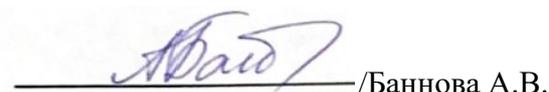


ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:  
на заседании кафедры ТХМ  
протокол № 1  
от 31.08.2021 г.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета

Зав. кафедрой ТХМ  
Мухамедзянова А.А.

/Баннова А.В.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина  
**Органическая химия**

Обязательная часть

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
04.03.02 Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль) подготовки  
Современные материалы для медицины и промышленности

Квалификация  
Бакалавр

Разработчик (составитель)  
к.х.н., доцент кафедры ТХМ

/Ямансарова Э.Т.

Для приема: 2022

Уфа 2022 г.

*Э.Т. Ямансарова*

Составитель / составители: Ямансарова Э.Т. \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры технической химии и материаловедения, протокол № 9 от «21» февраля 2022 г

*А.А. Мухамедзянова*

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Мухамедзянова А.А.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О./

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

<b>Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)</b>	<b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине</b>
<i>Общепрофессиональные навыки</i>	<i>ОПК-1 Способен использовать при решении задач профессиональной деятельности понимание теоретических основ химии, физики материалов и механики материалов</i>	<i>ОПК-1.1. основные теоретические положения в области органической химии и дополнительных разделов органической химии (взаимное влияние фрагментов органической молекулы на реакционную способность, теорию резонанса, влияние статистических и динамических факторов на направление органического синтеза)</i>	<i>Знать ... -теоретические основы органической химии (взаимное влияние фрагментов органической молекулы на реакционную способность, теорию резонанса, влияние статистических и динамических факторов на направление органического синтеза); -состав, строение и свойства классов органических соединений, помогающие углубленно понять химию углеводов, гомофункциональных соединений, основных предшественников биомолекул – моносахаров и аминокислот, аминов, нитро-, азо- и diaзосоединений.); -основы химии биологически активных веществ; -структуру и свойства важнейших типов биомолекул; -физико-химические методы установления структуры</i>

			органических соединений;
		<p><i>ОПК-1.2.</i>  <i>Уметь применять знания естественнонаучных дисциплин для решения задач, анализа и обработки результатов экспериментов по органической химии</i></p>	<p><i>Уметь: решать типовые учебные задачи по основным разделам органической химии, спланировать схему синтеза и предсказать химические свойства органических соединений.</i></p> <p><i>определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов математических и естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач</i></p>
		<p><i>ОПК-1.3.</i>  <i>Владеть навыками навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых естественнонаучных дисциплин навыками экспериментальной работы в области органической химии навыками использования теоретических основ базовых разделов естественнонаучных дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих</i></p>	<p><i>Владеть навыками - углубленного изучения методов синтеза и химических свойств таких классов органических соединений как карбоновые кислоты и их функциональные производные, азотсодержащих представителей органических соединений, гетероциклических соединений, углеводов и белков;- приобрести основополагающие знания по теоретической органической химии и навыков практической</i></p>

		<p><i>задач, навыками экспериментальной работы в области органической химии</i></p>	<p><i>работы с органическими веществами,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>использовать полученные знания для планирования схем синтеза различного типа соединений;</i></li> <li>- <i>использовать приобретенные теоретические и практические знания для получения материалов с заданными свойствами для развития фарминдустрии и медицины.</i></li> <li>- <i>навыками оформления полученных результатов в виде научных публикаций</i></li> <li>- <i>хранения и обработки научных результатов</i></li> </ul>
--	--	---	--

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Органическая химия» входит в базовую часть профессионального цикла Основной образовательной программы подготовки бакалавра по направлению 04.03.02 "Химия, физика и механика материалов".

Дисциплина изучается на 2-3 курсах в 4, 5 семестрах

**Целями** освоения дисциплины «Органическая химия» являются: овладение знаниями в области теоретической и практической органической химии с тем, чтобы грамотно использовать полученные знания при планировании научного эксперимента, выборе методологии и интерпретации результатов. Значительный упор при изучении данной дисциплины делается на доступность сырьевой базы, промышленные и полупромышленные методы получения практически важных низкомолекулярных, олигомерных и высокомолекулярных соединений. Обсуждаются вопросы, касающиеся функциональных свойств материалов и полупродуктов для их получения. Знания, которые приобретает выпускник, касающиеся закономерностей протекания органических реакций для отдельных классов соединений, влияния условий и структуры на их эффективность, механизмов происходящих процессов позволят существенно повысить образовательный уровень выпускника, расширить области его трудоустройства (тонкий и промышленный органический синтез, вещества и материалы для медицины, другие области материаловедения). При освоении дисциплины «Органическая химия» бакалавр должен квалифицированно осуществлять поиск и анализ литературных данных в области фундаментальной и прикладной органической химии с целью дополнительного самостоятельного овладения знаниями для достижения максимальных результатов в освоении материала.

Данная дисциплина, прежде всего, находится в логической взаимосвязи с другими дисциплинами базовой части профессионального цикла, поскольку овладение знаниями по

органической химии, ее теоретическими аспектами способствует успешному усвоению таких дисциплин как «Основы химии биоматериалов», «Высокомолекулярные соединения», «Физико-химические методы анализа природных материалов». Знания, приобретенные при изучении данной дисциплины, позволят профессионально решать самые актуальные задачи современной химии, в том числе в области медицинской технологии и фармакологии. При освоении данной дисциплины активно используются знания о возможностях использования современных информационных технологий в образовании и науке, приобретенная способность квалифицированного владения всеми видами научного общения (устного и письменного). Дисциплина «Органическая химия», в свою очередь, помогает в освоении других модулей и дисциплин, таких как «Специальные главы органической химии» и др.

Бакалавр также должен приобрести навык в проведении научно-исследовательских работ в области химии и технологии органических веществ, синтетических и природных материалов, научиться анализу и обобщению результатов, принимать активное участие в научно-исследовательской работе

Подготовка бакалавра по направлению «Химия, физика, механика материалов» предусматривает получение им знаний, позволяющих грамотно разбираться в проблемах получения и применения органических и органическо-неорганических материалов.

