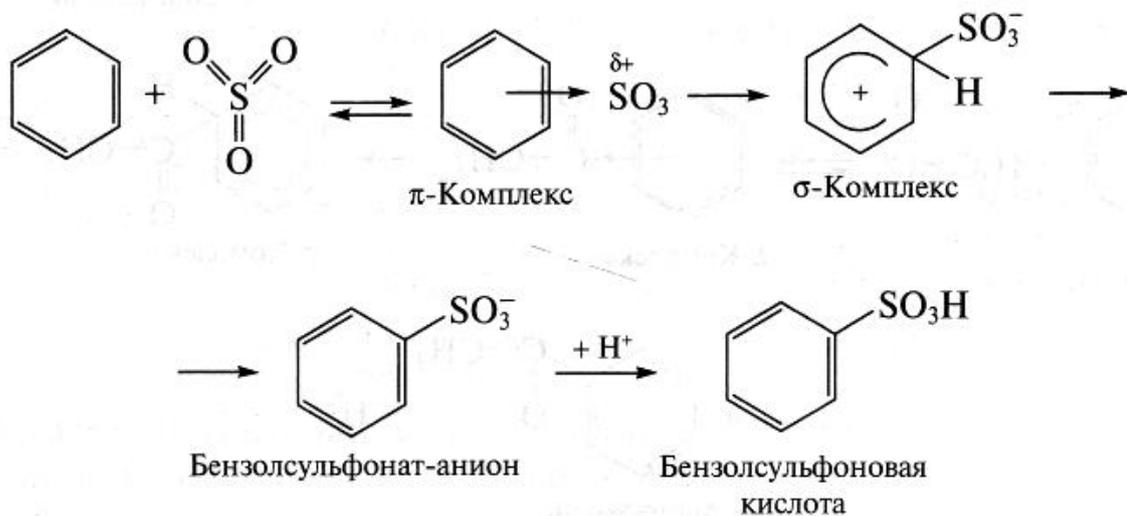
1) **Реакция галогенирования** осуществляется в присутствии катализаторов, роль которых сводится к поляризации молекулы галогена с последующим образованием электрофильной частицы, например  $\text{Br}^+$ :



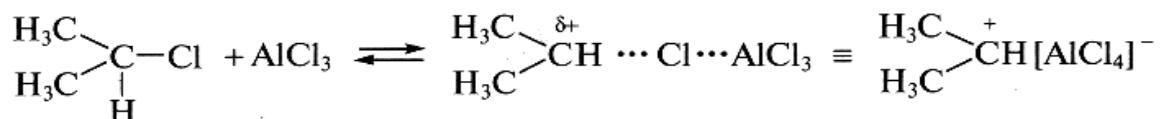
2) **Реакция нитрования**: электрофильной частицей в реакции нитрования является катион нитрония, который образуется в нитрующей смеси:



**3) Реакция сульфирования:** сульфирующим агентом в данной реакции является оксид серы(VI). С этой целью используют олеум (раствор  $\text{SO}_3$  в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ):

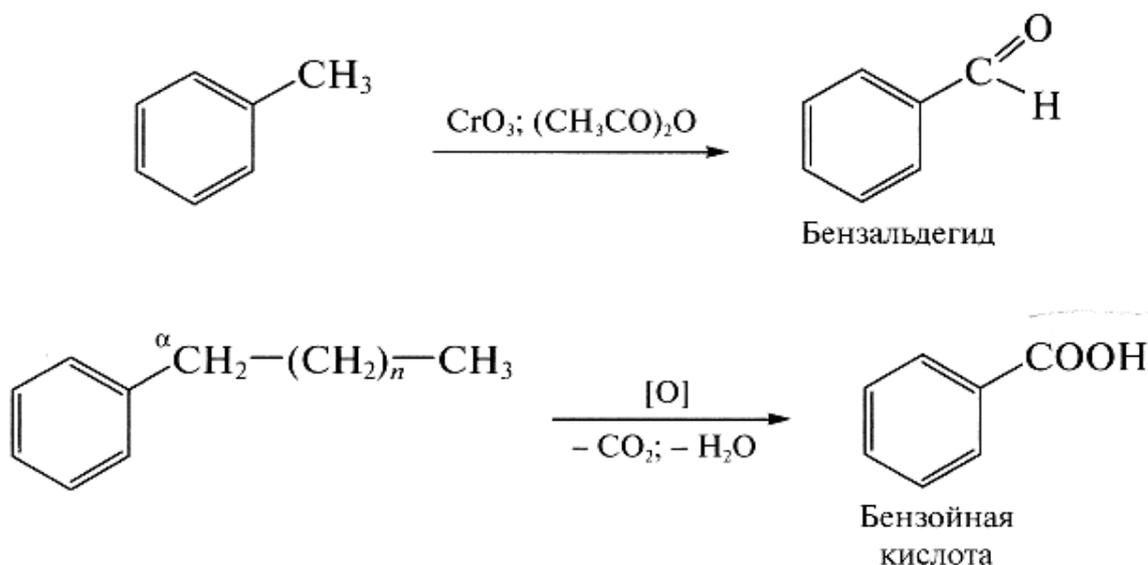


**4) Реакция алкилирования по Фриделю-Крафтсу:**





**Реакции окисления гомологов бензола:**



**Учебно-исследовательская лабораторная работа**

**Тема: Реакционная способность ароматических углеводородов**

**Цель работы:** сформировать понятие о строении и свойствах ароматических углеводородов (аренов).

**Оборудование и реактивы:** пробирки, бензол, ксилол, толуол, нафталин, бензойная кислота, салициловая кислота, раствор перманганата калия, бромная вода, нитрующая смесь, серная кислота.

**Опыт 1. Влияние характера заместителя на реакционную способность аренов**

*Порядок выполнения работы.*

Возьмите две пробирки, в одну налейте 3 капли бензойной кислоты, в другую – 3 капли салициловой кислоты. Затем в обе пробирки прилейте по 3 капли раствора перманганата калия, встряхните. Что наблюдается? Чем можно объяснить большую реакционную способность салициловой кислоты. Заполните таблицу:

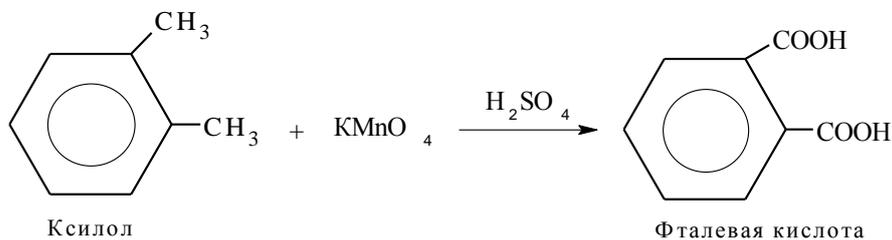
Субстрат	Реагент	Наблюдение	Механизм реакции
Бензойная кислота	KMnO <sub>4</sub>		
Салициловая кислота	KMnO <sub>4</sub>		

## Опыт 2. Свойства бензола

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 2 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  и 2-3 капли бензола. Смесь интенсивно перемешайте. Что наблюдается? Повторите опыт с бромной водой. Что наблюдается в этом случае?

## Опыт 3. Окисление ароматических углеводородов



*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку около 1 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  и столько же 10%-ной серной кислоты. Прибавьте к смеси 1-2 капли ксилола и нагрейте до кипения, постоянно встряхивая смесь. Что наблюдается?

## Опыт 4. Нитрование ароматических углеводородов

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 1-2 капли толуола и 3-5 капель нитрующей смеси (**осторожно!**). Слегка постукивая дном пробирки по ладони руки, перемешайте смесь и наблюдайте за ее изменением (**не спешите закончить опыт: реакция идет медленно**). В конце опыта прилейте в пробирку воду и сравните запах исходного вещества и полученного после нитрования.

## Опыт 5. Нитрование нафталина

*Порядок выполнения работы.*

Небольшое количество нафталина поместите в пробирку и прилейте к нему около 1 мл нитрующей смеси. Опустите пробирку в кипящую водяную баню на 10-15 минут. Что наблюдается? По окончании реакции прилейте в пробирку воду. Что получилось?

## Контрольные вопросы:

1. Какими опытами можно доказать влияние заместителя на реакционную способность ароматических соединений.
2. Какие продукты образуются при окислении ксилола и толуола?
3. Приведите реакцию нитрования нафталина.
4. Опишите физические свойства аренов.
5. Назовите, какими электронными эффектами характеризуются заместители I и II рода.

## Раздел 3

# ВАЖНЕЙШИЕ КЛАССЫ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ: МОНОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

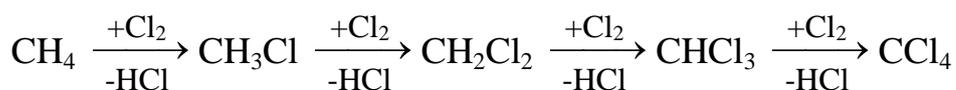
### 3.1 Галогенопроизводные углеводороды

#### Краткая теоретическая часть. Основные понятия

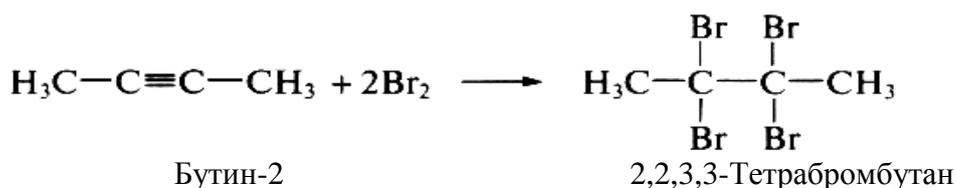
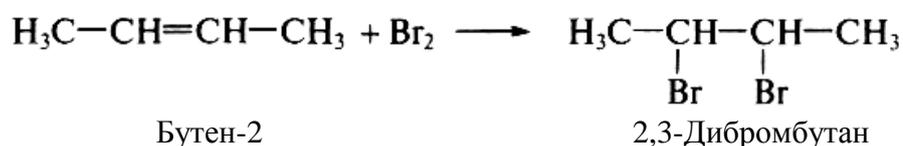
*Галогенопроизводные углеводороды* – это углеводороды, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на атомы галогенов.

#### Способы получения

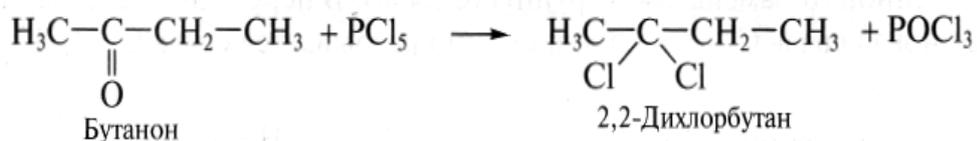
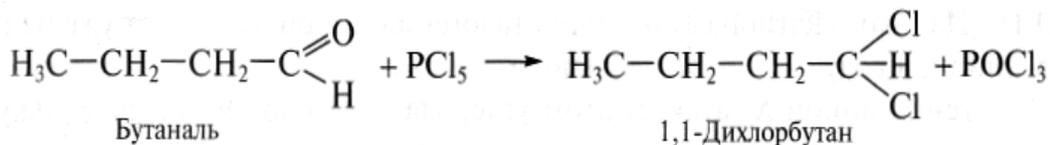
##### 1. Галогенирование алканов:



##### 2. Галогенирование алкенов и алкинов:



##### 3. Получение из оксосоединений:





## Учебно-исследовательская лабораторная работа

### Тема: Получение и реакционная способность галогенопроизводных углеводов

**Цель работы:** сформировать знания о строении галогенопроизводных углеводов и химических реакциях, характерных для этой группы соединений.

**Оборудование и реактивы:** пробирки, газоотводная трубка, спиртовка, дистиллированная вода, хлоралгидрат (кристаллический), 1 % раствор NaOH, 10 % раствор NaOH, хлороформ, 10 % раствор нитрата серебра, 10 % раствор йодистого калия, 40 % раствор этилового спирта, 10% раствор йода, этилсерная кислота, железные опилки, NaCl (кристаллический), смесь брома с четыреххлористым углеродом, толуол, 1 % раствор резорцина, медная проволока.

#### Опыт 1. Получение хлороформа

*Порядок выполнения работы.*

Поместите в пробирку несколько кристалликов хлоралгидрата и прибавьте к ним 5-8 капель 10%-ного раствора щелочи. Что наблюдается? Нагрейте смесь и обратите внимание на запах паров.

#### Опыт 2. Определение чистоты хлороформа

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 8-10 капель испорченного хлороформа, прибавьте 2-3 мл дистиллированной воды и тщательно перемешайте смесь. Полученную эмульсию разделите на две части. После расслоения жидкостей прибавьте к верхнему водному слою в одну пробирку 1 каплю раствора нитрата серебра, а в другую - 1-2 капли раствора йодистого калия. Что наблюдается в одной и в другой пробирке?

#### Опыт 3. Получение йодоформа

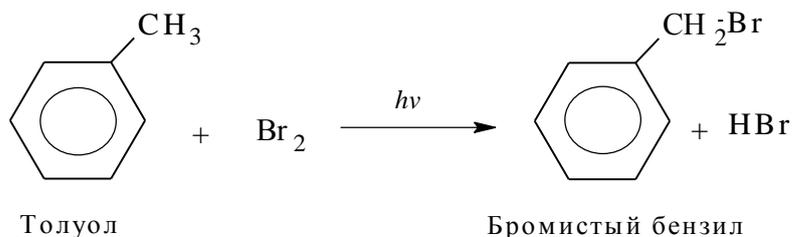
*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 2-3 капли этилового спирта и около 10 капель раствора йода. К полученной смеси прибавьте по каплям 10%-ный раствор щелочи до изменения цвета йода. Что появляется через некоторое время? Каким запахом обладает полученное вещество?

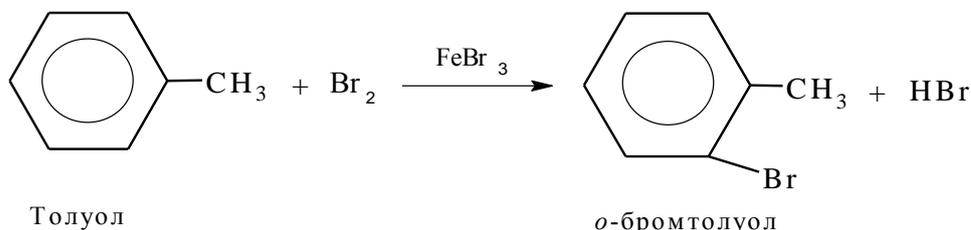
#### Опыт 4. Получение хлористого этила

*Порядок выполнения работы.*

Насыпьте в пробирку около 0,5 г хлорида натрия, смочите его 10-15 каплями этилсерной кислоты (*осторожно!*). Закройте пробирку пробкой с маленькой газоотводной трубкой. Укрепите пробирку наклонно в зажиме штатива (*в вытяжном шкафу*) и, нагревая смесь, зажгите выделяющийся газ. Каким пламенем горит хлористый этил?

**Опыт 5. Бромирование толуола на свету, бромирование бромистого бензила***Порядок выполнения работы.*

В маленькую узкую пробирку, изготовленную из стеклянной трубки и имеющую подвижную муфту из черной бумаги, налейте до середины толуол, а затем смесь брома с четыреххлористым углеродом (растворитель брома). Поставьте муфточку на середину трубки и поднесите пробирку к электролампе. Включите лампу и осветите пробирку. Что наблюдается через некоторое время? Передвиньте муфту и сравните окраску жидкости в освещенной и затемненной части. Содержимое пробирки не выливайте, оставьте в вытяжном шкафу.

**Опыт 6. Бромирование толуола в присутствии катализатора, получение бромтолуола***Порядок выполнения работы.*

Налейте в маленькую пробирку 5-8 капель толуола, прибавьте несколько железных опилок и 2-3 капли раствора брома в четыреххлористом углероде. Полученную смесь в пробирке перемешайте, постукивая запаянным концом по ладони руки. Что наблюдается через некоторое время?

**Опыт 7. Проба Бельштейна на галогены***Порядок выполнения работы.*

Медную проволоку подержите за пробку и нагрейте другой ее конец (петлю) в пламени горелки до прекращения окрашивания пламени и образования на поверхности черного налета оксида меди (II). Остывшую петлю опустите в пробирку с хлороформом, и снова введите в пламя горелки. Сначала пламя становится светящимся (сгорает углерод), затем появляется интенсивное зеленое окрашивание.

**Опыт 8. Цветная реакция на хлороформ***Порядок выполнения работы.*

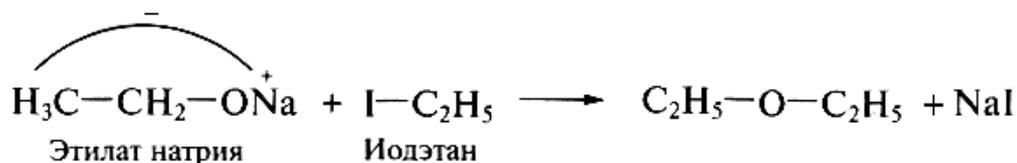
В пробирку налейте 1 мл 1 % раствора резорцина, 2 мл 1 % NaOH и 1 мл хлороформа. Смесь нагрейте до появления желто-красного окрашивания.



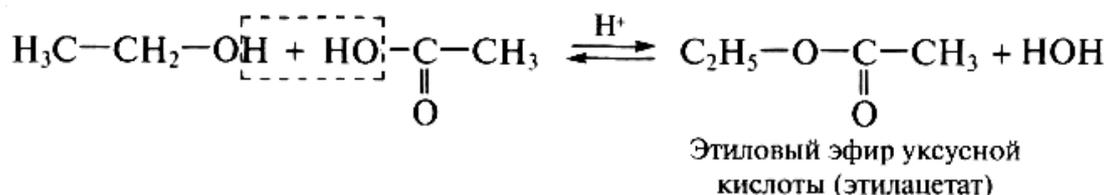


## Реакции с участием атома водорода гидроксигруппы:

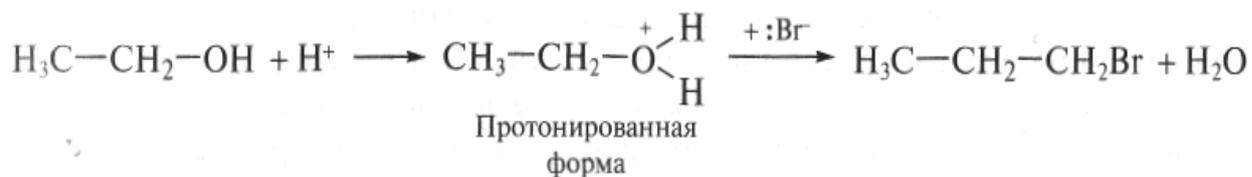
### 1. Реакция O-алкилирования – синтез по Вильямсону:



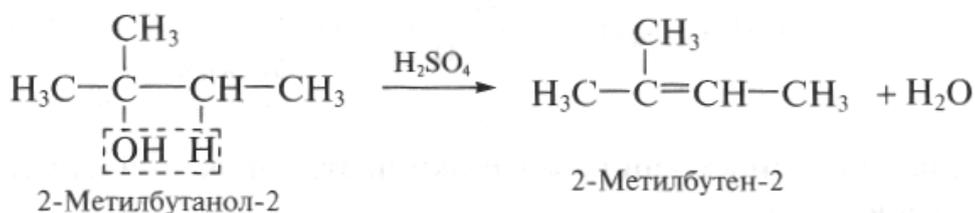
### 2. Реакция этерификации:



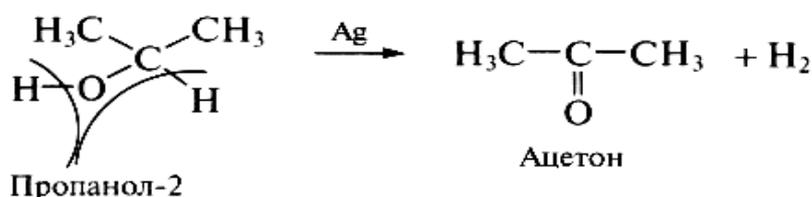
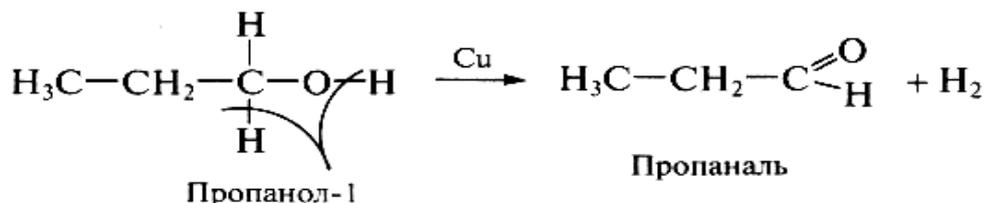
**Реакции с участием гидроксигруппы:** замещение OH-группы с образованием галогенопроизводных происходит при действии галогеноводорода на спирты по механизму  $S_N2$ :



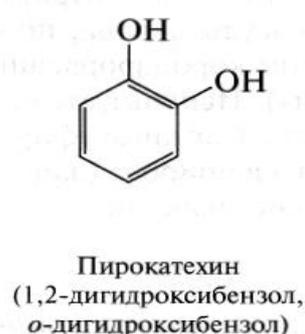
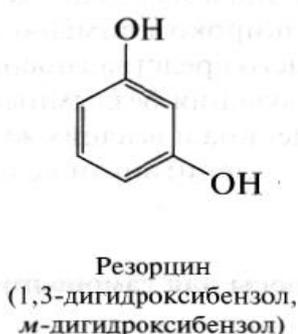
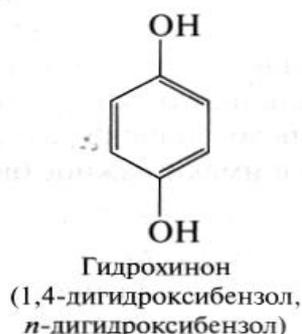
**Внутримолекулярная дегидратация** – отщепление воды происходит в соответствии с правилом Зайцева:



### Реакции окисления:

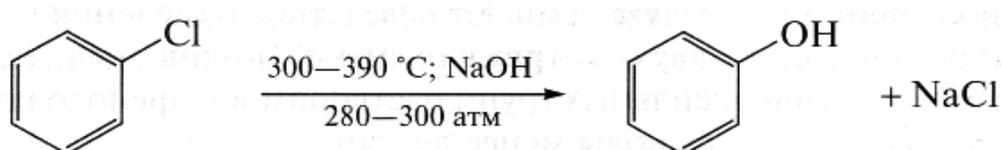


**Фенолы** – это производные ароматических углеводородов, в молекулах которых гидроксильная группа связана с атомом углерода ароматического ядра. Родоначальником данного класса соединений является простейший фенол  $C_6H_5OH$ . Для двухатомных фенолов известны три изомера:

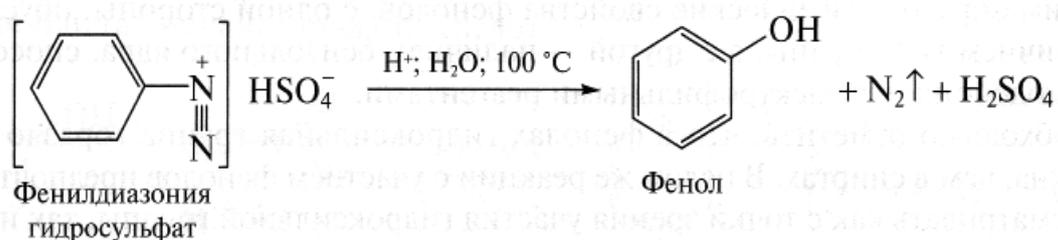


### Способы получения фенолов:

#### 1. Замещение галогена в арилгалогенидах:



#### 2. Получение из диазосоединений:

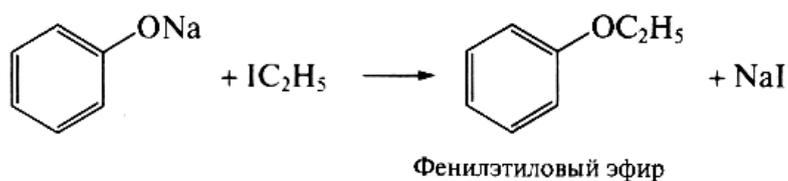


Фенол и его гомологи представляют собой низкоплавкие вещества с очень характерным резким запахом. Плохо растворимы в воде, хорошо растворимы в этаноле. При хранении на воздухе темнеют вследствие окисления. Температура плавления двух- и трехатомных фенолов значительно выше.

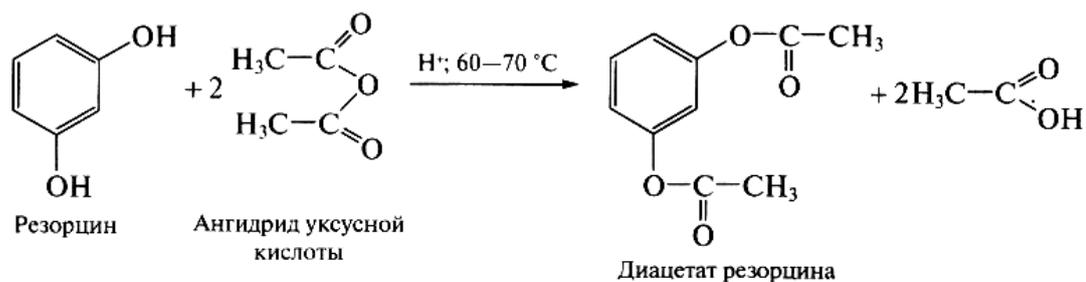
С увеличением числа гидроксильных групп растворимость фенолов повышается. По сравнению со спиртами фенолы менее летучи.

## Химические свойства фенолов:

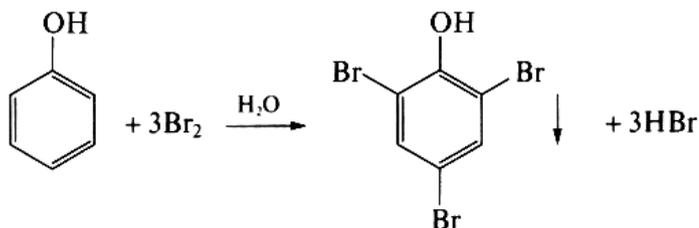
### 1. Реакция O-алкилирования: в щелочной среде:



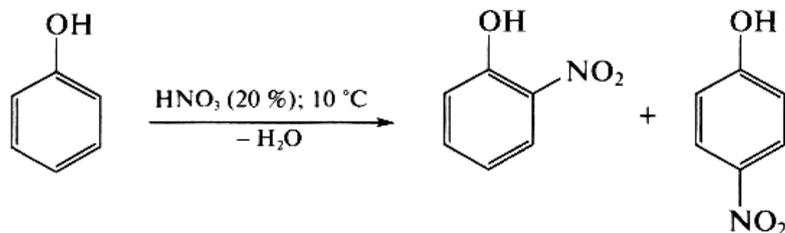
### 2. Реакция O-ацелирования фенолов:



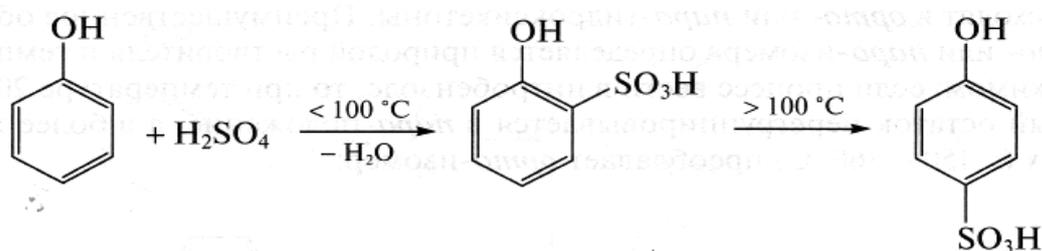
### 3. Реакция галогенирования:



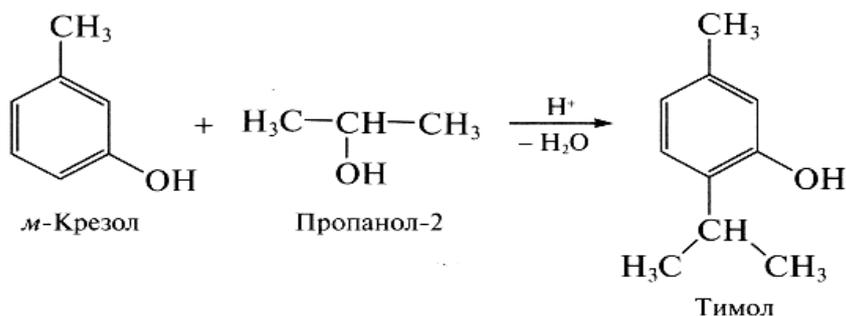
### 4. Реакция нитрования:



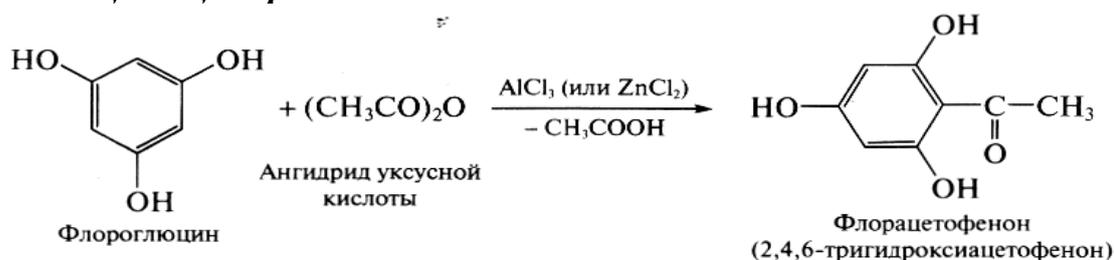
### 5. Реакция сульфирования:



### 6. Реакция алкилирования по Фриделю-Крафтсу:



### 7. Реакция ацилирования:



## Учебно-исследовательская лабораторная работа

### Тема: Реакционная способность спиртов и фенолов

**Цель работы:** сформировать понятие о строении и свойствах органических соединений, содержащих гидроксильную группу.

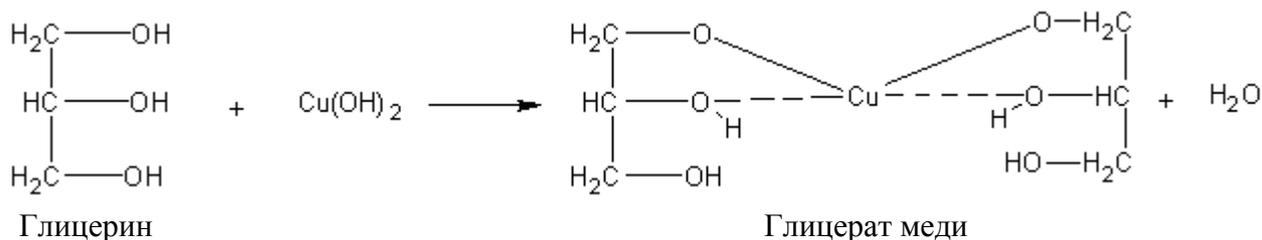
**Оборудование и реактивы:** пробирки, водяная баня, часовое стекло, фарфоровые чашки, 10 % раствор NaOH, 10 % раствор CuSO<sub>4</sub>, глицерин, этиловый спирт, дистиллированная вода, металлический натрий, HCl, фенол, пирокатехин, резорцин, гидрохинон, пирогаллол, 20% раствор FeCl<sub>3</sub>, бромная вода, метанол, пропанол, изоамиловый спирт, пальмитиновая кислота, формалин, фенолфталеин.

#### Опыт 1. Получение глицерата меди

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 5-8 капель 10% щелочи и прибавьте к ней 3-4 капли раствора сульфата меди. Какое вещество выпало в осадок? Прибавьте к осадку 2-3 капли глицерина и перемешайте смесь. Что произошло? Изменилась ли окраска в смеси веществ и растворимость их в воде?





## Опыт 2. Получение этилата натрия

*Порядок выполнения работы.*

Налейте на часовое стекло 5-8 капель безводного этилового спирта, а на другое стекло - столько же воды. В середину жидкости положите по маленькому кусочку металлического натрия и сравните активность реакции в обоих случаях. Что выделяется в первой и во второй реакциях? В чем их сходство и различие?

## Опыт 3. Получение фенолята

*Порядок выполнения работы.*

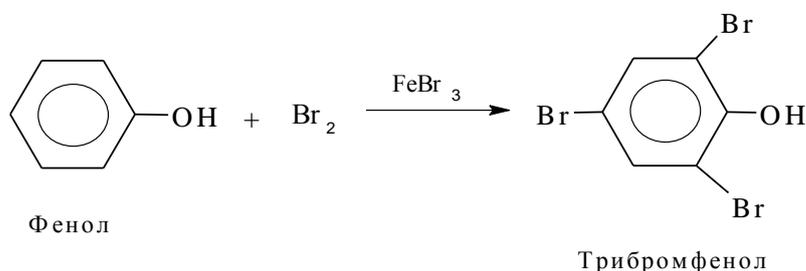
Налейте в пробирку 2-3 капли жидкого фенола и 5-10 капель воды. Перемешайте смесь. Что наблюдается? Добавьте в пробирку несколько капель 10% щелочи, перемешайте смесь. Что происходит? Растворимо ли полученное вещество в воде? Прилейте в пробирку несколько капель HCl. Что наблюдается?

## Опыт 4. Цветные реакции фенолов с хлорным железом

*Порядок выполнения работы.*

Раздельно в каждую из пяти пробирок налейте 5-10 капель разбавленных растворов: фенола, пирокатехина, резорцина, гидрохинона, пирогаллола. Прибавьте во все пробирки по 1-2 капли раствора хлорного железа. Сравните окраску растворов в пробирках.

## Опыт 5. Получение трибромфенола



*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 10-15 капель 1% фенола, а затем при постоянном перемешивании прибавьте по каплям бромную воду. Что наблюдается?

## Опыт 6. Кислотные свойства спиртов

*Порядок выполнения работы.*

Возьмите 4 пробирки и налейте: в первую – 1 мл метилового спирта, во вторую – пропилового, в третью – изоамилового спирта, в четвертую – паль-

митиновую кислоту. Добавьте в каждую из пробирок по одной капле фенолфталеина. Что наблюдается? В каждую из четырех пробирок добавьте по каплям раствор NaOH до появления слабо-розового окрашивания. Результат записать в таблицу:

№	Строение спирта	Количество NaOH
1.	$\text{CH}_3\text{OH}$	
2.	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{OH}$	
3.	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
4.	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	

### Опыт 7. Получение бакелитного лака

*Порядок выполнения работы.*

В фарфоровую чашку налейте 10-15 капель жидкого фенола, 15-20 капель формалина и 5-7 капель HCl. Поставьте чашку в гнездо водяной бани, перемешивайте смесь стеклянной палочкой. Что наблюдается?

### Контрольные вопросы:

1. Приведите реакции образования хелатных соединений из спиртов.
2. Что образуется при взаимодействии этанола с металлическим натрием и раствором NaOH?
3. Какими цветными реакциями можно обнаружить двух- и трехатомные фенолы?
4. Приведите реакции получения фенол-формальдегидных смол – бакелита и карболита.
5. Опишите физические свойства спиртов.

## 3.3 Простые эфиры, тиолы, сульфиды

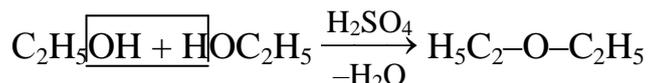
### Краткая теоретическая часть. Основные понятия

*Простые эфиры* – это производные спиртов или фенолов, в молекулах которых атом водорода гидроксильной группы замещен на углеводородный радикал.

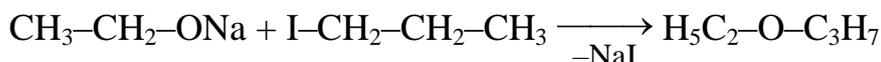


### Способы получения простых эфиров:

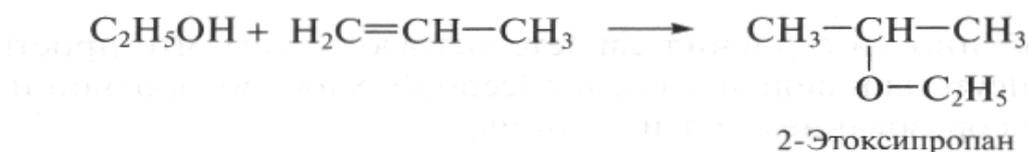
#### 1. Реакция межмолекулярной дегидратации спиртов:



#### 2. Получение из алкоголятов и алкилгалогенидов (синтез Вильямсона):



#### 3. Присоединение алкенов (или алкинов) к спиртам:



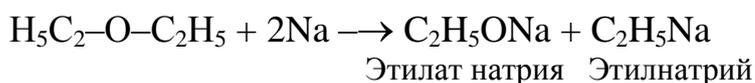
Диметилвый и метилэтиловый эфиры в обычных условиях – газы. Начиная с диэтилового эфира и далее по мере увеличения молекулярной массы вещества представляют собой легколетучие жидкости с характерным запахом.

### Химические свойства простых эфиров:

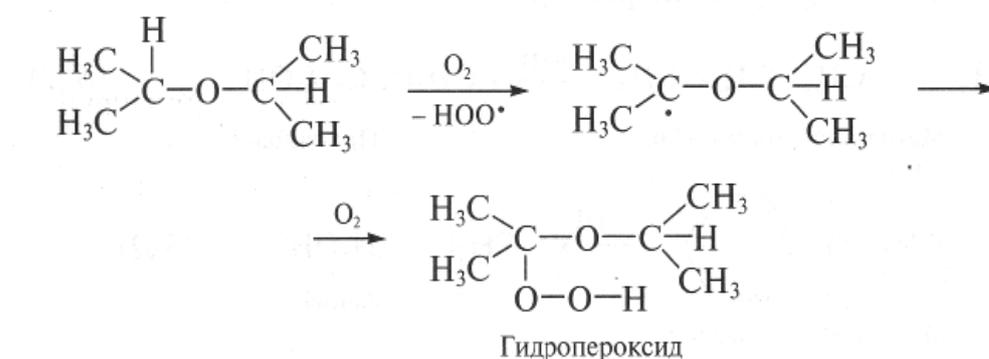
#### 1. Реакция разложения простых эфиров:



#### 2. Металлический натрий при нагревании разлагает простые эфиры (реакция Шорыгина):



#### 3. Реакция окисления:



**Тиолы (меркаптаны)** – это органические соединения, в молекулах которых углеводородный радикал связан с гидросульфидной группой –SH (меркаптогруппой): **R–SH**.