### **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

ОПК-1 Способен использовать при решении задач профессиональной деятельности понимание теоретических основ химии, физики материалов и механики материалов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ОПК-1.1. основные теоретические положения в области органической химии и дополнительных разделов органической химии (взаимное влияние фрагментов органической молекулы на реакционную способность, теорию резонанса, влияние статистических и динамических факторов на направление органического синтеза);	Знать: теоретические основы органической химии (взаимное влияние фрагментов органической молекулы на реакционную способность, теорию резонанса, влияние статистических и динамических факторов на направление органического синтеза);	Затрудняется в определении базовых понятий и формулировок основных законов химии, строения органических молекул и химических свойств основных классов органических соединений	Имеет представление о содержании отдельных разделов, знает терминологию, основные законы и положения органической химии, но допускает неточности в формулировках.	Имеет представление о содержании основных разделов, знает терминологию, основные законы и положения органической химии	Имеет четкое, целостное представление о содержании основных разделов, знает терминологию, основные законы и положения органической химии

<p>статистических и динамических факторов на направление органического синтеза)</p>	<p>-состав, строение и свойства классов органических соединений, помогающие углубленно понять химию углеводов, гомофункциональных соединений, основных предшественников биомолекул – моносахаров и аминокислот, аминов, нитро-, азо- и диазосоединений.);</p>	<p>Затрудняется в определении строения и свойств классов органических соединений, помогающих углубленно понять химию углеводов, гомофункциональных соединений, основных предшественников биомолекул – моносахаров и аминокислот, аминов, нитро-, азо- и диазосоединений.);</p>	<p>Имеет представление о строении и свойствах классов органических соединений, помогающих углубленно понять химию углеводов, гомофункциональных соединений, основных предшественников биомолекул – моносахаров и аминокислот, аминов, нитро-, азо- и диазосоединений.), но допускает неточности в формулировках.</p>	<p>Имеет представление о строении и свойствах классов органических соединений, помогающих углубленно понять химию углеводов, гомофункциональных соединений, основных предшественников биомолекул – моносахаров и аминокислот, аминов, нитро-, азо- и диазосоединений.)</p>	<p>Имеет четкое, целостное представление о строении и свойствах классов органических соединений, помогающих углубленно понять химию углеводов, гомофункциональных соединений, основных предшественников биомолекул – моносахаров и аминокислот, аминов, нитро-, азо- и диазосоединений.)</p>
	<p>-основы химии биологически активных веществ; -структуру и свойства важнейших типов биомолекул;</p>	<p>Затрудняется в определении структуры и свойств важнейших типов биомолекул;</p>	<p>Имеет представление о структуре и свойствах важнейших типов биомолекул, но допускает серьезные ошибки</p>	<p>Имеет представление о структуре и свойствах важнейших типов биомолекул</p>	<p>Имеет целостное, четкое представление о структуре и свойствах важнейших типов биомолекул</p>
	<p>-физико-химические методы установления структуры органических соединений;</p>	<p>Не знает физико-химические методы установления структуры органических соединений;</p>	<p>Имеет представление о физико-химических методах установления структуры органических соединений, но допускает ошибки</p>	<p>Имеет представление о физико-химических методах установления структуры органических соединений</p>	<p>Имеет целостное, четкое представление о физико-химических методах установления структуры органических соединений</p>

ОПК-1.2. Уметь применять знания естественнонаучных дисциплин для решения задач, анализа и обработки результатов экспериментов по органической химии	Уметь: решать типовые учебные задачи по основным разделам органической химии, спланировать схему синтеза и предсказать химические свойства органических соединений.	Не умеет решать типовые задачи, плохо ориентируется в методах синтеза и химических свойствах основных классов органических соединений из базового курса органической химии и допускает грубые ошибки	Умеет решать типовые задачи, ориентируется в методах синтеза и химических свойствах основных классов органических соединений из базового курса органической химии, но допускает отдельные ошибки	Умеет решать комбинированные задачи и ориентируется в методах синтеза и химических свойствах основных классов органических соединений из базового курса органической химии	Умеет решать задачи повышенной сложности и хорошо ориентируется в методах синтеза и химических свойствах основных классов органических соединений из базового курса органической химии
	определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов математических и естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач	Может указать на необходимость привлечения специальных разделов математики и естественнонаучных дисциплин для решения конкретной проблемы в профессиональной сфере деятельности, но не в состоянии конкретизировать постановку задачи	Способен указать специальные разделы смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин, необходимые для решения поставленной задачи химической или материаловедческой направленности, но допускает отдельные неточности	Способен указать специальные разделы смежных с химией математических и естественнонаучных дисциплин, необходимые для решения поставленной задачи химической или материаловедческой направленности	Может обосновать необходимость привлечения сведений из дополнительных разделов математики и естественнонаучных дисциплин и ранжировать их по степени значимости для решения поставленной задачи (необходимые, вспомогательные, иллюстративные и др.)
ОПК-1.3. Владеть навыками	Владеть навыками - углубленного	Не владеет навыками поиска	Владеет навыками воспроизведе	Владеет навыками самостоятел	Владеет навыками критического

<p>работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых естественнонаучных дисциплин навыками экспериментальной работы в области органической химии навыками использования теоретических основ базовых разделов естественнонаучных дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач, навыками экспериментальной работы в области органической химии</p>	<p>изучения методов синтеза и химических свойств таких классов органических соединений как карбоновые кислоты и их функциональные производные, азотсодержащих представителей органических соединений, гетероциклических соединений, углеводов и белков;- приобрести основополагающие знания по теоретической органической химии и навыков практической работы с органическим и веществами, - использовать полученные знания для планирования схем синтеза различного типа соединений; - использовать приобретенные теоретические и практические</p>	<p>учебной литературы, в т.ч., с использованием электронных ресурсов, частично владеет основной терминологией и понятийным аппаратом органической химии, навыками использования теоретических основ базовых разделов естественных дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач, навыками экспериментальной работы в области органической химии</p>	<p>освоенного учебного материала, в целом владеет основной терминологией и понятийным аппаратом органической химии, владеет отдельными навыками экспериментальной работы</p>	<p>бного изучения отдельных разделов учебной литературы, владеет основной терминологией и понятийным аппаратом органической химии, навыками экспериментальной работы в области органического синтеза</p>	<p>анализа учебной информации, уровень владения терминологией и понятийным аппаратом позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам органической химии, владеет прочными навыками экспериментальной работы в области органического синтеза</p>
--	---	--	--	--	--

	<p>знания для получения материалов с заданными свойствами для развития фарминдустрии и медицины.</p> <p>- навыками оформления полученных результатов в виде научных публикаций</p> <p>- хранения и обработки научных результатов</p>				
--	--	--	--	--	--

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>ОПК-1.1.</p> <p>Знать основные теоретические положения в области органической химии и дополнительных разделов органической химии (взаимное влияние фрагментов органической молекулы на реакционную способность, теорию резонанса, влияние статистических и динамических факторов на направление органического синтеза)</p>	<p>Знать: теоретические основы органической химии (взаимное влияние фрагментов органической молекулы на реакционную способность, теорию резонанса, влияние статистических и динамических факторов на направление органического синтеза);</p> <p>-состав, строение и свойства классов органических соединений, помогающие углубленно понять химию углеводов, гомофункциональных соединений, основных предшественников биомолекул – моносахаров и аминокислот, аминов, нитро-, азо- и diaзосоединений.);</p>	<p>Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа</p>
<p>ОПК-1.2.</p> <p>Уметь применять знания естественнонаучных дисциплин для решения</p>	<p>Уметь: решать типовые учебные задачи по основным разделам органической химии, спланировать схему синтеза и предсказать химические свойства органических соединений.</p> <p>определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных</p>	<p>Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа</p>