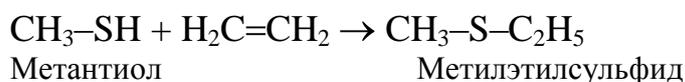
**Сульфиды органические (тиоэфир)** – это органические соединения, которые можно рассматривать как производные сероводорода, в молекуле которого оба атома водорода замещены на углеводородные радикалы **R–S–R'**.

### **Способы получения тиолов и сульфидов:**

**1. Реакция алкилирования** с использованием сульфидов щелочных металлов:



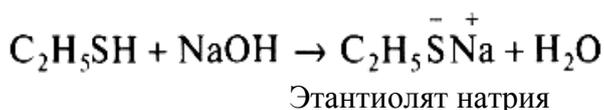
**2. Реакция присоединения тиолов к алкенам** (или алкинам):



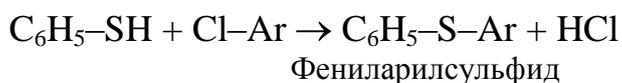
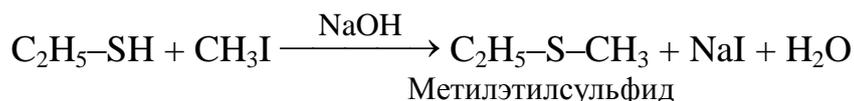
В обычных условиях метантиол – газ, а его гомологи представляют собой жидкости, кипящие при температуре выше 35°C. Все тиолы и сульфиды характеризуются неприятным запахом. Тиолы и сульфиды плохо растворимы в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях.

### **Химические свойства тиолов и сульфидов**

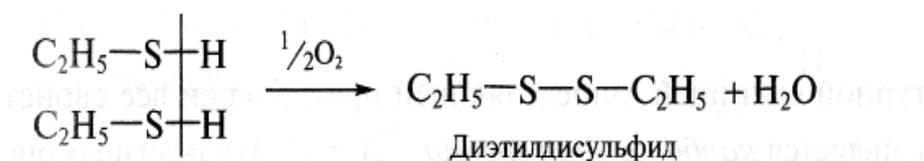
**1. Кислотные свойства:** при взаимодействии с щелочами тиолы образуют растворимые в воде тиоляты:



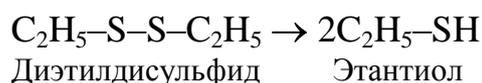
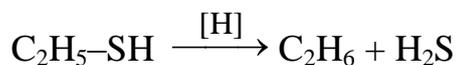
**2. Нуклеофильные свойства:** реакции (арилирования), ацилирования:



### 3. Реакции окисления:



### 4. Реакции восстановления:



## Учебно-исследовательская лабораторная работа

### Тема: Получение и реакционная способность простых эфиров, сульфидов и тиолов

**Цель работы:** сформировать понятия о строении и свойствах тиолов и простых эфиров.

**Оборудование и реактивы:** водяная баня, песчаная баня, пробирки, дистиллированная вода, этилсерная кислота, 40% этиловый спирт, диэтиловый эфир, тиомочевина, 0,5 н раствор KI, 0,5% раствор крахмала, бензол, фенол, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (конц.), анилин, сульфосалициловая кислота, 20 % раствор FeCl<sub>3</sub>, ацетат натрия, раствор аммиака, белый стрептоцид, HNO<sub>3</sub> (конц.), 20 % раствор BaCl<sub>2</sub>.

#### Опыт 1. Получение диэтилового эфира

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 10 капель этилсерной кислоты и нагрейте её до начала кипения (*осторожно, кислота!*). К горячему веществу прибавьте несколько капель этилового спирта и обратите внимание на запах паров получившегося вещества.

#### Опыт 2. Определение доброкачественности диэтилового эфира

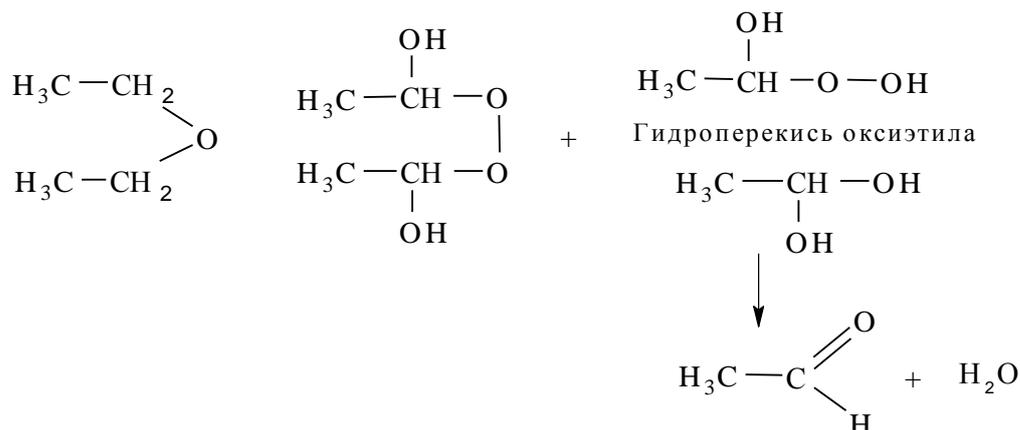
*Порядок выполнения работы.*

Для открытия перекисей налейте в пробирку 3-4 капли эфира. Добавьте к нему 1 каплю 0,5 н KI и взболтайте содержимое пробирки. При наличии перекисных соединений йодид калия окисляется с выделением свободного йода. Выделившийся йод растворяется лучше в эфире, чем в воде, и поэтому при взбалтывании извлекается из водного раствора эфиром, окрашивая его в желтый цвет (признак наличия перекиси эфира).

Если окраска трудно различима, то следует добавить в пробирку 2 капли

0,5% крахмала. При этом возникает синее окрашивание от взаимодействия крахмала с йодом.

*Ход реакции:*



### Опыт 3. Сульфирование бензола

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 3-4 капли бензола и 5-7 капель концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Пробирку поместите в кипящую водяную баню и периодически перемешивайте содержимое. Обратите внимание на постепенное исчезновение двух слоев жидкостей.

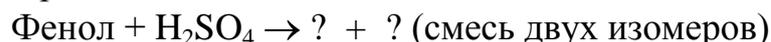
В конце прибавьте 1 мл воды. Растворим ли в воде бензол и полученное вещество?



### Опыт 4. Сульфирование фенола

*Порядок выполнения работы.*

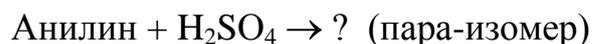
Налейте 2 капли жидкого фенола и прибавьте 3-5 капель концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Растворим ли фенол в кислоте? Содержимое пробирки периодически перемешивайте и наблюдайте за изменением смеси. Что наблюдается? В конце опыта в пробирку прибавьте 1 мл воды и обратите внимание на растворимость вещества в воде. Что наблюдается?



### Опыт 5. Сульфирование анилина

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 1-2 капли анилина и 2-3 капли концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Смесь поместите в горячую песчаную баню на несколько минут. В конце опыта охладите на воздухе и затем прилейте около 0,5 мл воды и нагрейте. Что наблюдается?



**Опыт 6. Цветные реакции сульфосалициловой кислоты**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 3-5 капель раствора сульфосалициловой кислоты, прибавьте 1-2 капли раствора  $\text{FeCl}_3$ . Что наблюдается? Добавьте несколько капель ацетата натрия. Прилейте несколько капель раствора аммиака. Что наблюдается? Какая функциональная группа образует окрашенное соединение с  $\text{FeCl}_3$ ? Запишите формулу сульфосалициловой кислоты.

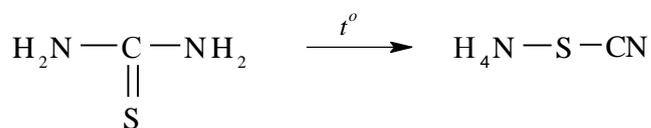
**Опыт 7. Обнаружение серы в белом стрептоциде**

*Порядок выполнения работы.*

Щепотку белого стрептоцида (или кусочек таблетки) поместите в пробирку, прибавьте 5-6 капель концентрированной  $\text{HNO}_3$  и нагрейте смесь веществ. Затем прилейте 5-6 капель  $\text{BaCl}_2$ . Что наблюдается? Запишите формулу белого стрептоцида.

**Опыт 8. Частичная изомеризация тиомочевины**

При нагревании тиомочевины:



*Порядок выполнения работы.*

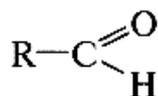
Маленькую щепотку тиомочевины нагрейте до плавления, а затем охладите на воздухе, добавьте 5-6 капель  $\text{H}_2\text{O}$  и 1-2 капли  $\text{FeCl}_3$ . Что наблюдается?

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите способы получения диэтилового эфира.
2. Каким образом можно определить чистоту полученного эфира.
3. Назовите продукты реакций сульфирования бензола, фенола, анилина.
4. Какой реакцией можно доказать наличие серы в белом стрептоциде?
5. Напишите реакцию синтеза простых эфиров по Вильямсону.

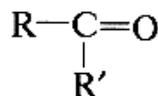
**3.4 Альдегиды и кетоны****Краткая теоретическая часть. Основные понятия**

**Альдегиды** – это оксосоединения, в которых карбонильная группа связана с углеводородным радикалом и атомом водорода.



Альдегид

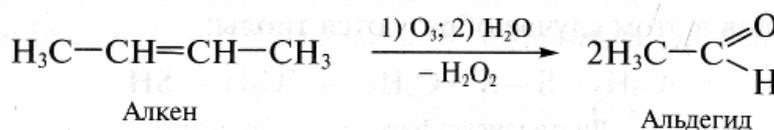
**Кетоны** – это оксосоединения, в которых карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами.



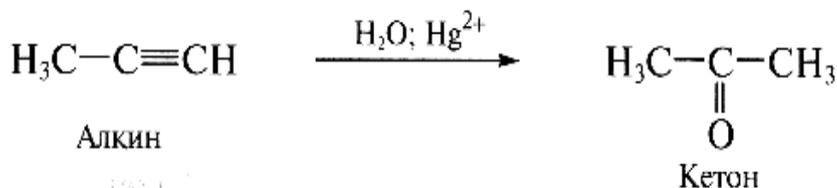
Кетон

### Способы получения альдегидов и кетонов:

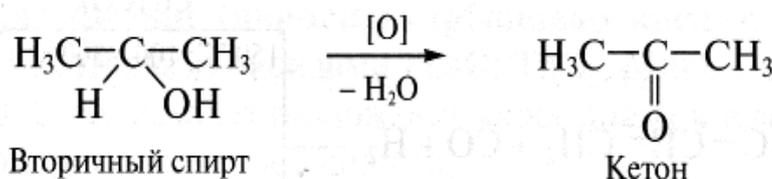
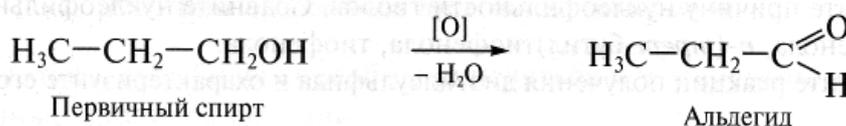
#### 1. Окисление алкенов:



#### 2. Гидратация алкинов:

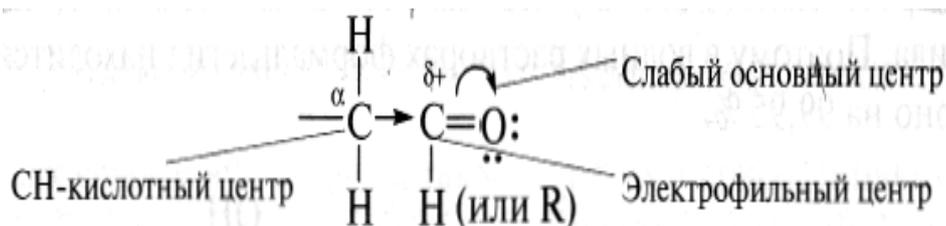


#### 3. Окисление спиртов:

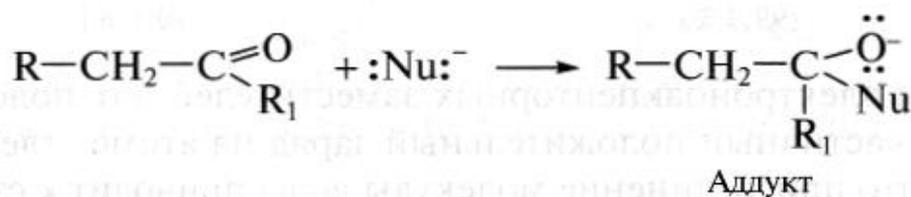


Низшие альдегиды и кетоны за исключением формальдегида (газ) представляют собой жидкости, температуры кипения которых значительно ниже, чем соответствующих спиртов. Формальдегид, ацетальдегид, ацетон хорошо растворимы в воде. Высшие альдегиды и кетоны хорошо растворяются в этаноле, диэтиловом эфире, хлороформе. Формальдегид и ацетальдегид имеют резкий запах, у альдегидов  $\text{C}_3\text{-C}_6$  отмечается неприятный запах, а для высших альдегидов характерен приятный цветочный запах.

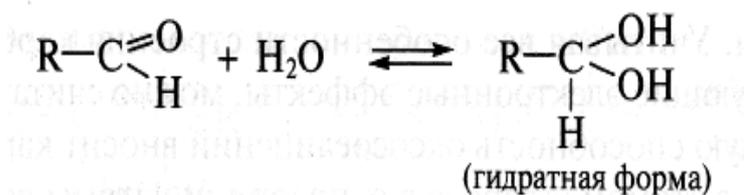
## Химические свойства альдегидов и кетонов



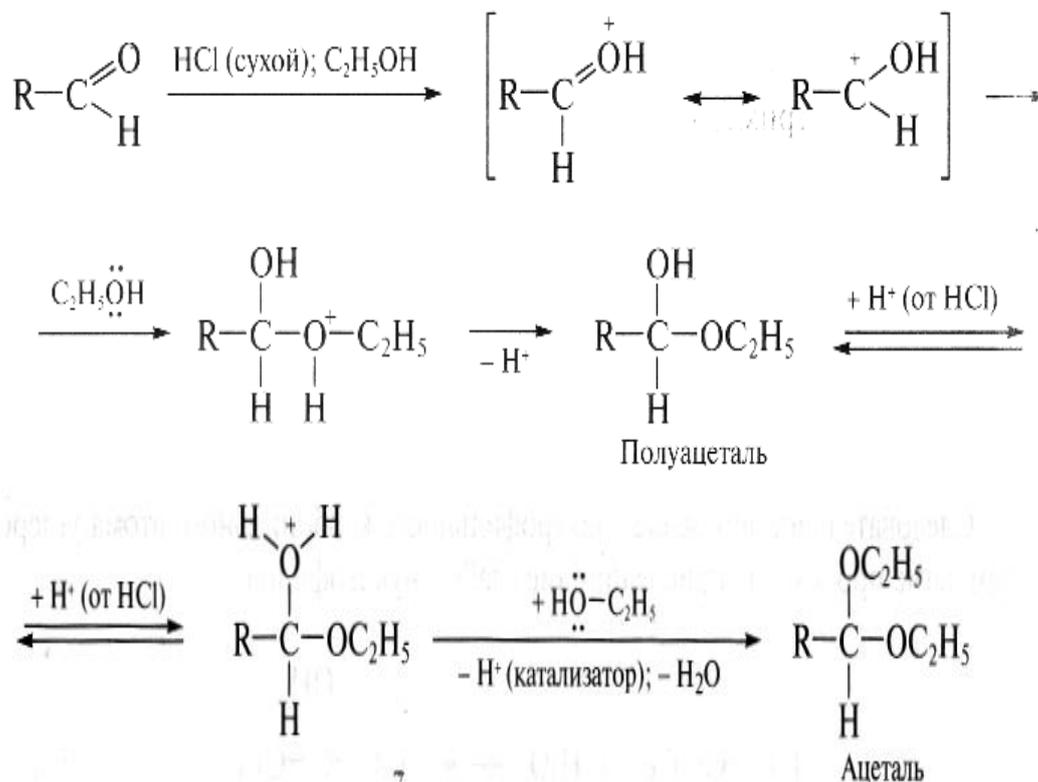
### Механизм реакции нуклеофильного присоединения:



#### 1. Реакция гидратации:

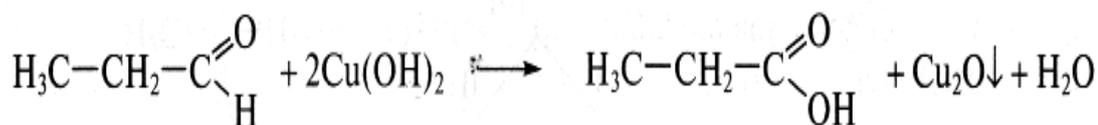


#### 2. Реакция ацетализации:

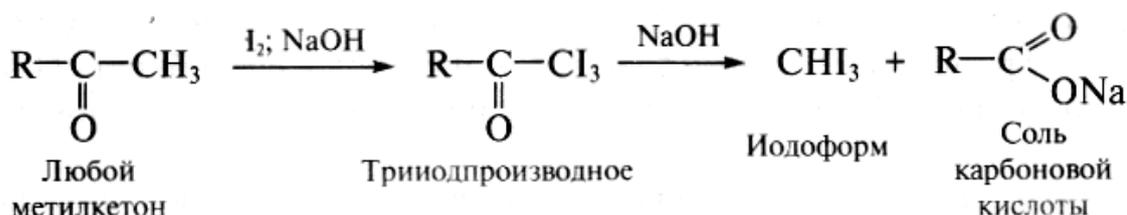




б) реактивом Фелинга – реакция «медного зеркала»:



7. Галоформная реакция:



## Учебно-исследовательская лабораторная работа

### Тема: Получение и реакционная способность карбонильных соединений – альдегидов и кетонов

**Цель работы:** сформировать знания химических свойств карбонильных соединений для понимания их реакционной способности в биологических системах.

**Оборудование и реактивы:** пробирки, спиртовка, песчаная баня, электрическая плитка, асбестовая сетка, медная проволока, фарфоровый тигель, предметное стекло, микроскоп, дистиллированная вода, формалин, нашатырный спирт, метанол, параформ, паральдегид, гидросульфат натрия, глицерин, 20% раствор NaOH, 10% раствор CuSO<sub>4</sub>, раствор аммиаката серебра, бензальдегид, безводный уксуснокислый кальций, ацетон, нитропруссид натрия, раствор йода, фенилгидразин, 20% раствор ацетата натрия, хинон, раствор йодистого калия, 10% раствор серной кислоты, 20% раствор крахмала.

#### Опыт 1. Получение муравьиного альдегида

*Порядок выполнения работы.*

Конец медной проволоки, свернутой в комочек или спиралькой, нагрейте в пламени горелки. Какое вещество получается на поверхности проволоки при прокаливании? Налейте в пробирку 8-10 капель метилового спирта и опустите в него нагретый комочек проволоки. Что наблюдается? Почему изменяется цвет медной проволоки?

**Опыт 2. Свойства параформа**

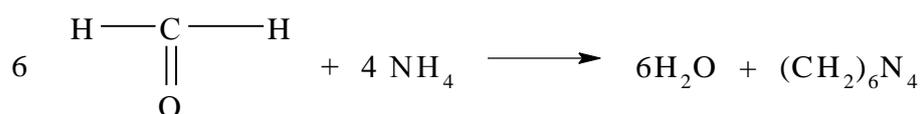
*Порядок выполнения работы.*

Крупинку параформа положите в сухую пробирку и нагрейте. Что происходит с веществом? Какой ощущается запах? Что накапливается на холодных стенках пробирки?