задач, анализа и обработки результатов экспериментов по органической химии	разделов математических и естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач	
<p>ОПК-1.3. Владеть навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых естественнонаучных дисциплин навыками экспериментальной работы в области органической химии</p> <p>навыками использования теоретических основ базовых разделов естественнонаучных дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач, навыками экспериментальной работы в области органической химии</p>	<p>Владеть навыками - углубленного изучения методов синтеза и химических свойств таких классов органических соединений как карбоновые кислоты и их функциональные производные, азотсодержащих представителей органических соединений, гетероциклических соединений, углеводов и белков;- приобрести основополагающие знания по теоретической органической химии и навыков практической работы с органическими веществами,</p> <p>- использовать полученные знания для планирования схем синтеза различного типа соединений;</p> <p>- использовать приобретенные теоретические и практические знания для получения материалов с заданными свойствами для развития фарминдустрии и медицины.</p> <p>- навыками оформления полученных результатов в виде научных публикаций</p> <p>- хранения и обработки научных результатов</p>	<p>Лабораторная работа, отчет Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа</p>

Критериями оценивания при *модульно-рейтинговой системе* являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

*для экзамена*:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

## Рейтинг-план дисциплины

### Органическая химия

Направление 04.03.02 «Химия, физика, механика материалов

Профиль Современные материалы для медицины и промышленности

курс 2 семестр 4

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 Углеводороды (алканы, алкены, алкины) 27 баллов</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>15</b>		<b>0</b>	<b>15</b>
1. <i>Написание самостоятельных работ</i>	1	4	0	4
№1. Номенклатура алканов	1	1	0	1
№2. Методы синтеза и химические свойства алканов и циклоалканов	1	1	0	1
№3. Синтез и свойства алкенов	1	1	0	1
№4 Синтез и свойства алкадиенов и алкинов	1	1	0	1
2. <i>Выполнение лабораторных работ</i>	1	3	0	3
3. <i>Коллоквиумы:</i>	4	1	0	4
№1 «Строение, синтез и свойства насыщенных углеводородов»				
№2 «Строение, синтез и свойства ненасыщенных углеводородов»	4	1	0	4
<b>Рубежный контроль</b>	<b>12</b>			<b>12</b>
1. Письменная контрольная работа №1	4	1	0	4
2. Индивидуальная контрольная работа	2	1	0	2
3. Выполнение тестовых заданий	3	2	0	6
<b>Модуль 2 Химия ароматических углеводородов 18 баллов</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>10</b>		<b>0</b>	<b>10</b>
1. <i>Написание самостоятельных работ</i>				
№5. Синтез и свойства бензола и его производных. Синтез и свойства полициклических ароматических соединений	2	1	0	2
2. <i>Выполнение лабораторных работ</i>	2	1	0	2
3. <i>Коллоквиумы</i>	6	1	0	6
№3-4. Ароматические углеводороды				
<b>Рубежный контроль</b>	<b>8</b>		<b>0</b>	<b>8</b>
1. Письменная контрольная	4	1		4

работа				
2. Выполнение тестовых заданий	2	1	0	2
2. Индивидуальная контрольная работа	2	1	0	2
<b>Модуль 3 Функциональные производные углеводов 27баллов</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>15</b>			<b>15</b>
<i>1. Написание самостоятельных работ</i>	1	2	0	2
№6. Синтез и свойства алифатических спиртов	1	1	0	1
№7. Синтез и свойства гидроксипроизводных ароматического ряда	1	1	0	1
<i>2.Выполнение лабораторных работ</i>	1	1		1
<i>3. Коллоквиумы</i>	6	2	0	12
№5. Синтез и свойства галогенпроизводных углеводов	6	1	0	6
№6 «Синтез и свойства кислородсодержащих соединений»	6	1	0	6
<b>Рубежный контроль</b>	<b>10</b>		<b>0</b>	<b>10</b>
1. Письменная контрольная работа	6	1	0	6
2. Индивидуальная контрольная работа	2	1	0	2
3. Выполнение тестовых заданий	2	1	0	2
Непосещение лекций				-6
Непосещение практических занятий				-10
<b>Итоговый контроль</b>				
2. Экзамен	30	1	0	30
<b>Поощрительные баллы:</b>			<b>0</b>	<b>10</b>

курс 3 семестр 5

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Мин.	Макс.
<b>Модуль 1. Карбонильные соединения (20 баллов)</b>				
<b>Текущий контроль</b>				<b>10</b>
Самостоятельная работа №1 «Методы синтеза и свойства карбонильных соединений»	2	1	0	2
Выполнение лабораторных работ. Синтез и свойства карбоновых кислот	2	1	0	2
Коллоквиум №1 «Карбонильные соединения»	6	1	0	6
<b>Рубежный контроль</b>	<b>10</b>			<b>10</b>

Домашняя контрольная работа №1	4	1	0	4
Контрольная работа №1 «Карбонильные соединения»	6	1	0	6
<b>Модуль 2. Карбоновые кислоты, их производные по карбоксильной группе и функциональные производные карбоновых кислот (28 баллов)</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>16</b>
Самостоятельная работа №2 «Методы синтеза и свойства карбоновых кислот и их производных»	2	1	0	2
Самостоятельная работа №3 «Производные карбоновых кислот»	2	1	0	2
Самостоятельная работа №4 «Гидрокси- и оксокарбоновые кислоты»	2	1	0	2
Выполнение лабораторных работ. Синтез и свойства карбоновых кислот	2	1	0	2
Коллоквиум №2 «Карбоновые кислоты и их производные, функциональные производные карбоновых кислот»	8	1	0	8
<b>Рубежный контроль</b>				<b>12</b>
Домашняя контрольная работа №2	4	1	0	4
Контрольная работа №2 «Карбоновые кислоты и их производные»	8	1	0	8
<b>Модуль 3 Азот-, серу- и фосфорсодержащие органические соединения (22 балла)</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>14</b>		<b>0</b>	<b>14</b>
Самостоятельная работа №5 «Синтез и свойства нитросоединений»	2	1	0	2
Самостоятельная работа № 6 «Синтез и свойства аминов, азо- и diaзосоединений»	2	1	0	2
Самостоятельная работа № 7 «Органические производные серы и фосфора»	2	1	0	2
Выполнение лабораторных работ «Синтез diaзосоединений и азокрасителей»	2	1	0	2
Коллоквиум №3 «Азотсодержащие производные органических соединений»	6	1	0	6
<b>Рубежный контроль</b>	<b>8</b>		<b>0</b>	<b>8</b>
Аудиторная контрольная работа №3 «Азотсодержащие органические соединения»	8	1	0	8
<b>Посещение лекционных занятий</b>				<b>-6</b>
<b>Посещение практических (семинарских, лабораторных) занятий</b>				<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				