**Опыт 3. Свойства паральдегида**

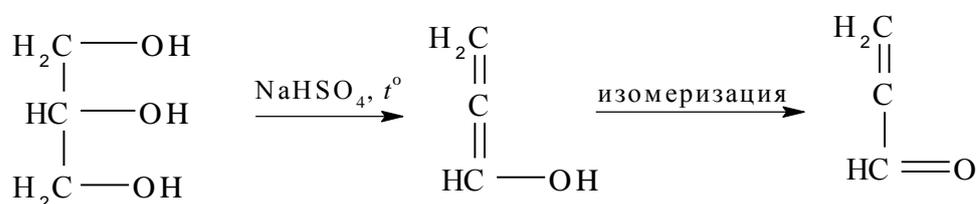
*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку около 1 мл воды и 1-2 капли паральдегида. Смесь перемешайте, затем нагрейте и сразу же добавьте несколько капель раствора серной кислоты. Обратите внимание на запах паров образующегося вещества.

**Опыт 4. Получение уротропина**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в фарфоровый тигель 1 мл формалина и 1-2 мл крепкого нашатырного спирта (гидроксид аммония). Поставьте тигель на асбестовую сетку слабо нагретой электропечи (в вытяжном шкафу) и выпарьте жидкую смесь. К концу опыта, когда появится потрескивание белого осадка в тигле и частичное разбрызгивание его, снимите тигель с печки и оставьте в шкафу для остывания. После охлаждения тигля обратите внимание на вид и запах полученного вещества. Прилейте в тигель воды. Растворяется ли вещество в воде?

**Опыт 5. Получение акролеина**

*Порядок выполнения работы.*

В фарфоровый тигель поместите 2 капли глицерина и щепотку кристаллического гидросульфата натрия. Нагрейте смесь в пламени горелки до начала обугливания части смеси. Какой ощущается запах (*нюхать осторожно!*)?

**Опыт 6. Окисление альдегидов гидроксидом меди**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 5 капель раствора формалина, затем 5 капель раствора NaOH и 2 капли CuSO<sub>4</sub>, перемешайте и нагрейте до кипения. Что наблюдается? Результаты поясните.

**Опыт 7. Окисление альдегидов окисью серебра**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 10-12 капель разбавленного раствора аммиака серебра, одну каплю раствора щелочи и 1-2 раствора формалина. Слабо нагрейте смесь. Что наблюдается? Все ли серебро осаждается на стенке пробирки в виде зеркала?

**Опыт 8. Окисление бензойного альдегида**

*Порядок выполнения работы.*

Стеклянной палочкой, вставленной в пробку склянки с бензойным альдегидом, нанесите тонкую полоску альдегида на предметное стекло. Оставьте стекло на лабораторной полке для окисления вещества кислородом воздуха. Через некоторое время обратите внимание на пятна на стекле. Посмотрите под микроскопом кристаллы появившегося вещества.

**Опыт 9. Получение ацетона из ацетата кальция**

*Порядок выполнения работы.*

Несколько крупинок безводного уксуснокислого кальция поместите в сухую пробирку и нагрейте соль. Обратите внимание на появление маленьких капель жидкости на холодных стенках пробирки и ее запах.

**Опыт 10. Цветная проба на ацетон нитропруссидом натрия**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку около 1 мл разбавленного ацетона, прибавьте 2-3 капли нитропруссида натрия ( $\text{Na}[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ ) и 3-5 капель щелочи. В какой цвет окрашивается раствор?

**Опыт 11. Йодоформная проба на ацетон (проба Либена)**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 5-10 капель разбавленного ацетона, 4-5 капель раствора йода. Смесь перемешайте и добавьте к ней несколько капель щелочи. Что наблюдается? Какой ощущается запах?

**Опыт 12. Получение фенилгидразона**

*Порядок выполнения работы.*

Одну каплю фенилгидразина поместите на стекло, прибавьте каплю 20%-ного ацетата натрия и одну каплю бензойного альдегида. Смесь перемешайте стеклянной палочкой. Что наблюдается?

**Опыт 13. Окислительные свойства хинона**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку около 1 мл раствора йодистого калия, прибавьте 3-5 капель 10%-ного раствора серной кислоты и 5-8 капель раствора крахмала. Как изменился цвет в смеси растворов? Какое вещество появилось в смеси? Добавьте к смеси 1-2 кристаллика хинона и перемешайте смесь. Что наблюдается?

**Контрольные вопросы:**

1. Укажите, какие продукты образуются при нагревании параформа и паральдегида.
2. Назовите способ получения уротропина.
3. Какими качественными реакциями можно обнаружить формальдегид?
4. Какие продукты получаются в результате галоформной реакции на ацетон?
5. Напишите реакцию окисления альдегидов реактивом Толленса и укажите, какое тривиальное название она имеет?

**3.5 Карбоновые кислоты****Краткая теоретическая часть. Основные понятия**

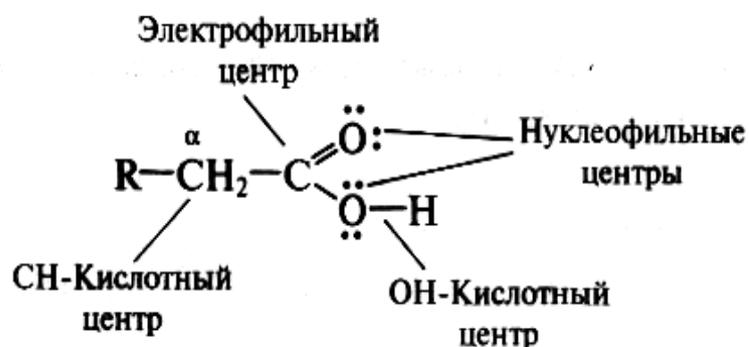
**Карбоновые кислоты** – это производные углеводородов, в молекулах которых содержится одна или несколько карбоксильных групп –COOH. По числу карбоксильных групп различают монокарбоновые, дикарбоновые, трикарбоновые кислоты и т. д. По строению углеводородного радикала карбоновые кислоты классифицируют на алифатические, алициклические, ароматические и гетероциклические.

**Способы получения карбоновых кислот:**

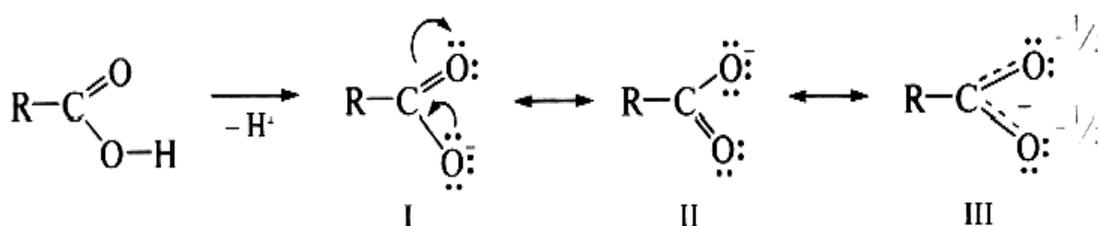
- окисление алканов
- окисление алкенов
- окисление алкинов
- окисление первичных спиртов
- окисление альдегидов и кетонов
- галоформное расщепление метилкарбонильных соединений
- реакции карбонилирования непредельных углеводородов
- реакции гидролиза тригалогенопроизводных
- реакции гидролиза сложных эфиров

Четыре первых представителя гомологического ряда предельных монокарбоновых кислот представляют собой летучие жидкости, смешивающиеся с водой в любых соотношениях. Изомасляная кислота, а также кислоты C<sub>5</sub>–C<sub>9</sub> представляют собой маслянистые жидкости, плохо растворимые в воде. Кислоты C<sub>10</sub> (и выше) в воде практически не растворяются. Ароматические кислоты - кристаллические вещества, по-разному растворимы в воде. Температуры кипения карбоновых кислот значительно выше, чем соответствующих спиртов и альдегидов, что объясняется более прочными межмолекулярными водородными связями.

## Химические свойства карбоновых кислот



### Кислотные свойства карбоновых кислот:

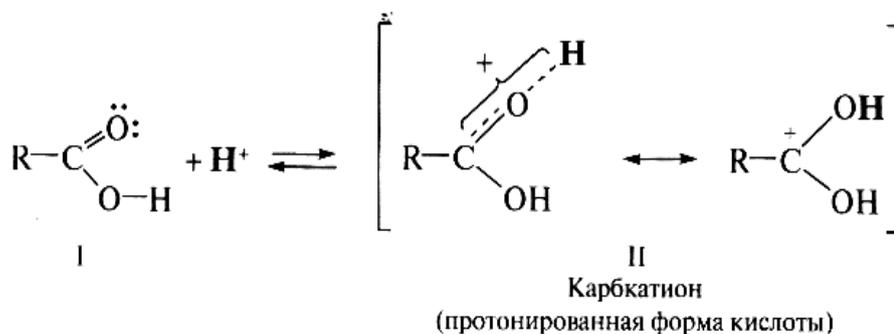


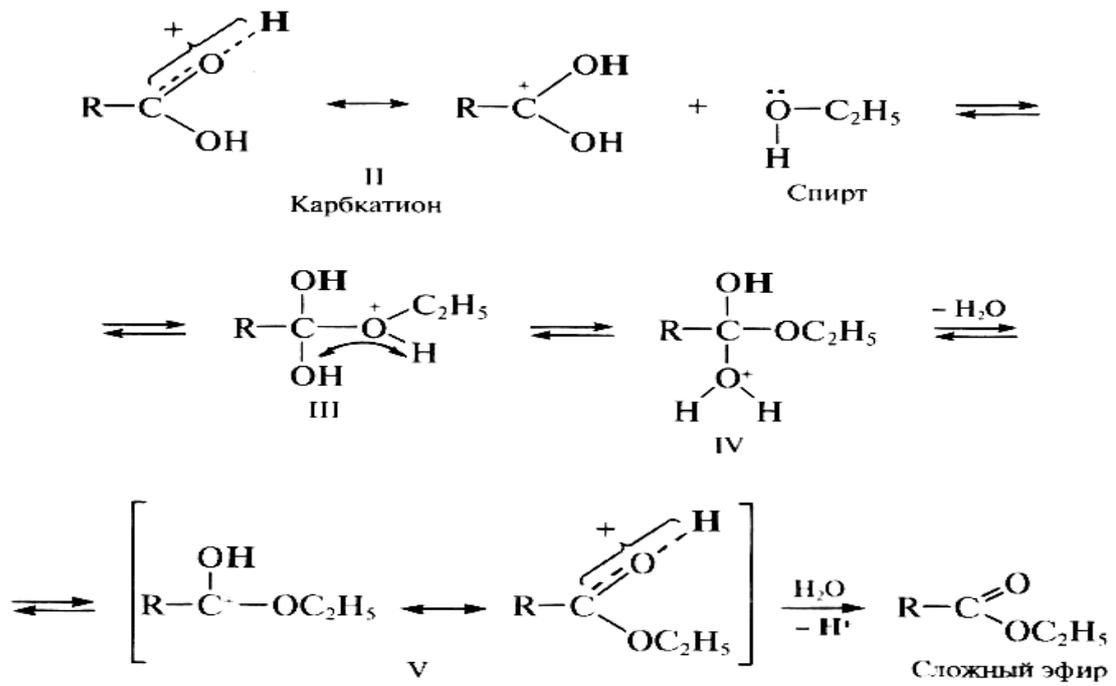
Степень диссоциации карбоновых кислот зависит от разных факторов:

- наибольшая степень диссоциации характерна для водных растворов;
- в апротонных неполярных растворителях карбоновые кислоты практически недиссоциированы;
- наличие электроноакцепторных заместителей в  $\alpha$ -положении увеличивает кислотность.

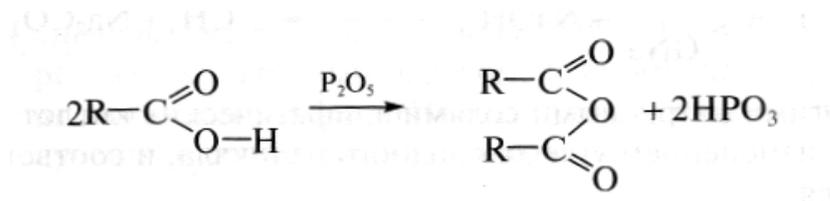
## Реакции нуклеофильного замещения $S_N$

### 1. Реакции образования сложных эфиров:

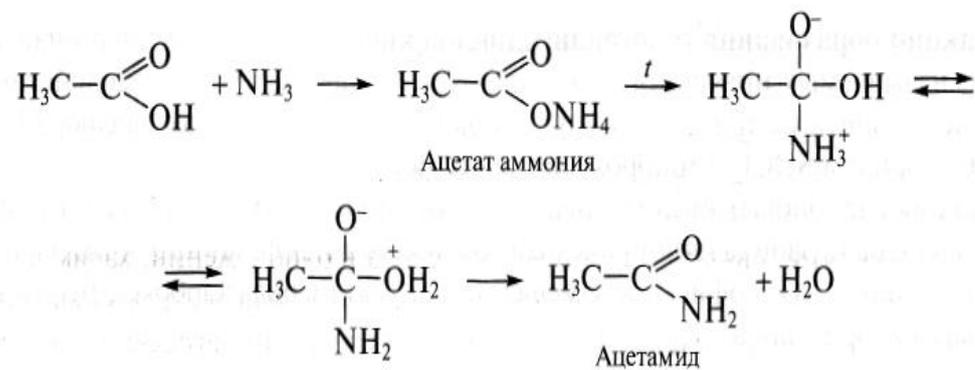




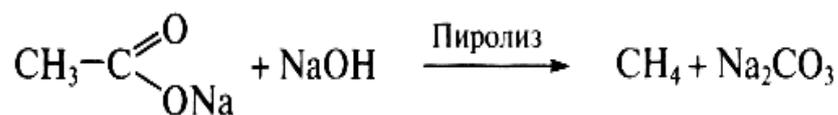
## 2. Реакции образования ангидридов кислот:



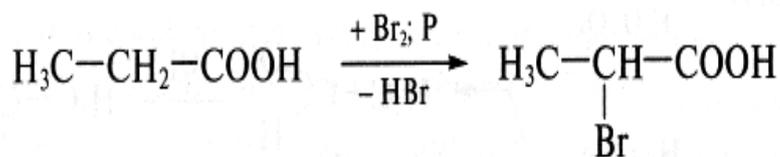
## 3. Реакции образования амидов кислот:



## 4. Реакции декарбоксилирования:



## 5. Реакции галогенирования:



### Учебно-исследовательская лабораторная работа

#### Тема: Реакционная способность карбоновых кислот

**Цель работы:** сформировать знание закономерностей и особенностей химических свойств карбоновых кислот и их производных, обуславливающих протекание ряда биологических процессов.

**Оборудование и реактивы:** пробирки, песчаная баня, спиртовка, дистиллированная вода, фенолфталеин, 10% раствор NaOH, 40 % этиловый спирт, фенол, формалин, уксусная кислота, щавелевая кислота, 10 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 20% раствор ацетата натрия, бензойная кислота, стеариновая кислота, олеиновая кислота, бромная вода, KMnO<sub>4</sub>, муравьиная кислота, оксалат натрия.

#### Опыт 1. Ионизация кислот в водных растворах

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 5-8 мл воды, прибавьте 2-3 капли спиртового раствора фенолфталеина. Что наблюдается? Какая среда в жидкости?

Прибавьте в пробирку только одну каплю разбавленного раствора щелочи. Что наблюдается? Какая среда в этом растворе?

Разделите полученную окрашенную жидкость на семь пробирок. Первую из них оставьте для сравнения – контрольная. Во вторую прибавьте 1-2 капли спирта, в третью – разбавленного раствора фенола, в четвертую – столько же разбавленного формалина, в пятую – 1-2 капли раствора уксусной кислоты, в шестую – раствор щавелевой кислоты, а в седьмую – 1-2 капли разведенной соляной, или серной кислот. Сравните окраску во всех пробирках. Объясните причину изменения цвета индикатора в одних случаях и отсутствия изменений в других.

#### Опыт 2. Свойства летучих кислот

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 3-5 капель 5% раствора уксусной кислоты. Обладает ли летучестью и запахом кислота? Прибавьте каплю фенолфталеина и затем нейтрализуйте кислоту несколькими каплями 10% раствора щелочи. Обладает

ли летучестью и запахом полученная соль?

Повторите опыт в другом варианте: налейте в пробирку 3-5 капель 20% раствора ацетата натрия. Обладает ли летучестью и запахом данная соль? Прибавьте в пробирку 4-5 капель 10% раствора серной кислоты и нагрейте смесь до кипения. Ощущается ли запах в парах горячей смеси?

### **Опыт 3. Свойства нерастворимых в воде кислот**

*Порядок выполнения работы.*

Положите в пробирку маленький кусочек стеариновой, или пальмитиновой кислоты. В другую пробирку внесите примерно столько же бензойной кислоты. Прибавьте в обе пробирки по 15-20 капель воды. Растворяются ли кислоты в воде на холоде?

Нагрейте жидкости в пробирках до кипения. Растворяются ли эти вещества в воде при нагревании? Прибавьте в обе пробирки по 5-10 капель 10% раствора щелочи, перемешайте и снова нагрейте. Что наблюдается в горячих растворах и после их охлаждения? Растворяются ли соли этих кислот в воде? Прибавьте в обе пробирки 10% раствор серной кислоты. Что теперь наблюдается?

### **Опыт 3. Свойства непердельных кислот**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку около 2 мл воды и 1-2 капли олеиновой кислоты. Смесь интенсивно перемешайте и отлейте половину ее в другую пробирку. В одну из пробирок прибавьте 5-7 капель 10% раствора щелочи и нагрейте смесь. Что наблюдается при нагревании и перемешивании веществ в пробирке? В другую пробирку прибавьте 5-7 капель бромной воды и перемешайте смесь. Что наблюдается?

### **Опыт 4. Окисление муравьиной кислоты**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 5-7 капель раствора муравьиной кислоты, примерно столько же 10% раствора серной кислоты и 5-7 капель  $\text{KMnO}_4$ . Перемешайте смесь и нагрейте ее. Что наблюдается?

### **Опыт 5. Окисление олеиновой кислоты**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 1-2 мл воды, прибавьте одну каплю олеиновой кислоты. Растворяется ли она в воде? Прибавьте 3-5 капель  $\text{KMnO}_4$  и интенсивно перемешайте смесь. Что наблюдается?

### **Опыт 6. Окисление щавелевой кислоты**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 5-7 капель раствора щавелевой кислоты, примерно столько же 10% раствора серной кислоты и 5-7 капель  $\text{KMnO}_4$ . Перемешайте смесь и нагрейте ее. Что наблюдается? Добавьте еще несколько капель

$\text{KMnO}_4$ . Что происходит? Повторите тот же опыт с оксалатом натрия (калия, или аммония). Объясните причину реакции с солью щавелевой кислоты.

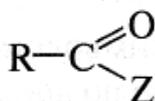
### Контрольные вопросы:

1. Укажите, обладают ли летучестью и запахом соли уксусной кислоты.
2. Растворимы ли в воде насыщенные жирные кислоты и их соли? Ответ поясните.
3. Какие соединения образуются при окислении непредельных жирных кислот.
4. Подвергаются ли окислению муравьиная и щавелевая кислоты? Если да, то какие продукты окисления при этом получаются.
5. Приведите классификацию карбоновых кислот по числу карбоксильных групп и углеводородных радикалов.