2. Экзамен	30	1	0	30
<b>Поощрительные баллы:</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
Помощь в учебно-методической работе по предмету				<b>10</b>

#### 4 семестр

#### Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Структура экзаменационного билета:

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса из разных разделов программы курса и задачу на установление структуры органического соединения разными методами

Примерные вопросы для экзамена:

**Общие понятия органической химии.** Строение и реакционная способность углеводов. Пространственное строение органических соединений. Основы спектроскопии. Основы теории оптических методов анализа органических соединений. Виды полос поглощения для различных классов органических соединений в ИК-спектоскопии, применение для идентификации структуры. Возможности и ограничения применения УФ-спектроскопии для установления строения органических соединений. Метод ядерного магнитного резонанса как наиболее информативный метод в установлении структуры органических соединений. Понятие о других методах: рентгеноструктурный анализ, комбинационное рассеивание, электронный парамагнитный резонанс.

**Алканы.** Гомологический ряд, номенклатура. Электронное и пространственное строение, изомерия, длины связей, валентные углы. Выделение из природных источников. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводов, восстановление галоидных алкилов, спиртов, карбонильных соединений, реакция Вюрца, декарбокислирование и электролиз солей карбоновых кислот (реакция Колбе). Физические свойства алканов, зависимость их от длины и разветвленности молекулы. Спектральные характеристики. Химические свойства алканов. Гомолитический тип разрыва связи. Свободные радикалы, факторы определяющие их относительную стабильность. Свободнорадикальные реакции замещения в алканах (галогенирование, сульфохлорирование, нитрование, окисление). Гетеролитический разрыв связей в алканах. Карбокатионы, строение, реакционная способность и основные пути превращения. Соединения включения. Основные пути использования алканов, в том числе в качестве базовых растворителей для полимерных материалов. Смазочные материалы.

**Циклоалканы.** Классификация и номенклатура, вопросы стереохимии циклоалканов, конформация и изомерия циклогексана и его производных. Понятие о пространственном строении других циклоалканов. Особенности строения циклопропанового кольца. Методы синтеза насыщенных циклов: из дигалогеналканов по реакции Вюрца, взаимодействие diaзосоединений с алкенами, синтез на основе малонового эфира и дикарбоновых кислот, диеновый синтез. Гидрирование ароматических углеводов. Расширение и сужение циклов (Демьянов). Физические свойства циклоалканов, относительная устойчивость циклов разных размеров, различные типы напряжений. Химические свойства циклогексана, циклопентана и циклобутана. Химия циклопропана и макроциклов. Применение в качестве сырья в синтезе мономеров для полимерных материалов и синтетических волокон.

**Полициклические насыщенные углеводороды.** Номенклатура и типы бифункциональных систем. Соединения с изолированными циклами, спираны, конденсированные и мостиковые системы. Декалины и их пространственное строение. Природные полициклические системы (терпены, стероиды, ментол, камфора, холестерин, борнеол). Каркасные соединения (адамantan).

**Алкены.** Номенклатура, изомерия, электронное строение. Методы получения алкенов. Использование нефтехимического сырья (дегидрирование алканов). Частичное гидрирование алкинов, дегидрогалогенирование (правило Зайцева), дегалогенирование, дегидратация, термическое разложение четвертичных аммонийных солей (реакция Гофмана), реакции олефинирования карбонильных соединений (Виттига, Петерсена, Хорнера и Эммонса). Физические свойства и

спектральные характеристики алкенов  
Химические свойства алкенов. Гидрирование в присутствии гетерогенных катализаторов (скелетные катализаторы, катализаторы на носителях). Механизм реакции. Гомогенное гидрирование, представление о его механизме. Присоединение электрофильных реагентов по двойной связи (галогенводородов, галогенов, кислот, воды). Правило Марковникова, стереохимия электрофильного присоединения. Обращение ориентации присоединения НВг по Карашу, обсуждение механизма. Гидроборирование и гидроалюминирование алкенов, оксосинтез. Окислительные превращения алкенов. Эпоксидирование перекисью водорода, надкислотами, *трет.*-бутилгидроперекисью (в присутствии соединений металлов). Эпоксидирование по Шарплесу. Эпоксидные смолы. *Цис*- и *транс*-гидроксилирование, получение оптически активных диолов расщеплением эпоксидов. Расщепление связи С=C (OsO<sub>4</sub>, KMnO<sub>4</sub>, йодной кислотой, озонированием). Синтез новых мономеров контролируемым озонолизом циклоолигомеров.

Координация алкенов с переходными металлами. Представление о природе связи алкен-металл. Реакции олигомеризации, соолигомеризации. Полимеризация (катионная, свободнорадикальная и координационная). Зависимость микроструктуры полимера от применяемой каталитической системы. Реакции алкенов по аллильному положению: галогенирование, окисление, окислительный аммонолиз. Аллильный катион, радикал и анион.

**Алкадиены.** Номенклатура, классификация, изомерия и электронное строение. Способы получения сопряженных диенов с помощью реакции дегидрирования, дегидрохлорирования, дегидратации. Главные представители класса (изопрен, бутадиев, пиперилен). Промышленный синтез 1,3-бутадиев из этилового спирта (Лебедев), изопрена из ацетона и ацетилен (Фаворский).

Химические свойства 1,3-диенов. Каталитическое гидрирование, реакции электрофильного присоединения галогенов и галогенводородов, ориентация в этих реакциях в условиях кинетического и термодинамического контроля, диеновый синтез.

Полимеризация и циклоолигомеризация 1,3-диенов. Природный и синтетический каучук, гуттаперча, вулканизация каучука, полиацетилен, модификация синтетических полимеров. Понятие о изопреноидах, полиенах, каратиноидах, кумуленах.

**Алкины.** Номенклатура, изомерия и электронное строение тройной связи. Методы получения алкинов (из дигалогенпроизводных и галоидных винилов, карбидный и пирометаллический способы получения ацетилен). Физические свойства и спектральные характеристики алкинов. Химические свойства. Реакции присоединения по тройной связи: восстановление натрием в жидком аммиаке, каталитическое гидрирование, влияние катализатора на стереохимию реакции. Присоединение воды (по Кучерову), спиртов, карбоновых кислот, галогенводородов, цианистого водорода, реакции Фаворского и Реппе. Оксосинтез с использованием алкинов. Реакции нуклеофильного присоединения по тройной связи. Использование алкинов в качестве диенофилов в реакциях циклоолигомеризации. Кислотные свойства терминальных ацетиленов, ацетилениды металлов, реагенты Иоцича и Иоцича-Преображенского. Синтезы с использованием ацетиленидов металлов. Полиацетилены.

**Ароматические углеводороды.** Бензол и его гомологи, номенклатура, изомерия, электронное строение бензольного кольца. Понятие об ароматичности, правило Хюккеля. Небензоидные ароматические системы (циклопропенилий и тропилий катионы, циклопентадиенилий-анион, азулен, анулены). Источники ароматических углеводородов. Способы получения аренов: образование в реакциях дегидрирования циклоолефинов, диспропорционирование циклогексена и циклогексадиена («необратимый катализ Зелинского»), тримеризация ацетилен и его производных. Физические свойства и спектральные характеристики бензола и его гомологов. Химические свойства бензола. Окисление. Реакции радикального присоединения, образование гексахлорциклогексана. Гидрирование бензола натрием в жидком аммиаке (реакция Берча). Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду: сульфирование, нитрование, галогенирование, алкилирование, ацилирование. Механизм реакции электрофильного замещения. Влияние заместителей в бензольном кольце на изомерный состав продуктов и скорость реакции. Радикальное замещение.

**Алкилбензол.** Способы получения прямым алкилированием бензола и через его ацилпроизводные, по реакции Вюрца-Фиттига. Реакции электрофильного замещения, дезалкилирование, диспропорционирование, изомеризация. Реакции окисления и радикального замещения в боковой цепи.

**Стирол, фенилацетилен.** Химические свойства, практическое значение реакции полимеризации. Дифенил, строение и способы получения. Влияние заместителей на степень компланарности ароматических колец. Атропоизмерия в ряду дифенила, реакции электрофильного замещения, ориентация в этих реакциях и влияние на нее заместителей. Трифенилметан.

**Нафталин.** Номенклатура и изомерия производных нафталина, его электронное строение и ароматичность. Получение нафталина, химические свойства: каталитическое гидрирование,

восстановление по Берчу, окисление и влияние заместителей на направление этой реакции. Реакции электрофильного замещения в нафталине и его производных.

**Антрацен, фенантрен.** Строение, номенклатура и изомерия производных. Электронное строение, ароматичность. Химические свойства: реакции гидрирования, окисления, электрофильного присоединения и замещения. Использование антрацена в диеновом синтезе. Природные соединения с ядром фенантрена.

**Галогенпроизводные углеводородов.** Моногалогенпроизводные алифатических углеводородов. Номенклатура, изомерия. Полярность связи C-Hal и ее зависимость от природы атома галоида. Образование связи C-Hal путем замещения водорода и гидроксильной группы, присоединение по двойной связи олефинов галогенов и галогенпроизводных, условие реакции перегалоидирования. Химические свойства моногалогеналканов. Нуклеофильное замещение галогена. Понятие о механизмах Sn1, Sn2 и Sn2-i'. Реакции элиминирования, механизмы E1 и E2. Подтверждение наиболее вероятного пути протекания реакции данными кинетических исследований и стереохимии. Влияние природы, концентрации нуклеофила и основания, строения алкилгалогенида, природы растворителя на состав продуктов реакции, учет этих зависимостей при планировании синтезов с использованием алкилгалогенидов. Взаимодействие галогеналканов с водородом и металлами, реакции Вюрца и кросс-сочетания. Комплексообразование с ионами металлов и кислотами Льюиса.

**Полигалогенпроизводные алканов.** Получение (хлорирование, галоформенная реакция, присоединение дигалокарбенов по двойной связи). Свойства полигалогенпроизводных алканов. Соединения с повышенной подвижностью атома галогена. Аллил и бензилгалогениды, способы их получения и особенности химического поведения. Хлорметилирование ароматических соединений. Ди- и трифенилхлорметаны. Стабильные свободные радикалы и карбокатионы. Бензилхлорид и бензотрихлорид, получение и свойства. Соединения с пониженной подвижностью атома галогена. Хлористый винил и хлоропрен. Способы получения, химические свойства и применение. Полихлорированные и полифторированные производные этилена, полимеры на их основе. Отличительные особенности фторалканов и полимеров содержащих фтор.

**Ароматические галогенпроизводные.** Получение галогенированием ароматических углеводородов, синтез из солей диазония. Реакции по связи C-Hal, нуклеофильное и электрофильное замещение в ароматическое ядро. Полихлорпроизводные бензола, получение и свойства.

**Магний- и литийорганические соединения.** Природа связи в реактивах Гриньяра. Методы получения. Химические свойства. Взаимодействие с протонодонорными соединениями, галогенами, кислородом, карбонильными соединениями, двуокисью углерода. Синтезы с участием магнийорганических соединений.

**Гидроксипроизводные углеводородов.** Одноатомные насыщенные спирты. Номенклатура, изомерия, классификация. Электронная природа и полярность связей C-O и O-H, водородная связь, ее влияние на физические свойства спиртов. Спектральные характеристики спиртов. Способы образования гидроксильной группы: присоединение воды к олефинам, нуклеофильное замещение галогена в галоидалканах, восстановление карбонильной, карбоксильной и сложноэфирной группы, синтезы с использованием металлорганических соединений. Промышленные способы получения простейших алифатических спиртов. Химические свойства: кислотно-основные свойства, реакции замещения гидроксильной группы, образование галогенводородов, дегидратация, механизмы реакции замещения и отщепления. Алкиловые эфиры минеральных кислот и их использование в синтезе. Взаимодействие спиртов с олефинами, ацетиленовыми соединениями, образование простых и сложных эфиров, ацеталей карбонильных соединений. Окисление спиртов до карбонильных соединений органическими и неорганическими реагентами. Практическое применение высших спиртов. Пластификаторы.

**Многоатомные спирты.** Гликоли, способы их получения. Химические свойства: превращение в  $\alpha$ -окси, дегидратация, пинаколиновая перегруппировка, расщепление в карбонильные соединения тетраацетатом свинца и йодной кислотой. Этиленгликоль и его свойства, полиэтиленгликоль. Глицерин и методы получения. Химические свойства и применение для получения практически важных новых материалов.

**Аллиловые и бензильные спирты.** Строение и связанные с этим особенности химического поведения. Аллильная перегруппировка, пропаргиловый спирт, виниловый спирт и его производные. Полимерные материалы на основе виниловых мономеров.