## 3.6 Производные карбоновых кислот

### Краткая теоретическая часть. Основные понятия

**Функциональные производные карбоновых кислот** – это органические соединения, полученные путем замещения  $\text{OH}$ -группы карбоксила кислоты на нуклеофильный заместитель. Общая формула функциональных производных карбоновых кислот:

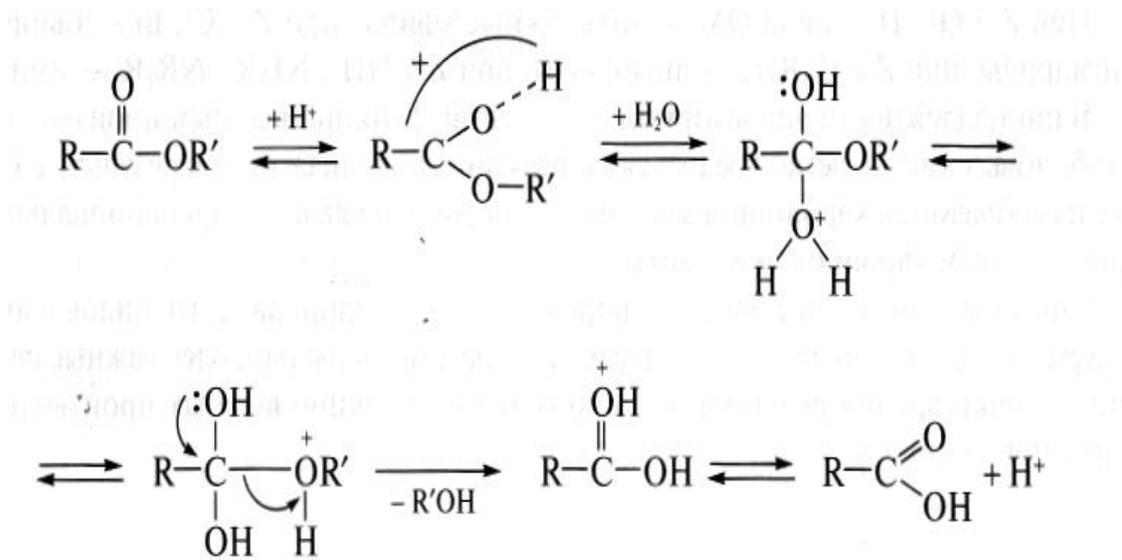


**Сложные эфиры** представляют собой жидкости. Они обладают приятным запахом, напоминающим фруктовый. В воде сложные эфиры растворяются очень мало или совсем не растворяются. Температуры кипения сложных эфиров значительно ниже, чем соответствующих карбоновых кислот. Это объясняется отсутствием межмолекулярных водородных связей.

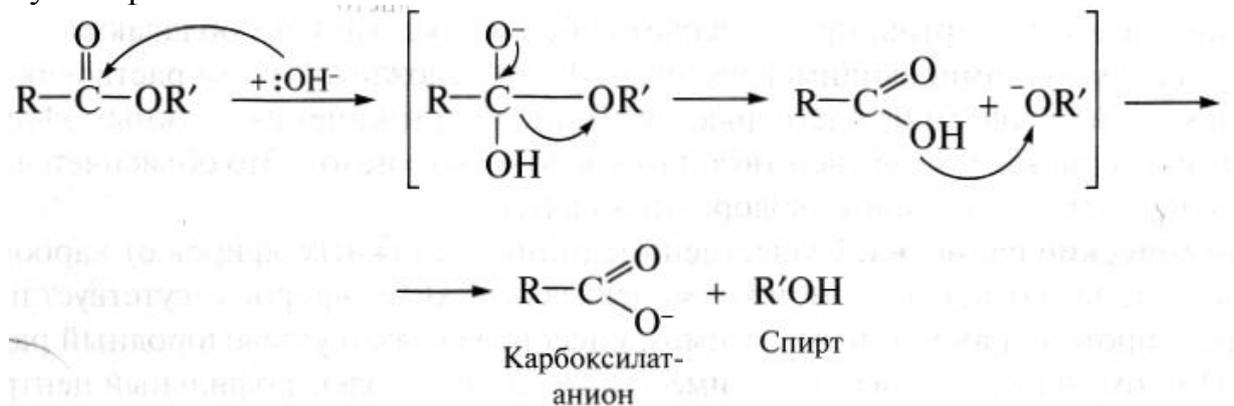
### Химические свойства

Для сложных эфиров характерны **реакции нуклеофильного замещения  $S_N$** .

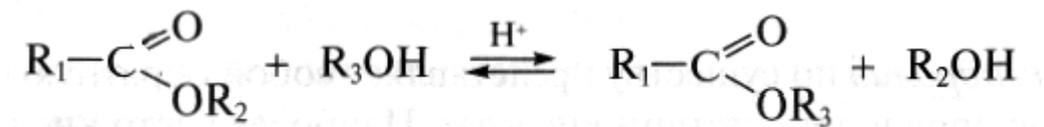
### 1. Кислотный гидролиз:



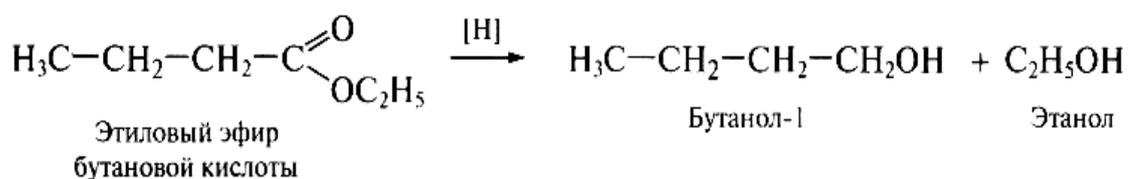
**2. Щелочной гидролиз** в отличие от кислотного гидролиза необратим, поскольку приводит к образованию солей, которые устойчивы к действию нуклеофилов:



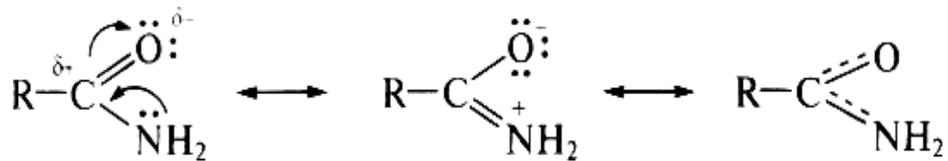
### 3. Реакции переэтерификации:



### 4. Реакции восстановления:

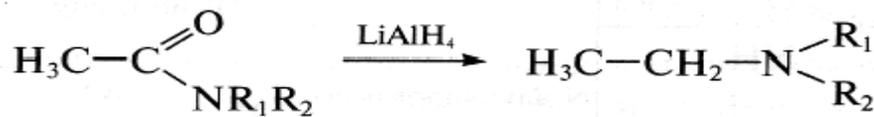


## Амиды карбоновых кислот:

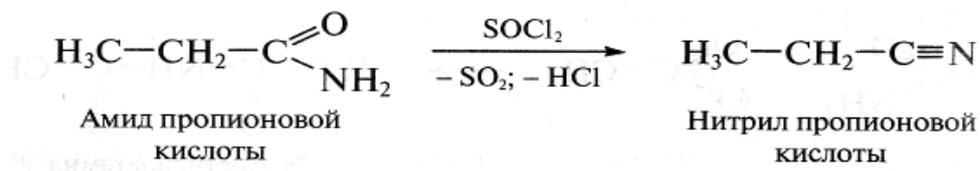


### Химические свойства

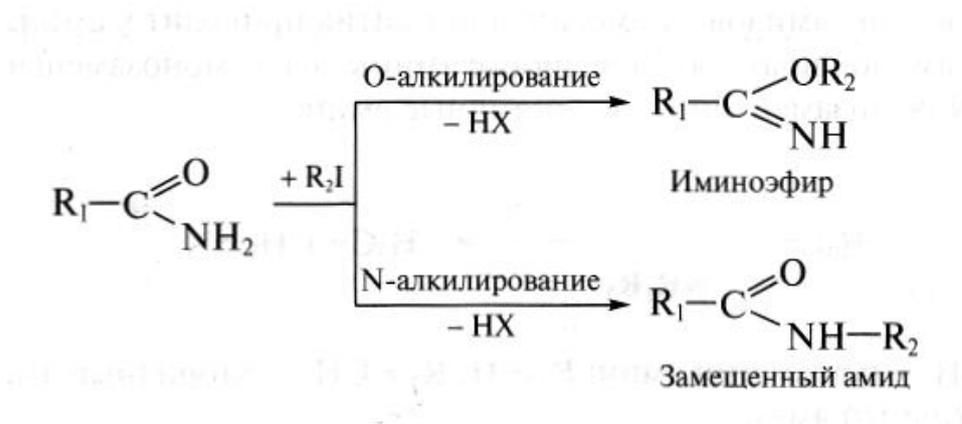
#### 1. Реакция восстановления амидов:



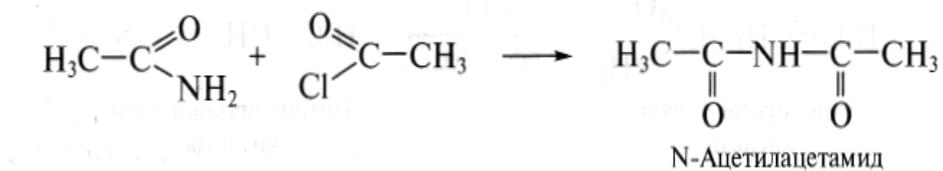
#### 2. Реакция дегидратации:



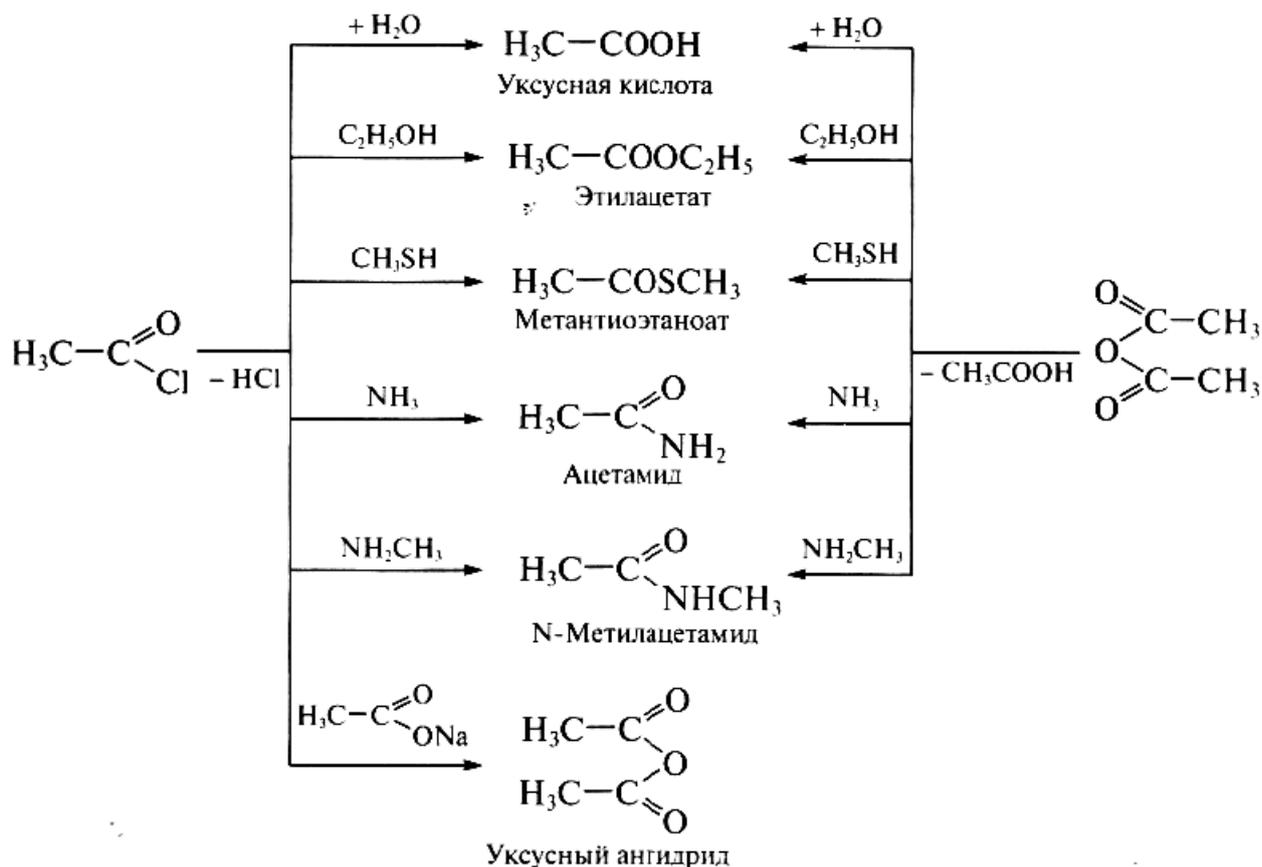
#### 3. Реакция алкилирования амидов:



#### 4. Реакция ацилирования амидов:



## Галогенангидриды и ангидриды карбоновых кислот:



## Учебно-исследовательская лабораторная работа

### Тема: Получение и реакционная способность производных карбоновых кислот

**Цель работы:** сформировать знание особенностей химических свойств производных карбоновых кислот, обуславливающих протекание ряда биологических процессов.

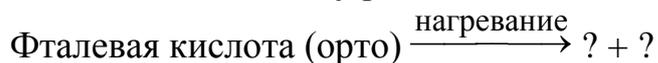
**Оборудование и реактивы:** пробирки, песчаная баня, спиртовка, фарфоровый тигель, дистиллированная вода, фталевая кислота,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.), 10% раствор  $\text{NaOH}$ , фенол, фталевый ангидрид, резорцин, уксусная кислота (конц.), 40% этанол, изоамиловый спирт, бензойная кислота, растительное масло, сода, желчь, спиртово-эфирная смесь, бромная вода, нитрит натрия, животный жир, гидросульфат натрия (или калия), раствор мыла.

#### Опыт 1. Превращение кислоты в ангидрид

*Порядок выполнения работы.*

Поместите в сухую пробирку щепотку фталевой кислоты и, нагревая ее, обратите внимание на образование ангидрида и его сублимацию. Запишите

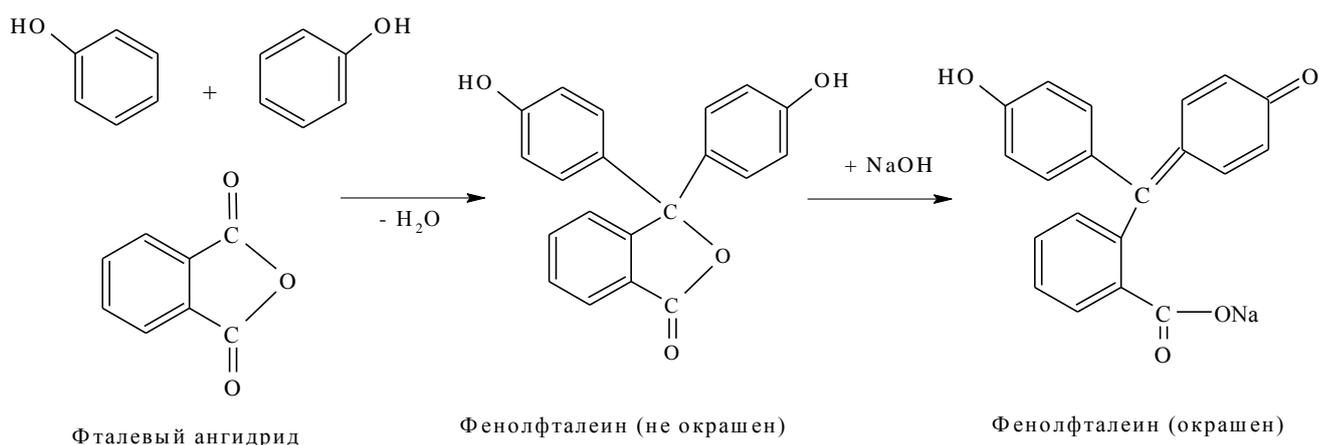
результаты опыта и схему реакции:



## Опыт 2. Получение фенолфталеина

*Порядок выполнения работы.*

К полученному в предыдущем опыте фталевому ангидриду прибавьте 1-2 капли жидкого фенола и 3-4 капли серной кислоты. Нагрейте смесь до получения красного цвета, затем охладите пробирку на воздухе. После этого прибавьте в пробирку 2-3 мл воды. Что наблюдается? Прилейте в пробирку 1-3 мл 10%-ного раствора щелочи и смесь перемешайте. Что наблюдается? Запишите результаты опыта и схемы реакций получения фенолфталеина и взаимодействия его со щелочью.



## Опыт 3. Получение уксусноэтилового эфира (этилацетата)

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 3-5 капель концентрированной уксусной кислоты, 5-8 капель этилового спирта и 3-4 капли концентрированной серной кислоты. Смесь перемешайте, нагрейте до начала кипения и вылейте в стакан с водой. Каким запахом обладает полученный эфир?

*Схема реакции:*



## Опыт 4. Получение уксусноизоамилового эфира (изоамилацетата)

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 3-5 капель концентрированной уксусной кислоты, 5-8 капель изоамилового спирта и 3-4 капли концентрированной серной кислоты. Смесь перемешайте, слегка нагрейте, не допуская побурения, и вылейте в стакан с водой. Каким запахом обладает полученный эфир? Что плавает на поверхности воды?