**Гидроксипроизводные ароматических углеводородов.** Фенол и его гомологи, нафтолы. Способы получения (щелочное плавление солей сульфокислот, гидролиз галогенпроизводных, синтезы через соли диазония, кумольный способ получения фенола). Химические свойства: образование фенолятов, простых и сложных эфиров. Влияние заместителей в бензольном кольце на подвижность водорода гидроксильной группы. Замещение гидроксигруппы. Реакция электрофильного замещения в

ароматическое кольцо: галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование. Перегруппировка Фриса, реакция Гаттермана, Хеша, Раймера-Тимана, Вильсмайера-Хаака. Конденсация фенолов с формальдегидом, фенолформальдегидные смолы. Гидрирование и окисление фенолов. Фенольные стабилизаторы полимерных материалов. Бисфенолы, многоатомные фенолы и их химические свойства. Флороглуцин, пирагаллол, особенности их химического поведения.

**Простые и виниловые эфиры,  $\alpha$ -окиси.** Номенклатура и классификация простых эфиров, способы получения. Реакции омыления, расщепления и окисления. Образование гидроперекисей, их обнаружение и удаление. Циклические простые эфиры (тетрагидрофуран, 1,3- и 1,4-диоксаны, краун-эфиры). Методы получения виниловых эфиров и их химические свойства, гидролиз, реакции присоединения, полимеризации и сополимеризации.

**Элементы стереохимии.** Хиральность молекул. Асимметричный атом углерода, R-,S-номенклатура. Проекционные формулы. Энантиомеры, рацематы, D-,L-номенклатура. Соединение с двумя асимметричными атомами углерода, диастереомеры, эритро- и трео-формы, мезо-формы. Разделение рацематов (работы Пастера, кинетическое разделение эпоксидированием по Шарплесу). Обращение конфигураций и рацемизация. Асимметрический синтез, асимметрический катализ, практическое применение в укрупненном синтезе. Оптическая изомерия соединений, не содержащих асимметрического атома углерода.

**Карбонильные соединения.** Номенклатура, классификация, строение. Основные спектральные характеристики и физические свойства. Способы образования карбонильной группы: окисление алканов и алкилароматических углеводородов. Синтез гидролизом геминальных дигалогенпроизводных и виниловых эфиров, озонлиз и каталитическое окисление олефинов, оксо-синтез, окисление и дегидратация спиртов, окислительное расщепление гликолей, реакция Соммле. Синтез альдегидов и кетонов из карбоновых кислот и их производных: восстановлением кислот, восстановлением хлорангидридов, взаимодействие карбоновых кислот и их производных с магниорганическими соединениями, пиролиз солей карбоновых кислот. Макроциклические кетоны и их синтез. Синтез ароматических карбонильных соединений по Фриделю-Крафтсу. Химические свойства. Реакции с нуклеофилами: гидратация, получение ацеталей, полуацеталей и кеталей, дигалогид- и бисульфитных производных. Образование азотсодержащих производных и их реакции. Геометрическая изомерия оксимов, превращения катализируемые кислотами, перегруппировка Бекмана, реакция Кижнера-Вольфа. Реакции с магниорганическими соединениями. Кетоенольная таутомерия и связанные с ней свойства карбонильных соединений: галогенирование и галоформное расщепление, нитрозирование, алкилирование. Альдольно-кетоновая конденсация и её механизм при кислотном и основном катализе, реакция Кневенагеля.

**Окислительно-восстановительные реакции.** Окислительно-восстановительные реакции альдегидов и кетонов. Окисление альдегидов до карбоновых кислот, окисление кетонов без разрыва и с разрывом углерод-углеродных связей (правило Попова). Каталитическое гидрирование карбонильных соединений, восстановление комплексными гидридами металлов, спиртами в присутствии алколюлятов алюминия (реакции Тищенко, равновесие Меервейна-Понндорфа-Верлея), реакции Клеменсена, Канницаро, бензоиновая конденсация.

**Дикарбонильные соединения.** Номенклатура, классификация.  $\alpha$ -ди-карбонильные соединения: глиоксаль, метилглиоксаль, свойства и реакции. Бензальдегид, бензидиновая перегруппировка.  $\beta$ -Дикарбонильные соединения, кето-енольная таутомерия,  $\beta$ -дикетонаты металлов.  $\gamma$ -Ди-карбонильные соединения и их использование в синтезах гетероциклов.

**$\alpha,\beta$ -Непредельные альдегиды и кетоны.** Электронное строение и его связь с реакционной способностью. Синтез реакциями окисления-дегидратации и галоидирования-дегалогидирования. Кетоновая конденсация карбонильных соединений. Влияние строения  $\alpha,\beta$ -непредельных карбонильных соединений на реакционную способность. Селективное восстановление металлами и комплексными гидридами металлов. Реакции присоединения воды, спиртов, галоген-водородов. Эффект винилологии. Реакции конденсации. Кетены, методы синтеза и химические реакции.

**Хиноны.** Получение. Свойства. Сопоставление свойств хинонов и  $\alpha,\beta$ -непредельных кетонов.

## 5 семестр

### Образец экзаменационного билета:

Башкирский государственный университет

Инженерный факультет

Кафедра технической химии и материаловедения

Направление «Химия, физика и механика материалов»,

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Пространственное строение циклопропана, циклобутана и циклопентана. Особенности строения и свойств средних циклов и макроциклов.
2. Синтез и свойства  $\beta$ -дикарбонильных соединений. Химическое поведение дикарбонильных соединений с изолированными карбонильными группами.
3. Задача. Установите структуру соединения формулы  $C_5H_{11}NO$ , имеющего в ПМР-спектре дуплет при 1,18 м.д., септет при 2,2 м.д. и два уширенных синглета при 2,8 и 3,01 м.д. с соотношением интенсивностей 3:1. В ИК-спектре данное соединение наряду с другими имеет характеристические частоты при 1680 и 3220  $cm^{-1}$ . Получите данное соединение из изопропилового спирта.

Составитель: к.х.н., доц.

Ямансарова Э.Т.

Зав. кафедрой ТХМ

Мухамедзянова А.А.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

#### Критерии оценки (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

#### Задания для самостоятельных работ

Описание задания:

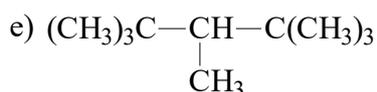
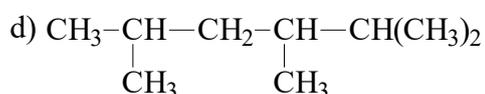
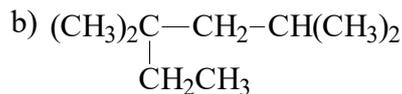
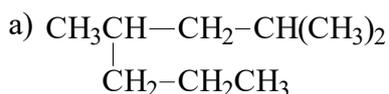
Самостоятельные (проверочные) работы проводятся после каждого практического занятия по определенной тематике с целью оценить степень усвоения лекционного

материала и способность студента применять его при решении задач разного уровня, для закрепления пройденного материала в качестве текущего контроля. Программа дисциплины разбита на 4 крупных темы, которые, в свою очередь на более мелкие подтемы. В течение семестра проводится 8 самостоятельных (проверочных) работ, которые распределены по модулям дисциплины. Каждый из 14 вариантов проверочной работы содержит 4-5 задач. Обязательно каждый вариант содержит задания на номенклатуру соединений, методы синтеза, химические свойства, цепочки превращений.