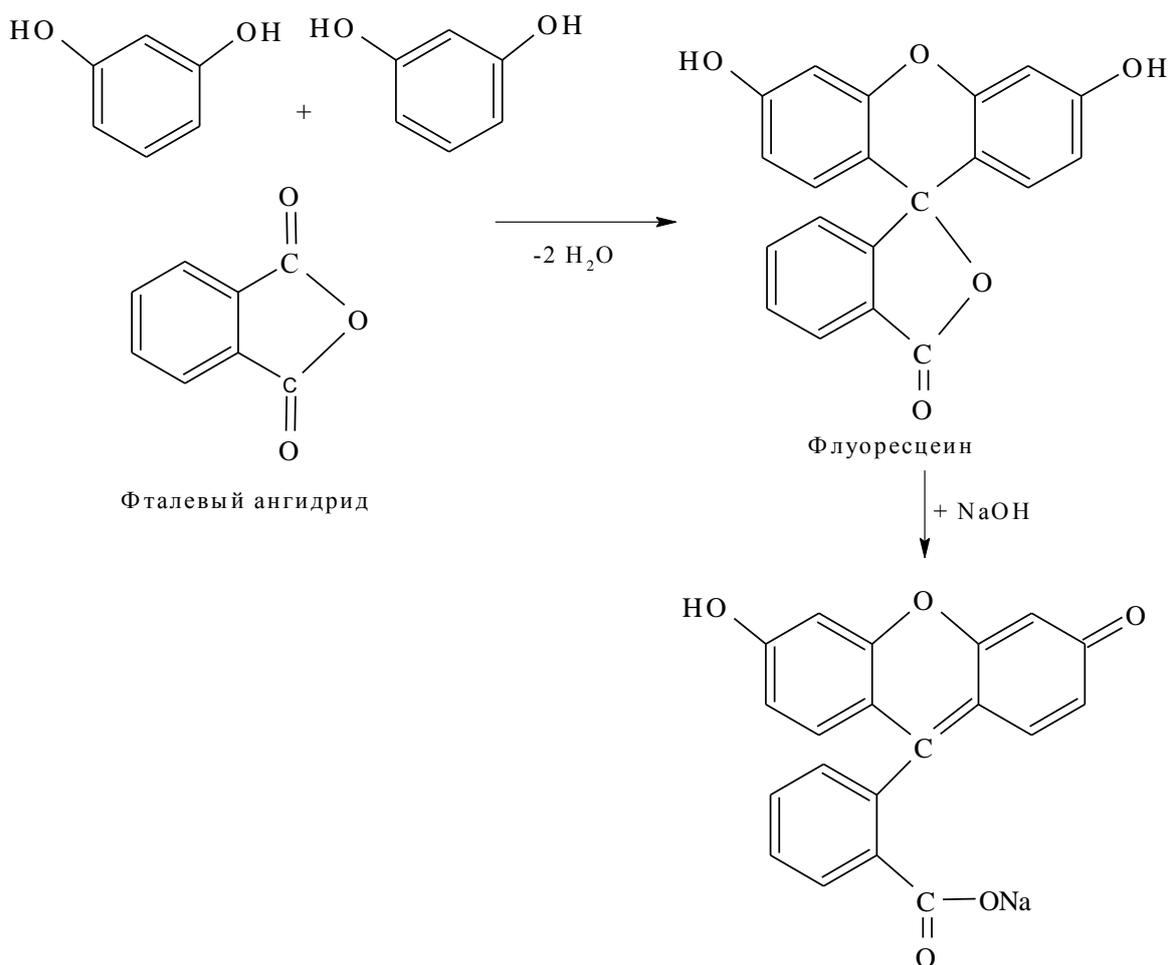
Схема реакции:



### Опыт 5. Получение флуоресцеина

*Порядок выполнения работы.*

Поместите в пробирку щепотку фталевого ангидрида, прибавьте столько же резорцина и 3-4 капли концентрированной серной кислоты (**осторожно!**). Нагрейте смесь до красного цвета (иногда сверху появляется желтое кольцо). Охладите пробирку на воздухе и осторожно добавьте 2-3 мл 10%-ного раствора щелочи и перемешайте. Налейте в стакан почти доверху воду, вылейте часть раствора из пробирки в стакан с водой. Что наблюдается? Запишите результаты опыта и схему реакции получения флуоресцеина и реакцию его со щелочью.



### Опыт 6. Получение бензойноэтилового эфира (этилбензоата)

*Порядок выполнения работы.*

Внесите в пробирку щепотку бензойной кислоты (около 20-30 мг), 7-10 капель этилового спирта. Растворяется ли кислота в спирте? Прибавьте 4-5 капель концентрированной серной кислоты, смесь перемешайте и нагрейте до кипения. Вылейте содержимое в стакан с водой. Что появляется в стакане?

Обладает ли запахом получившееся вещество?

*Схема реакции:*



### **Опыт 7. Эмульгирование жиров и масел**

*Порядок выполнения работы.*

В пять пробирок налейте по 3-4 мл воды и по одной капле масла. В первую пробирку прибавьте 2-3 капли разбавленной щелочи, во вторую - раствор мыла, в третью - раствор соды, в четвертую - желчи. Пятая остается контрольной. Смеси интенсивно перемешать и сравнить их. Какие вещества являются хорошими эмульгаторами?

### **Опыт 8. Омыление жиров и масел**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в две пробирки по 1 мл воды, по 2 капли масла, а затем в одну из них добавьте 15-20 капель 10%-ного раствора щелочи, а в другую - столько же 10%-ного раствора кислоты. Смеси в обеих пробирках нагрейте до кипения и, непрерывно помешивая, прокипятите несколько минут. Что наблюдается в одном и в другом случаях? Запишите результаты опыта и схему реакции щелочного гидролиза жира (формула произвольная):



### **Опыт 9. Непредельность жиров и масел**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в одну пробирку точно одну каплю растительного масла, а в другую - одну каплю расплавленного жира. Добавьте в обе пробирки растворителя - по 25-30 капель спиртово-эфирной смеси и перемешайте содержимое в пробирках. Добавьте по каплям бромную воду и, постепенно перемешивая жидкости, определите, сколько капель бромной воды потребовалось для насыщения непредельных кислот в пробирке с маслом и в пробирке с жиром. Одинаковы ли получившиеся результаты?

### **Опыт 10. Эллаидиновая проба на олеиновую кислоту**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 4-5 капель растительного масла, 6-8 капель 10%-ного раствора серной кислоты и столько же капель раствора нитрита натрия. Смесь перемешайте (*осторожно!*). Что наблюдается через некоторое время? Запишите результаты опыта и формулы изомеров кислот.

### **Опыт 11. Акролеиновая проба на остаток глицерина в жире**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в фарфоровую лодочку (тигель) 2 капли растительного масла или же 2 капли расплавленного жира, добавьте щепотку гидросульфата натрия (или калия) и нагрейте смесь. Что наблюдается? Появился ли запах акролеина?

Запишите результаты опыта и схему реакции:

Жир, масло (формула произвольная) → акролеин + др. вещества

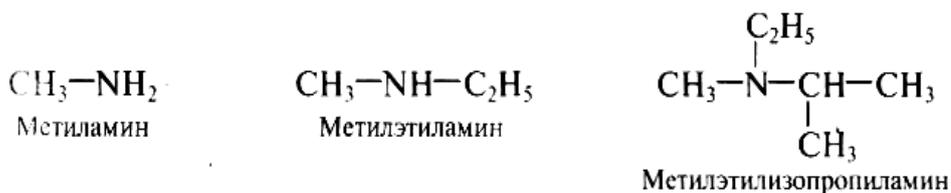
### Контрольные вопросы:

1. Предшественником каких индикаторов является ангидрид фталевой кислоты?
2. Какой катализатор используют в реакции этерификации? Обладает ли запахом полученный продукт.
3. Какими реакциями можно доказать наличие ненасыщенных жирных кислот в составе масел.
4. Для чего используют акролеиновую пробу на жиры.
5. Чем объясняется повышенная температура кипения сложных эфиров?

## 3.7 Амины. Диазосоединения

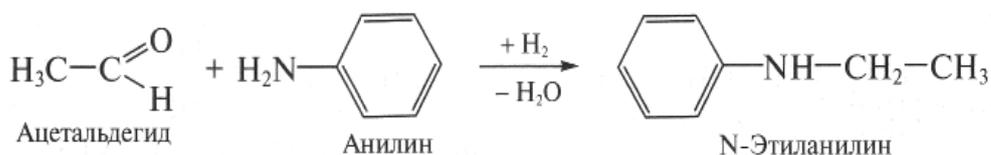
### Краткая теоретическая часть. Основные понятия

**Амины** – это производные аммиака, в молекуле которого атомы водорода замещены на углеводородные радикалы. В зависимости от числа углеводородных радикалов в молекуле различают первичные, вторичные и третичные амины.

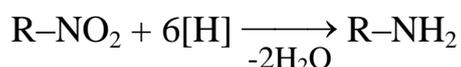


### Способы получения аминов:

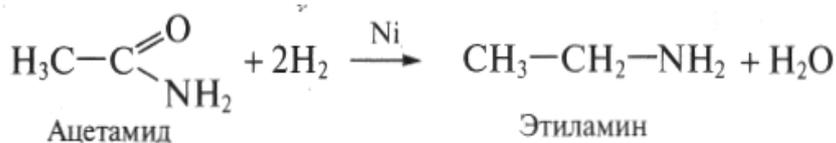
#### 1. Восстановительное аминирование альдегидов или кетонов:



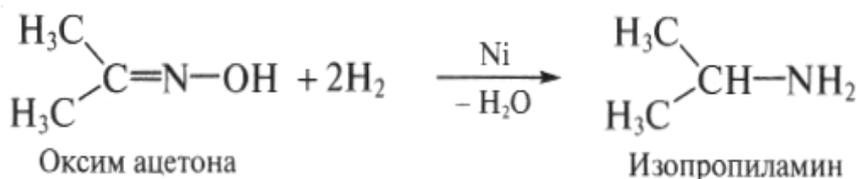
#### 2. Восстановление нитросоединений:



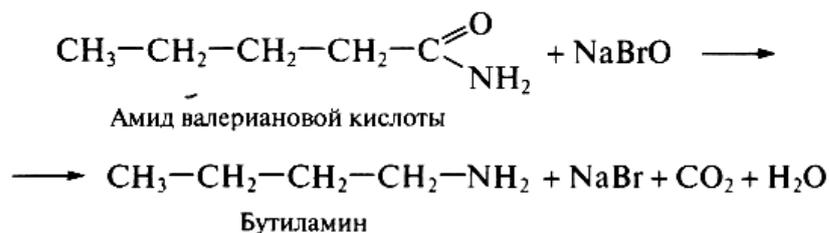
### 3. Восстановление амидов кислот:



### 4. Восстановление оксимов:



### 5. Расщепление амидов кислот по Гофману:

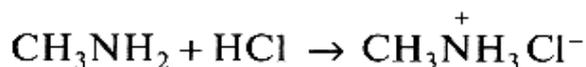


Метиламин, диметиламин и триметиламин являются газами; этиламин, диэтиламин и триэтиламин – низкокипящие жидкости. По мере увеличения молекулярной массы аминов температура кипения повышается и снижается растворимость в воде.

### Химические свойства аминов

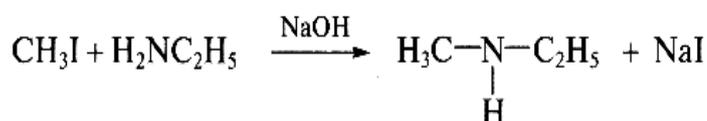
#### 1. Основные свойства аминов:

Амины, как и аммиак, превращаются в соли при действии минеральных кислот и легко вытесняются из солей при действии гидроксид-анионов:

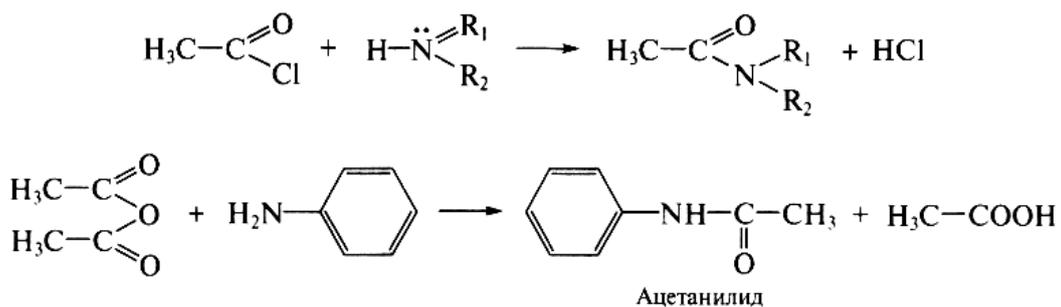


#### 2. Нуклеофильные свойства аминов:

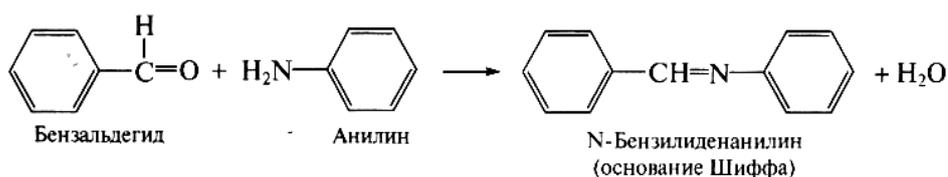
- алкилирование аминов:



- *получение амидов кислот (реакции ацилирования):*

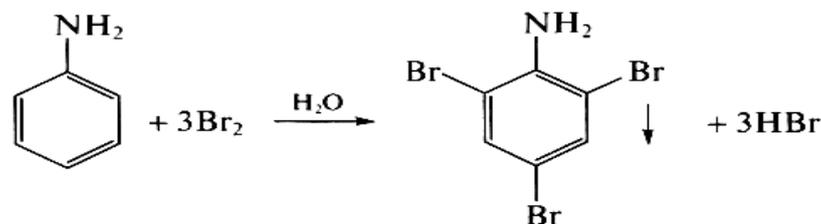


- *взаимодействие с альдегидами и кетонами с образованием N-замещенных иминов:*



### 3. Реакции электрофильного замещения в ароматических аминах:

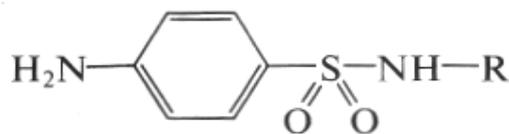
- *реакция бромирования анилина:*



- *реакция сульфирования анилина:*



Различия большинства сульфаниламидных препаратов заключаются в строении радикала R, связанного с сульфаниламидным остатком  $-\text{SO}_2\text{NH}_2$ :

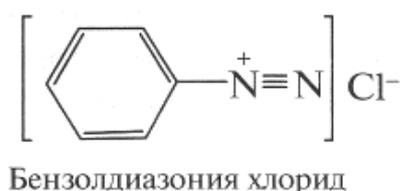


В медицинскую практику сульфаниламиды были введены в 1935 г., когда было установлено, что *азокраситель – пронтозил, или красный стрептоцид*, проявляющий высокую антистрептококковую активность, в организме человека метаболизирует до белого стрептоцида, последний и оказывает противомикробное действие:



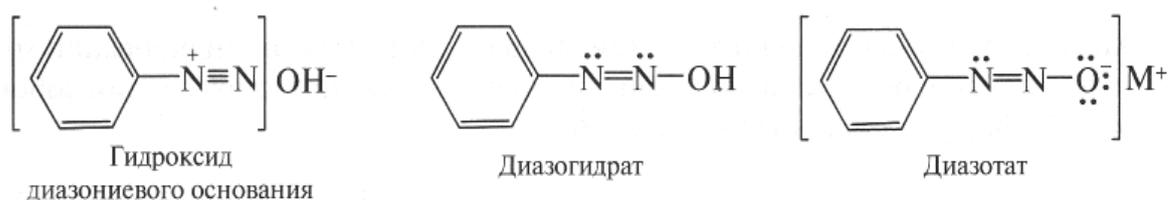
**Ароматические диазосоединения.** Существует два родственных класса соединений, содержащих общий структурный фрагмент, называемый *азогруппой*:  $-\text{N}=\text{N}-$ . Здесь оба атома азота находятся в состоянии  $sp^2$ -гибридизации. Если каждый из двух атомов азота связан с атомом углерода органического радикала, то этот тип соединений относят к *азосоединениям*. Если с атомом углерода органического радикала связан только один атом азота, а второй атом азота с анионом сильной кислоты, то такие соединения относят к *диазосоединениям*.

В *ароматических диазосоединениях* один из атомов азота диазогруппы связан с атомом углерода ароматического ядра, а второй атом азота с остатком сильной минеральной кислоты:

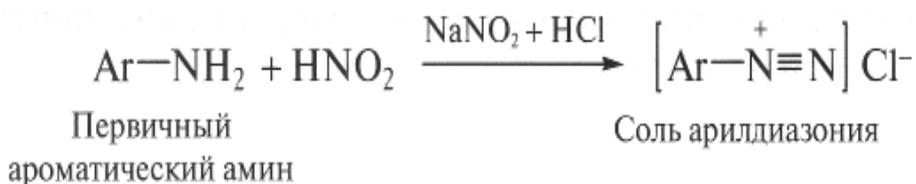


К диазосоединениям относят также вещества, образующиеся из солей

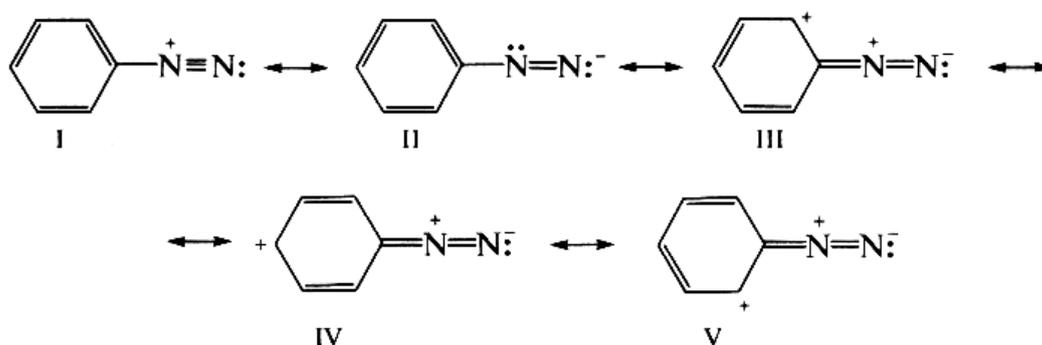
арилдiazония под действием щелочей:



Соли арилдiazония *получают* действием азотистой кислоты  $\text{HNO}_2$  на раствор первичного ароматического амина в кислотной среде:

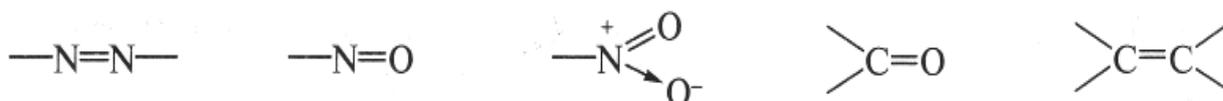


**Строение солей diaзония:**

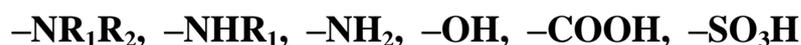


**Азокрасители.** Многие азосоединения интенсивно окрашены, поскольку они содержат в ароматических ядрах два рода заместителей, которые с точки зрения теории цветности органических соединений делятся на хромофоры и ауксохромы.

**Хромофоры** – группы атомов, которые обуславливают окраску соединений. Хромофоры относятся к заместителям II рода:

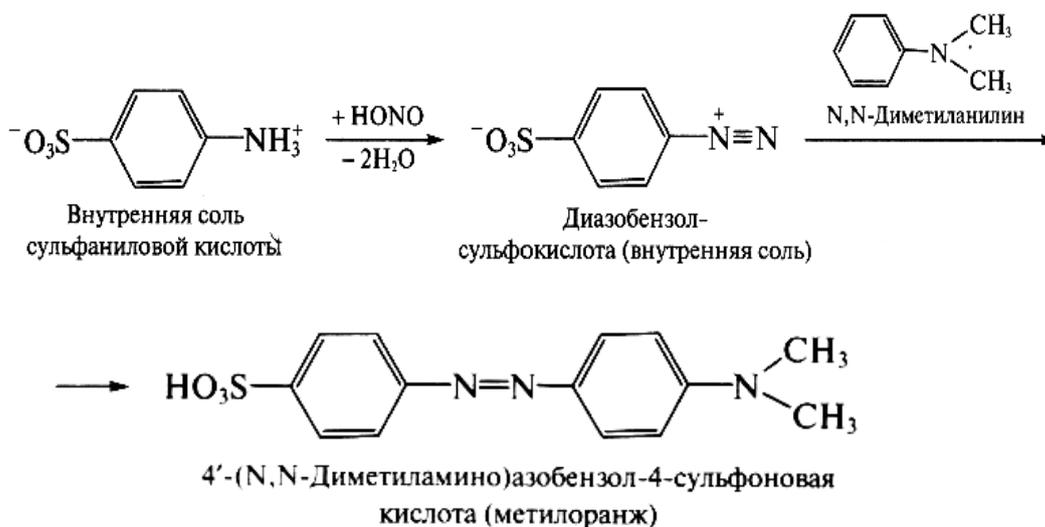


**Ауксохромы** – группы атомов, которые усиливают (углубляют) окраску соединения. Ауксохромы характеризуются основными и кислотными свойствами:



Простейшим азокрасителем является *метиловый оранжевый* (или мети-

лоранж), который получают сочетанием диазотированной сульфаниловой кислоты с диметиланилином:



В щелочной и нейтральной средах *метилоранж* имеет желтую окраску, в кислотной - розово-красную:



Изменение окраски красителя в зависимости от pH среды называют *индикаторным переходом*.

## Учебно-исследовательская лабораторная работа

### Тема: Получение и свойства аминов, нитро- и diaзосоединений

**Цель работы:** сформировать знания о принципах структурного строения и свойствах аминов, как составных компонентах многих биологически активных веществ, сформировать знания о принципах строения diaзосоединений и их широком использовании в химическом анализе.

**Оборудование и реактивы:** пробирки, спиртовка, фильтровальная бумага, водяная баня, часовое стекло, спички, бензол, фенол, пара-нитрофенол,  $\alpha$ -динитрофенол,  $\gamma$ -динитрофенол, нафталин, анилин, 1% раствор глюкозы, пикриновая кислота, хромовая смесь, ангидрид уксусной кислоты,  $\text{HNO}_3$  (конц.), 20% раствор  $\text{NaCl}$ , 10% раствор  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaNO}_2$ , дистиллированная вода, 20%  $\text{HCl}$ , 20%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , солянокислый диметиламин, йодокрахмальная бумага, 100% раствор ацетата натрия, щелочной раствор фенола, щелочной раствор  $\beta$ -нафтола, стрептоцид, анилин (водно-спиртовый раствор).

### Опыт 1. Получение нитробензола

*Порядок выполнения работы.*

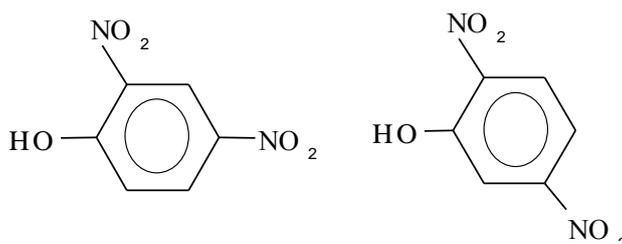
Внесите в пробирку 2-3 капли бензола и 7-8 капель нитрующей смеси (*осторожно!*). Некоторое время перемешивайте смесь, постукивая доньшком пробирки о ладонь. Затем налейте в пробирку воду и обратите внимание на запах полученного продукта реакции.

### Опыт 2. Свойства нитрофенолов



*Порядок выполнения работы.*

На полоску фильтровальной бумаги нанесите одну маленькую каплю раствора хлорида натрия, далее одну капельку щелочи и капельку кислоты. Вблизи следов растекания этих капель нанесите по одной капле раствора пара-нитрофенола. В какой среде появляется окрашивание с этим индикатором? Повторите аналогично опыты с растворами  $\alpha$ -динитрофенола и  $\gamma$ -динитрофенола:



Запишите результаты опыта.

### Опыт 3. Получение пикриновой кислоты

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку 1 каплю жидкого фенола и, держа пробирку верти-

кально, влейте в нее 2-4 капли азотной кислоты. Что происходит? Как протекает реакция? Налейте в пробирку 10-15 мл воды. Растворяется ли полученное вещество в воде? Обладает ли оно окраской?

#### **Опыт 4. Получение пикраминовой кислоты восстановлением нитрогрупп**

*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку около 1 мл водного раствора пикриновой кислоты, 10-15 капель 1%-ного раствора глюкозы (восстановитель) и 3-4 капли 10%-ной щелочи. Нагрейте смесь до кипения. Как изменяется цвет раствора?

#### **Опыт 5. Получение $\alpha$ -нитронафталина**

*Порядок выполнения работы.*

Маленькую щепотку нафталина поместите в сухую пробирку, прибавьте 10-15 капель концентрированной азотной кислоты и опустите пробирку в кипящую водяную баню на 5-10 минут. В конце опыта прилейте в пробирку 10-15 мл воды. Как окрашены кристаллы полученного вещества?

#### **Опыт 6. Получение солей анилина**

*Порядок выполнения работы.*

На два предметных стекла нанесите по одной капельке 10%-ного водно-спиртового раствора анилина. К одной прибавьте капельку 20%-ной соляной кислоты, а к другой - серной. Сравните растворимость солей анилина в воде, которая была добавлена с растворами кислот.

Смочите конец спички (без головки) раствором солянокислого анилина. Как окрашивается древесина, в составе которой содержится лигнин.

Смоченным концом спички нанесите несколько пятнышек на бумагу различного качества. На какой из них появляется окраска? Проверьте, есть ли лигнин в фильтровальной бумаге. *Спичку оставьте для следующего опыта (7)*. Запишите результаты опыта и схемы реакций образования солей:

Анилин + соляная кислота  $\rightarrow$  ?

Анилин + серная кислота  $\rightarrow$  ?

#### **Опыт 7. Получение «черного анилинового красителя»**

Черный анилиновый краситель нерастворим в воде и стоек по отношению к щелочам и кислотам.

*Порядок выполнения работы.*

Конец спички (предыдущий опыт 6) смочите в хромовой смеси на часовом стекле. Что наблюдается через некоторое время?

Промойте спичку водой (смывается кислота) и испытайте устойчивость красителя к щелочи (на часовом стекле). Запишите результаты опытов.

#### **Опыт 8. Получение ацетанилида**

*Порядок выполнения работы.* На часовое стекло поместите 1 каплю анилина, 1-2 капли уксусного ангидрида и 1-2 капли воды, смесь перемешайте

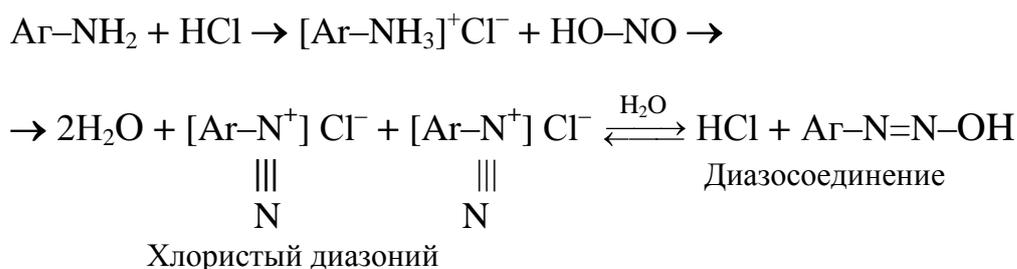
стеклянной палочкой. Что наблюдается через некоторое время? Прибавьте к веществу 5-9 капель воды. Растворяется ли полученное вещество в воде?

### Опыт 9. Диазотирование анилина

Ароматические амины образуют более устойчивые продукты, называемые диазосоединениями. При нагревании последних наблюдается реакция разложения с выделением азота:



Если реакцию диазотирования рассматривать подробнее, т.е. в присутствии кислоты, например, соляной, то в этом случае она будет иметь вид:



*Порядок выполнения работы.*

Налейте в пробирку около 4 мл раствора анилина в соляной кислоте, затем прибавьте 1-2 капли раствора нитрита натрия, смесь перемешайте и стеклянной палочкой перенесите несколько капель на полоску йодокрахмальной бумаги. Появление темно-синего пятна на бумаге указывает на конец реакции диазотирования. Полученный результат оставьте для следующего опыта.

Запишите результаты опыта и схемы реакции диазотирования:

- 1) нитрит натрия + соляная кислота  $\rightarrow ? + ?$
- 2) анилин + соляная кислота  $\rightarrow ? + ?$
- 3) солянокислый анилин + азотная кислота  $\rightarrow ? + ?$

### Опыт 10. Разложение фенилдиазония при нагревании

*Порядок выполнения работы.*

Четвертую часть полученного в предыдущем опыте фенилдиазония отлейте в пробирку и нагрейте ее до кипения. Что наблюдается? Продолжите нагревание в течение 1-2 минут и попробуйте по запаху определить, какое вещество получилось после разложения водного раствора фенилдиазония.

Запишите: хлористый диазоний +  $\text{HOH} \xrightarrow{\text{нагревание}} ? + ?$

### Опыт 11. Реакции азосочетания

*Порядок выполнения работы.*

Полученный в предыдущем опыте раствор хлористого диазония разделите на три части в трех пробирках. В каждой проведите реакции азосочетания:

а) *Получение пара-диметиламиноазобензола:*

К раствору хлористого фенилдиазония прибавьте 5-7 капель насыщенно-

го раствора ацетата натрия и несколько капель раствора солянокислого диметиламина. Что наблюдается? Добавьте несколько капель раствора серной кислоты.

Запишите: хлористый фенилдиазоний + диметиланилин  $\rightarrow ? + ?$   
(в реакции участвует атом водорода в параположении).

б) *Получение пара-оксиазобензола:*

Ко второй части раствора хлористого фенилдиазония прибавьте несколько капель щелочного раствора фенола. Что наблюдается?

Запишите: хлористый фенилдиазоний + фенол  $\rightarrow ? + ?$   
(в реакции участвует атом водорода в параположении).

в) К третьей части хлористого фенилдиазония прибавьте несколько капель щелочного раствора  $\beta$ -нафтола. Что получается?

Запишите: хлористый фенилдиазоний +  $\beta$ -нафтол  $\rightarrow ? + ?$

(в молекуле  $\beta$ -нафтола в реакции участвует атом водорода в положении 1).

Во всех трех случаях азосочетания отметьте роль азосоставляющих азосоединений.

## Опыт 12. Амиды сульфаниловой кислоты

*Порядок выполнения работы.*

Маленькую крупинку стрептоцида или другого препарата поместите на стекло и прибавьте к ней каплю воды. Растворяется ли вещество в воде? С одной стороны прибавьте капельку кислоты, а с другой – щелочи и обратите внимание на растворимость.

Запишите уравнения: 1) сульфаниламид (формула) + HCl  $\rightarrow ?$

2) сульфаниламид (формула) + NaOH  $\rightarrow ?$

## Контрольные вопросы:

1. В кислой, щелочной или нейтральной среде появляется окрашивание с паранитрофенолом?
2. Назовите способы получения пикриновой и пикраминовой кислот.
3. Какими реакциями можно получить производные анилина: солянокислый анилин, ацетанилид, фенилдиазоний?
4. Какие сульфаниламидные препараты используют для получения сульфаниловой кислоты?
5. В чем заключается принцип окисления амидов кислот по Гофману?

**Тестовые задания по органической химии**  
**В заданиях возможно несколько правильных вариантов ответа**

**1. Родоначальной структурой называют:**

- А. Самую длинную углеродную цепь
- Б. Разветвленную углеродную цепь
- В. Цепь, содержащую кратные связи и различные заместители
- Г. Углеродную цепь, содержащую старшую функциональную группу
- Д. Цепь, содержащую наибольшее число кратных связей

**2. Какое название НЕ СООТВЕТСТВУЕТ названию углеводородного радикала:**

- А. Бутил  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
- Б. Пропил  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
- В. Изобутил  $(\text{CH}_3)_2\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
- Г. Вторичный бутил  $\text{CH}_3\text{—CH—CH}_3$
- Д. Третичный бутил  $(\text{CH}_3)_3\text{—C—}$

**3. По какому структурному фрагменту молекулы относят к определенному классу:**

- А. Родоначальная структура
- Б. Углеводородный радикал
- В. Главная характеристическая группа
- Г. Алифатическая цепь
- Д. Бензольное кольцо

**4. Какие из приведенных заместителей являются функциональной группой:**

- А.  $\text{CH}_3\text{—S—CH}_2\text{—}$
- Б.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—}$
- В.  $(\text{CH}_3)_2\text{—CH—}$
- Г.  $\text{CHO}$
- Д.  $\text{—CO—}$

**5. Сигма-связь образована атомами углерода в состоянии:**

- А.  $sp^2$  –гибридизации
- Б.  $sp^3$  –гибридизации
- В.  $sp$ -гибридизации
- Г. негибридизованными орбиталями
- Д.  $sp$ -гибридизованными и негибридизованными орбиталями

**6. Сопряжение – это взаимодействие орбиталей:**

- А.  $\pi$ -электронов
- Б.  $\pi$ - и  $p$ -электронов гетероатомов
- В.  $\pi$ - и  $\sigma$ - электронов
- Г.  $\sigma$ - и  $p$ - электронов
- Д.  $\sigma$ -электронов

**7. Какие из систем являются сопряженными:**

- А.  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_3$
- Б.  $\text{CH}_2\text{=CH-CH=CH-CH}_3$
- В.  $\text{CH}_2\text{=CH-OH}$
- Г.  $\text{CH}_2\text{=CH-CH}_2\text{-Cl}$
- Д.  $\text{CH}_2\text{=CH-CH}_2\text{-CH=CH-NH}_2$

**8. Какие из сопряженных систем являются наиболее стабильными:**

- А. Бутадиен-1,3
- Б. Бензол
- В. Фенол
- Г. Бензойная кислота
- Д. Пиррол

**9. Какое из высказываний о молекуле бутадиен-1,3 как сопряженной системе является НЕВЕРНЫМ:**

- А. В цепи сопряжения содержатся только  $sp^2$ -гибридизованные атомы углерода
- Б. Все  $\sigma$ -связи лежат в одной плоскости
- В. Молекула является  $\pi$ ,  $\pi$ -сопряженной системой
- Г. Молекула обладает пониженной термодинамической стабильностью
- Д. В молекуле  $\text{C-C}$  связи выровнены по сравнению с несопряженной системой

**10. Какие типы реакций характерны для гомолитического способа разрыва связей:**

- А. Радикального присоединения
- Б. Элиминирования
- В. Нуклеофильного замещения
- Г. Радикального замещения
- Д. Электрофильного замещения

**11. К какому типу реакций относится взаимодействие фенола с бромом в присутствии кислоты Льюиса:**

- А. Электрофильное присоединение
- Б. Электрофильное замещение
- В. Нуклеофильное замещение
- Г. Нуклеофильное присоединение
- Д. Радикальное замещение

**12. К какому типу реакций относится взаимодействие циклогексана с хлором при облучении УФ-светом:**

- А. Радикальное присоединение
- Б. Радикальное замещение
- В. Нуклеофильное замещение
- Г. Электрофильное замещение
- Д. Нуклеофильное присоединение

**13. По какому типу реакций протекает взаимодействие бутадиена-1,3 с водой:**

- А. Нуклеофильное присоединение
- Б. Радикальное присоединение
- В. Электрофильное присоединение
- Г. Электрофильное замещение
- Д. Радикальное замещение

**14. По какому типу реакций протекает взаимодействие толуола с бромом:**

- А. Радикальное присоединение
- Б. Радикальное замещение
- В. Электрофильное замещение
- Г. Электрофильное присоединение
- Д. Нуклеофильное замещение

**15. В каких из соединений все заместители являются электронодонорами:**

- А. Метилнитробензол
- Б. Этилхлоробензол
- В. Аминофенол
- Г. Сульфонитрофенол
- Д. Ортометиланилин

**16. В каких соединениях все заместители являются электроноакцепторами:**

- А. Ортометилбензойная кислота
- Б. Парааминобензойная кислота
- В. Нитробензойная кислота
- Г. Метабромбензойная кислота
- Д. 1-бром-2-фторбензол

**17. Какие высказывания НЕВЕРНЫ по отношению к мезомерному эффекту:**

- А. Имеет место не только в сопряженных системах
- Б. Передается на всю систему
- В. Имеет место в  $p$ ,  $\pi$ -сопряженных системах
- Г. Имеет место только в  $\pi$ ,  $\pi$ -сопряженных системах
- Д. Передается на 2-3 углеродных атома

**18. Какое из высказываний об индуктивном эффекте НЕВЕРНО:**

- А. Передается по системе  $\sigma$ -связей
- Б. Имеет универсальный характер
- В. Передается на всю молекулу
- Г. Является затухающим (передается на 2-3 атома углерода)
- Д. Передается по  $\sigma$ - и  $\pi$ -связям

**19. В какой последовательности уменьшается кислотность в ряду:**

- А.  $\text{HCOOH}$
- Б.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
- В.  $\text{CH}_3\text{NH}_2$
- Г.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$
- Д.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$

**20. В какой последовательности уменьшается основность в ряду:**

- А.  $\text{CH}_3\text{—O—C}_2\text{H}_5$
- Б.  $\text{CH}_3\text{—NH—CH}_3$
- В.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$
- Г.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{—S—C}_2\text{H}_5$
- Д.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

**21. Не являются кислотами Бренстеда:**

- А. Углеводороды
- Б. Амины
- В. Эфиры
- Г. Тиоспирты
- Д. Ангидриды кислот

**22. Кислотами по Бренстеду являются:**

- А. Галогениды металлов
- Б. Алкилгалогениды
- В. Амины
- Г. Спирты
- Д. Ангидриды кислот

**23. Какие из приведенных соединений ЯВЛЯЮТСЯ основаниями Льюиса:**

- А. R–OH
- Б. R–NH–R
- В. R–CO–O–R
- Г. FeBr<sub>3</sub>
- Д. AlCl<sub>3</sub>

**24. Какие из приведенных высказываний НЕВЕРНЫ по отношению к C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH и C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>SH:**

- А. Являются кислотами Бренстеда
- Б. Являются основаниями Бренстеда
- В. Являются кислотами Льюиса
- Г. Тиоспирты более сильные основания, чем спирты
- Д. Размер атома серы больше атома кислорода

**25. Стереизомеры, возникающие в результате вращения вокруг одинарной связи, называются:**

- А. Транс-изомеры
- Б. Цис-изомеры
- В. Конформеры
- Г. Эпимеры
- Д. Энантиомеры

**26. Конформеры изображают с помощью проекционных формул:**

- А. Фишера
- Б. Хеуорса
- В. Ньюмена
- Г. Кекуле
- Д. «кресло» и «ванна»

**27. Какие из утверждений НЕВЕРНЫ для мезовинной кислоты:**

- А. Содержит два ассиметрических атома углерода
- Б. Обладает оптической активностью
- В. Является рацематом винных кислот
- Г. Содержит плоскость симметрии
- Д. Существует в виде пары энантиомеров *D*- и *L*-ряда

**28. Какие из утверждений характерны только для энантиомеров:**

- А. Молекулы хиральны
- Б. Молекулы имеют плоскость симметрии
- В. Обладают одинаковыми физическими свойствами за исключением знака вращения плоскости поляризованного луча
- Г. Обладают одинаковыми химическими свойствами
- Д. Не являются зеркальным отражением друг друга

**29. Какие утверждения НЕВЕРНЫ по отношению к винной кислоте:**

- А. Не имеет плоскости симметрии
- Б. Не является диастереомером мезовинной кислоты
- В. Существует в виде пары энантиомеров *D*- и *L*-ряда
- Г. Не обладает оптической активностью
- Д. Имеет ось симметрии

**30. Укажите какие из соединений относятся к фенол-формальдегидным смолам:**

- А. Карбомоилфосфат и ксилол
- Б. Бакелит и карболит
- В. Эпоксид и антрацен
- Г. Толуол и фенантрен
- Д. Гуанидин и анилин

**31. Какая функциональная группа определяет принадлежность к карбоновым кислотам?**

- А.  $-\text{COOH}$
- Б.  $-\text{OH}$
- В.  $-\text{SH}$
- Г.  $-\text{NH}_2$
- Д.  $-\text{CONH}_2$