### Самостоятельная работа № 1

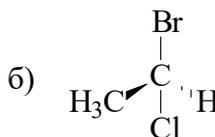
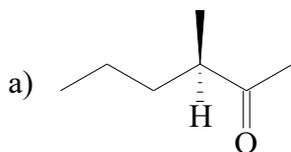
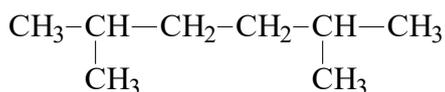
#### Вариант 1

1. Назовите следующие соединения по рациональной номенклатуре и номенклатуре ИЮПАК:
2. Напишите структурные формулы следующих соединений:



- а) метилэтилизопропилметан
- б) 2-метил-5-трет-бутилнонан
- в) гексадекан
- г)  $\alpha$ -пропил- $\alpha,\beta,\beta$ -триметилэтан
- д) диизоамил

3. Сколько вторичных атомов углерода содержится в следующей структуре:
4. Назовите соединения с учетом абсолютной конфигурации оптически активного центра:



### Самостоятельная работа № 2

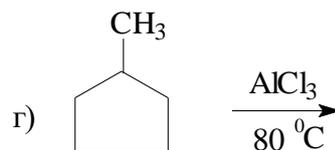
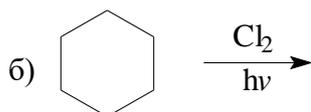
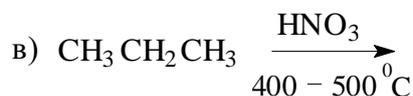
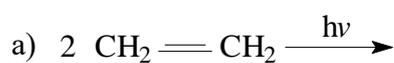
#### Синтез и химические реакции циклических и ациклических насыщенных соединений

#### Вариант 1

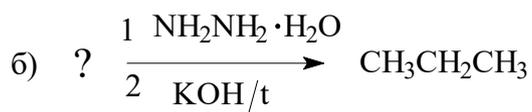
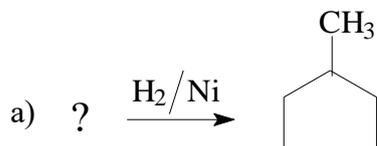
1. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения



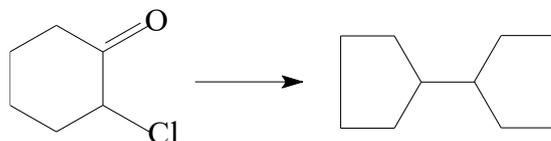
2. Какие продукты реакции получатся в результате следующих превращений



3. Какие исходные соединения были взяты в реакцию

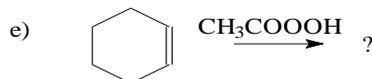
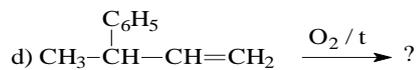
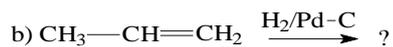
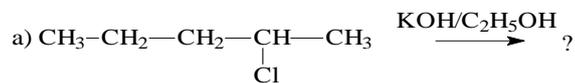


4. Осуществите синтез и назовите полученное соединение

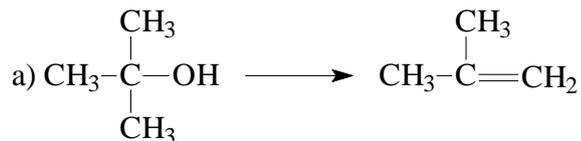


**Самостоятельная работа № 3**  
**Синтез и свойства алкенов**  
 Вариант № 1

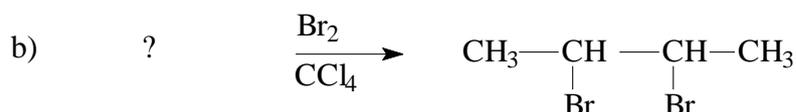
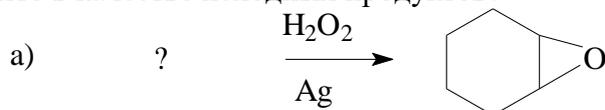
1. Какие продукты реакции получатся?



2. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



3. Что было взято в качестве исходных продуктов?



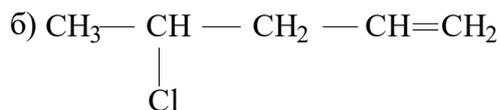
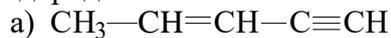
4. Как получить (E)-гексен-3 из 3,4-дибромгексана?

#### Самостоятельная работа № 4

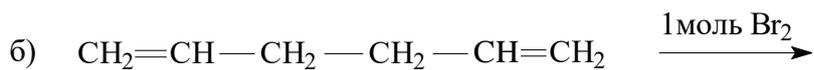
#### Методы получения и химические свойства алкинов и алкадиенов

##### Вариант 1

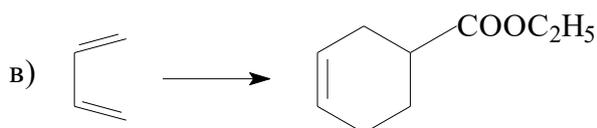
1. Назовите следующие углеводороды



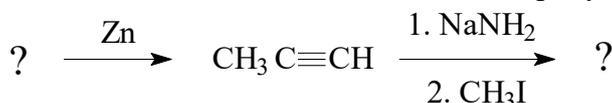
2. Какие продукты реакции образуются в результате следующих превращений:



3. С помощью, каких реагентов и в каких условиях можно осуществить следующие превращения:



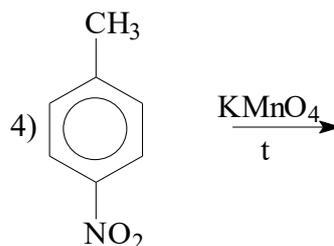
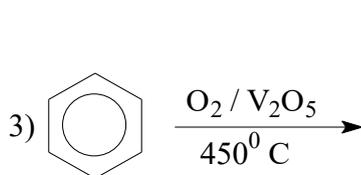
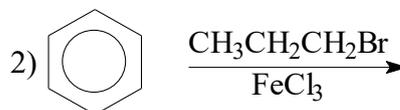
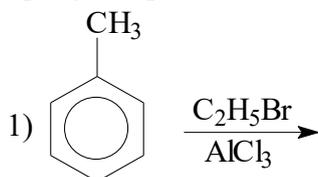
4. Что было взято в качестве исходного соединения, и какой продукт реакции получился?