**32. При взаимодействии каких соединений образуются сложные эфиры?**

- А. Альдегид и амин
- Б. Карбоновая кислота и аммиак
- В. Карбоновая кислота и спирт
- Г. Карбоновая кислота и щелочь
- Д. Карбоновая кислота и  $\text{PCl}_5$

**33. При взаимодействии каких соединений образуются мыла?**

- А. Высшая жирная кислота и щелочь
- Б. Карбоновая кислота и спирт
- В. Карбоновая кислота и аммиак
- Г. Нагревание карбоновой кислоты
- Д. Карбоновая кислота и  $\text{PCl}_5$

**34. Какая функциональная группа определяет принадлежность к аминам?**

- А.  $-\text{COOH}$
- Б.  $-\text{OH}$
- В.  $-\text{NH}_2$
- Г.  $-\text{CONH}_2$
- Д.  $=\text{C}=\text{O}$

**35. Какие из соединений относятся к аминам?**

- А.  $\text{CH}_3\text{OH}$
- Б.  $\text{CH}_3\text{COOH}$
- В.  $\text{CH}_3\text{NH}_2$
- Г.  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}_2$
- Д.  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$

**36. Какое из соединений относится к меркаптанам?**

- А.  $\text{CH}_3\text{CHO}$
- Б.  $\text{CH}_3-\text{SH}$
- В.  $\text{CH}_3\text{OH}$
- Г.  $\text{C}_2\text{H}_5-\text{OH}$
- Д.  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}_2$

**37. Какие органические вещества и в каком соотношении необходимы для получения полуацеталей?**

- А. Спирты : фенолы = 1:3
- Б. Кислоты : альдегиды = 1:2
- В. Углеводы : амины = 1:3
- Г. Спирты : альдегиды = 1:1
- Д. Альдегиды : спирты = 1:1

**38. Какие органические вещества и в каком соотношении необходимы для получения ацеталей?**

- А. Кислоты и основания 1:1
- Б. Альдегиды и кетоны 1:3
- В. Углеводы и амины 1:2
- Г. Альдегиды и спирты 1:2
- Д. Альдегиды и спирты 1:3

**39. При взаимодействии каких веществ образуются имины?**

- А. Спирты и альдегиды
- Б. Альдегиды и амиды
- В. Спирты и амины
- Г. Альдегиды и амины
- Д. Фенолы и амины

**40. Какие цветные реакции характерны для альдегидов:**

- А. Реакция с  $\text{FeCl}_3$
- Б. Реакция с бромом
- В. Реакция Троммера
- Г. Реакция Либена
- Д. Реакция Фелинга

**41. Реакции окисления вторичных спиртов приводят к образованию:**

- А. Альдегидов
- Б. Кетонов
- В. Простых эфиров
- Г. Сложных эфиров
- Д. Ацеталей

**42. При окислении этиленгликоля можно получить:**

- А. Глиоксаль
- Б. Глицерин
- В. Глиоксиловая кислота
- Г. Гликолевый альдегид
- Д. Глицериновый альдегид

**43. К двухатомным фенолам относятся:**

- А. Флороглюцин
- Б. Тимол
- В. Резорцин
- Г. Кумол
- Д. Гидрохинон

**44. При окислении глицерина образуются:**

- А. Диоксиацетон
- Б. Глиоксаль
- В. Пропиленгликоль
- Г. Глицериновый альдегид
- Д. Пропаналь

**45. В основе парацетамола лежит:**

- А. *n*-нитрофенол
- Б. *n*-хинон
- В. *n*-аминофенол
- Г. Пирокатехин
- Д. Резорцин

**46. Какие из представленных соединений относятся к циклическим эфирам:**

- А. Фуран
- Б. Тетрагидрофуран
- В. Пиррол
- Г. Тетрагидропиран
- Д. Диоксан

**47. При окислении тиолов образуются:**

- А. Диалкилсульфиды
- Б. Алкилсульфоновые кислоты
- В. Диэтилсульфоксиды
- Г. Тиоляты
- Д. Алкилтиоацетаты

**48. К способам получения альдегидов относятся:**

- А. Гидратация алкинов
- Б. Окисление алкенов
- В. Пиролиз карбоновых кислот
- Г. Окисление первичных спиртов
- Д. Окисление вторичных спиртов

**49. Хлоралгидрат, обладающий успокаивающим, снотворным и анальгезирующим действием, образуется при гидролизе:**

- А. Хлороформа
- Б. Хлорангидрида уксусной кислоты
- В. Хлорэтана
- Г. Хлорбензола
- Д. Хлораля

**50. В реакции циклической тримеризации паральдегид получают из:**

- А. Формальдегида
- Б. Ацетальдегида
- В. Бензальдегида
- Г. Циангидрина
- Д. Тетрахлорметана

**51. Уротропин образуется путем амидирования:**

- А. Уксусного альдегида
- Б. Пропаналя
- В. Бензальдегида
- Г. Муравьиного альдегида
- Д. Пентаналя

**52. При взаимодействии альдегидов и кетонов с аминсоединениями получают:**

- А. Озимы
- Б. Имины
- В. Гидразоны
- Г. Семикарбазоны
- Д. Циангидрины

**53. Продуктом бромирования пропановой кислоты является:**

- А.  $\alpha$ -бромпропановая кислота
- Б.  $\beta$ -бромпропановая кислота
- В. Бромангидрид пропановой кислоты
- Г. 3,3-дибромпропановая кислота
- Д. 2-бромпропановая кислота

**54.  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  образуются при окислении:**

- А. Малоновой кислоты
- Б. Уксусной кислоты
- В. Щавелевой кислоты
- Г. Муравьиной кислоты
- Д. Глутаровой кислоты

**55. К двухосновным карбоновым кислотам относятся:**

- А. Янтарная
- Б. Щавелевая
- В. Арахидоновая
- Г. Малоновая
- Д. Лимонная

**56. Какие соединения получают при восстановлении этилового эфира бутановой кислоты:**

- А. Бутановая кислота и этиловый спирт
- Б. Бутановая кислота и уксусная кислота
- В. Бутанол и этиловый спирт
- Г. Ангидрид бутановой кислоты и этанол
- Д. Бутановая кислота и диэтиловый эфир

**57. При дегидратации амидов карбоновых кислот образуются:**

- А. Нитрозоамиды
- Б. Нитрилы
- В. Амины
- Г. Имины
- Д. Иминоэфиры

**58. Полный амид угольной кислоты (мочевину) получают:**

- А. При гидролизе полиуретанов
- Б. Путем термической изомеризации цианата аммония
- В. При разложении циануровой кислоты
- Г. Из аммиака и оксида углерода (VI)
- Д. Из циановой кислоты

**59. Лекарственный препарат бромизовал, проявляющий седативное и умеренное снотворное действие, представляет собой:**

- А. Гуанидин
- Б. Аргинин
- В. Уреид  $\alpha$ -бромизовалерианой кислоты
- Г. Биурет
- Д. Уретан

**60. Ацетилхолин относится к:**

- А. Аминоспиртам
- Б. Нейромедиаторам
- В. Биогенным аминам
- Г. Протеиногенным аминам
- Д. Сульфаниламидным препаратам

**61. К геометрическим параметрам химической связи относятся:**

- А. Полярность связи
- Б. Длина связи
- В. Поляризуемость
- Г. Валентный угол
- Д. Энергия связи

**62. К электронным параметрам химической связи относятся:**

- А. Полярность связи
- Б. Длина связи
- В. Поляризуемость
- Г. Валентный угол
- Д. Энергия связи

**63. Структурными изомерами могут быть соединения с**

- А. Изомерией цепи
- Б. Конформационной изомерией
- В. Изомерией положения кратных связей
- Г. Изомерией положения функциональных групп
- Д. Конфигурационная изомерия

**64. К оптическим изомерам относятся:**

- А. Конформеры
- Б. Энантиомеры
- В. Диастереомеры
- Г. Геометрические изомеры
- Д. Структурные изомеры

**65. Виноградная кислота представляет собой:**

- А. Рацематом D- и L-винных кислот
- Б. Рацематом D- и L-мезовинных кислот
- В. Энантиомером D-винной кислоты
- Г. Диастереомером L-мезовинной кислоты
- Д. Энантиомером L-винной кислоты

**66. Для алканов характерны реакции:**

- А. Галогенирования
- Б. Нитрования
- В. Сульфохлорирования
- Г. Дегидрирования
- Д. Окисления

**67. Продуктами окисления бутана могут быть:**

- А. Бутаналь
- Б. Уксусная кислота
- В. Ацетальдегид
- Г. Гидропероксид бутана
- Д. Этанол

**68. Изопрен относится к:**

- А. Алкенам
- Б. Аренам
- В. Диеновым углеводородам
- Г. Циклоалканам
- Д. Образуется при разложении натурального каучука

**69. При окислении алкенов образуются:**

- А. Карбоновые кислоты
- Б. Эпоксиды
- В. Карбонильные соединения
- Г. Диолы
- Д. Фенолы

**70. Акрилонитрил, использующийся для синтеза каучука, образуется при взаимодействии синильной кислоты и**

- А. Этилена
- Б. Бутадиена
- В. Ацетилен
- Г. Пропина
- Д. Пропена

**71. Тримеризация ацетиленов приводит к получению:**

- А. Винилацетилен
- Б. Винилацетат
- В. Ацетальдегид
- Г. Бензол
- Д. Циклооктатетраен

**72. Пропаргиловый спирт образуется при взаимодействии ацетиленов и:**

- А. Этанол
- Б. Ацетон
- В. Формальдегид
- Г. Пропаналь
- Д. Этилен

**73. К многоядерным конденсированным ароматическим углеводородам относятся:**

- А. Хризен
- Б. Антрацен
- В. Фенантрен
- Г. Нафталин
- Д. Дифенил

**74. При окислении нафталина образуется:**

- А. Тетралин
- Б. Декалин
- В. Фуксин
- Г. Фталевый ангидрид
- Д. Фталевая кислота

**75. Хлороформ образуется при галогенировании:**

- А. Уксусного альдегида
- Б. Этанол
- В. Пропаналь
- Г. Ацетон
- Д. Диэтилового эфира

**76. Алкоголи получают при взаимодействии спиртов с:**

- А. Галогенопроизводными
- Б. Металлами
- В. Гидридами металлов
- Г. Кетонами
- Д. Неорганическими кислотами

**77. Внутримолекулярная дегидратация спиртов происходит по:**

- А. Правилу Марковникова
- Б. Реакции Вильямсона
- В. Правилу Зайцева
- Г. Реакции Вюрца
- Д. Реакции Шорыгина

**78. При нагревании металлического натрия с простым эфиром образуются:**

- А. Две молекулы алкоголята натрия
- Б. Алкоголят натрия и алкилнатрия
- В. Алкоголят натрия и спирт
- Г. Сложный эфир
- Д. Алкилнатрия и спирт

**79. Этиленгликоль образуется при гидролизе:**

- А. Оксирана
- Б. Этилена
- В. Диэтилового эфира
- Г. Бутадиена
- Д. Ацетилена

**80. *n*-хинон получается при окислении:**

- А. Резорцина
- Б. Флороглюцина
- В. Крезола
- Г. Фенола
- Д. Тимола

### Ответы на тестовые задания

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Г	ВГ	В	ГД	Б	АБ
<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
БВ	ВД	Г	ГА	Б	Б
<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
В	В	ВД	ВГД	АГД	ВД
<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
АБДГВ	БДАГВ	ВД	ВГ	АБ	ВГ
<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
В	ВД	БВ	АВГ	БГД	Б
<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
А	В	А	В	ВГ	Б
<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>
Г	Г	Г	ВГД	Б	АВГ
<b>43</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
В	АГ	В	БВГД	АБ	БВГ
<b>49</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>
Д	Б	Д	АБВГ	АД	ВГ
<b>55</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>
АБГ	В	Б	БГ	В	АБ
<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>66</b>
БГД	АВ	АВГ	БВ	А	АБВГД
<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>72</b>
БВГД	ВД	БВГ	В	Г	В
<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>78</b>
АБВГ	ГД	АГ	БВ	В	Б
<b>79</b>	<b>80</b>				
А	Г				

## Рекомендуемая литература

### Основная:

1. Оганесян, Э.Т. Органическая химия / Э.Т. Оганесян. – М.: Академия. 2017. – 432 с.
2. Солдатенков, А.Т. Основы органической химии лекарственных веществ / А.Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, И.В. Шендрих. – Лаборатория знаний. 2014. – 191 с.
3. Тюкавкина, Н.А. Органическая химия: учебник для высшего профессионального образования по специальности "Фармация" по дисциплине "Органическая химия" / Н.А. Тюкавкина, В.Л. Белобородов, С.Э. Зурабян и др.; под редакцией Н. А. Тюкавкиной. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 639 с.
4. Тюкавкина, Н.А. Органическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, В.Л. Белобородов, С.Э. Зурабян и др.; под ред. Н. А. Тюкавкиной. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 639 с.

### Дополнительная:

1. Бабков, А.В. Общая, неорганическая и органическая химия / А.В. Бабков, В.А. Попков. – М.: ГЭОТАР-Медиа. 2014. – 576 с.
2. Кузнецова, Д.Г. Органическая химия: учебное пособие / Д.Г. Кузнецова. – Лань. 2016. – 556 с.
3. Ливанцов, М.В. Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями / М.В. Ливанцов, Г.С. Зайцева, Л.И. Ливанцова. – Лаборатория знаний. 2019. – 969 с.
4. Лучинская, М.Г. Органическая химия / М.Г. Лучинская, А.М. Жидкова, Т.Д. Дроздова. – М.: ГЭОТАР-Медиа. 2010. – 274 с.
5. Травень, В.Ф. Органическая химия: в 3 т. / В.Ф. Травень. – Лаборатория знаний. 2019. – 1 т. – 368 с.
6. Травень, В.Ф. Органическая химия: в 3 т. / В.Ф. Травень. – Лаборатория знаний. 2019. – 2 т. – 517 с.
7. Травень, В.Ф. Органическая химия: в 3 т. / В.Ф. Травень. – Лаборатория знаний. 2019. – 3 т. – 388 с.
8. Щеголев, А.Е. Органическая химия / А.Е. Щеголев, И.П. Яковлев. – Лань. 2017. – 544 с.

**Список используемых источников**

1. Артеменко, А.И. Органическая химия / А.И. Артеменко. – М.: Высшая школа. 2002. – 560 с.
2. Артеменко, А.И. Органическая химия. Практикум: учебное пособие / А.И. Артеменко, И.В. Тикунова, Е.К. Ануфриева. – М.: Лань. 2014. – 192 с.
3. Артеменко, А.И. Практикум по органической химии. / А.И. Артеменко, И.В. Тикунова, Е.К. Ануфриева. – М.: Высшая школа. 2001. – 187с.
4. Березин, Б.Д. Курс современной органической химии: учебное пособие для вузов / Б.Д. Березин, Д.Б. Березин. – М.: Высшая школа, 2001. – 768с.
5. Березин, Б. Д. Органическая химия В 2 томах. Том 1: учебник / Б.Д. Березин, Д.Б. Березин. – М.: Юрайт, 2016. – 314 с.
6. Березин, Б. Д. Органическая химия. В 2 частях. Часть 2: учебник / Б.Д. Березин, Д.Б. Березин. – М.: Юрайт, 2016. – 454 с.
7. Березов, Т.Т. Биологическая химия: учебник / Т.Т.Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина, 2016. – 704 с.
8. Боровлев, И.В. Органическая химия: термины и основные реакции / И.В. Боровлев. – М.: БИНОМ. ЛЗ, 2012. – 359 с.
9. Галочкин, А. И. Органическая химия. В 4 книгах. Книга 3 / А.И. Галочкин, И.В. Ананьина. – М.: Дрофа, 2010. – 432 с.
10. Горленко, В.А. Органическая химия. Части 3, 4 / В.А. Горленко, Л.В. Кузнецова, Е.А. Яныкина. – М.: Московский педагогический государственный университет, 2012. – 414 с.
11. Горленко, В.А. Органическая химия. Части 5, 6: учебное пособие / В.А. Горленко, Л.В. Кузнецова, Е.А. Яныкина. – М.: Прометей. 2012. – 398 с.
12. Грандберг, И.И. Органическая химия: учебник / И.И. Грандберг, Н.Л. Нам. – М.: Юрайт, 2015. – 608 с.
13. Грандберг, И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии / И.И. Грандберг, Н.Л. Нам. – М.: Юрайт, 2012. – 352 с.
14. Грандберг, И.И. Органическая химия: учебник для бакалавров / И.И. Грандберг, Н.Л. Нам. – М.: Юрайт, 2013. – 608 с.
15. Зурабян, С.Э. Органическая химия / С.Э. Зурабян, А.П. Лузин. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 384 с.
16. Илиел, Э. Основы органической стереохимии / Э. Илиел. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 576 с.
17. Киреев, В.В. Высокомолекулярные соединения. В 2 частях. Часть 1: учебник / В.В. Киреев. – М.: Юрайт, 2016. – 366 с.
18. Киреев, В.В. Высокомолекулярные соединения. Учебник / В.В. Киреев. – М.: Юрайт, 2015. – 602 с.
19. Ленинджер, А. Основы биохимии: в 3 т. – М.: Мир. 1985. – Т. 1. – 365 с.; Т. 2. – 355 с.; Т. 3. – 313 с.
20. Леонтьев, В.Н. Биохимия. Лабораторный практикум: учеб. пособие для студентов специальностей «Биотехнология» и «Биоэкология» / В.Н. Леонтьев, Т.И. Ахрамович. – Мн.: БГТУ, 2008. – 218 с.

21. Матусевич, Л.Г. Органическая химия. Основной курс: учебник / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич; под ред. А.Э. Щербина. – М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. Знание, 2013. – 808 с.
22. Машковский, М.Д. Лекарственные средства / М.Д. Машковский. – М.: Новая волна, 2007. – 1206 с.
23. Петров, А.А. Органическая химия / А.А. Петров, Х.В. Бальян, А.Т. Трощенко. – М.: Высшая школа, 2017. – 600 с.
24. Разин, В.В. Задачи и упражнения по органической химии / В.В. Разин, Р.Р. Костиков. – М.: Химиздат, 2009. – 336 с.
25. Артемьева Н.Н. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии: учебное пособие / Н.Н. Артемьева, В.Л. Белобородова, С.Е. Еремин и др.; под. ред. Н.А. Тюкавкиной. – М.: Медицина. 1985. – 256 с.
26. Северин, Е.С. Биохимия: учебник / Под. ред. проф. Е.С.Северина. – М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2015. – 768 с.
27. Солдатенков, А.Т. Пестициды и регуляторы роста: прикладная органическая химия / А.Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, А. Ле Туан. – М.: БИНОМ. ЛЗ, 2013. – 223 с.
28. Сырбу, С.А. Строение и свойства функциональных производных углеводов / С.А. Сырбу, О.В. Шухто, Д.Б. Березин. – М.: Гостехиздат, 2009. – 727 с.
29. Титце, Л. Препаративная органическая химия: Реакции и синтезы в практике органической химии и научно-исследовательской лаборатории / Л. Титце. – М.: Мир,. 2013. – 704 с.
30. Физер, Л. Органическая химия. Углубленный курс (комплект из 2 книг) / Л. Физер, М. Физер. – М.: Химия, 2013. – 982 с.
31. Шабаров, Ю.С. Органическая химия: учебник / Ю.С. Шабаров. – СПб.: Лань, 2011. – 848 с.
32. Clayden J., Greeves N., Warren S., Wothers P. Organic Chemistry. OxfordUniversityPress. 2012. – 1260 p.