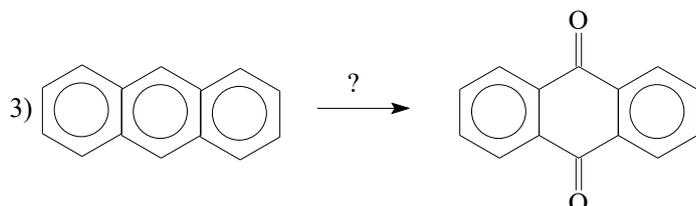
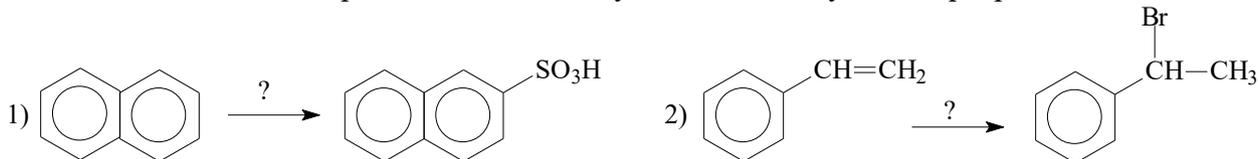
5. Предложите метод синтеза бензола из метана.

**Самостоятельная работа № 5**  
**Химия ароматических соединений**  
**Вариант № 1**

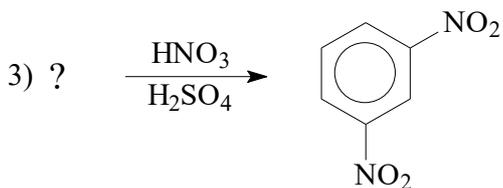
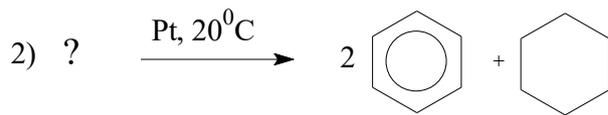
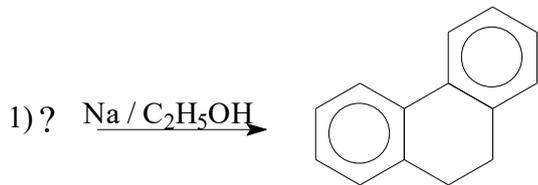
1. Какие продукты реакции получают?



2. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



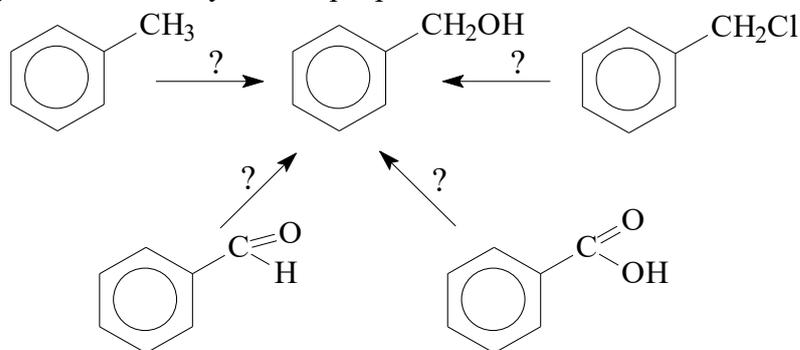
3. Из каких исходных соединений получены следующие продукты?



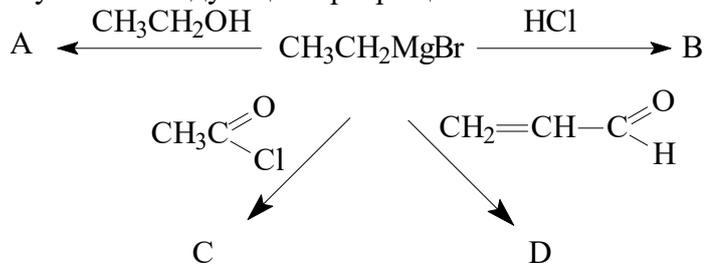
4. Предложите схему синтеза 1,3,5-бензолтрикарбоновой кислоты из ацетилена и хлористого метила.

**Самостоятельная работа № 6**  
**Методы получения и химические реакции алифатических спиртов**  
 Вариант 1

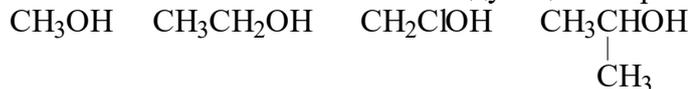
1. Как можно осуществить следующие превращения:



2. Что получится в результате следующих превращений:



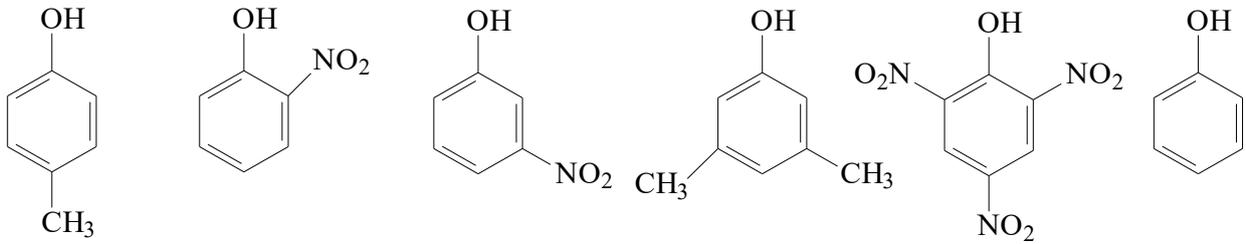
3. Расположите по увеличению кислотных свойств следующие спирты:



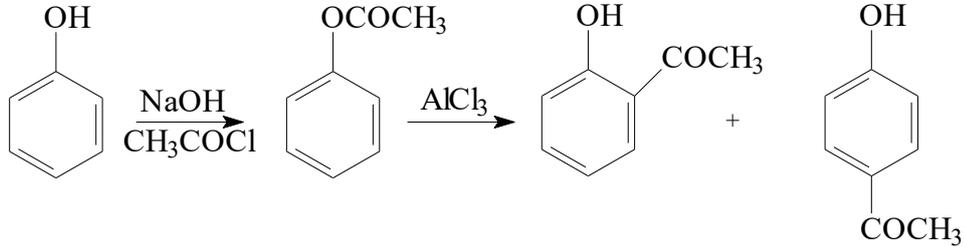
4. Предложите структуру спирта  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ , если он не реагирует с  $\text{CrO}_3$  в кислой среде, но легко образует галоидный алкил. Какой полимер может быть получен с его применением?

**Самостоятельная работа № 7**  
**Методы получения и химические свойства фенолов**  
 Вариант № 1

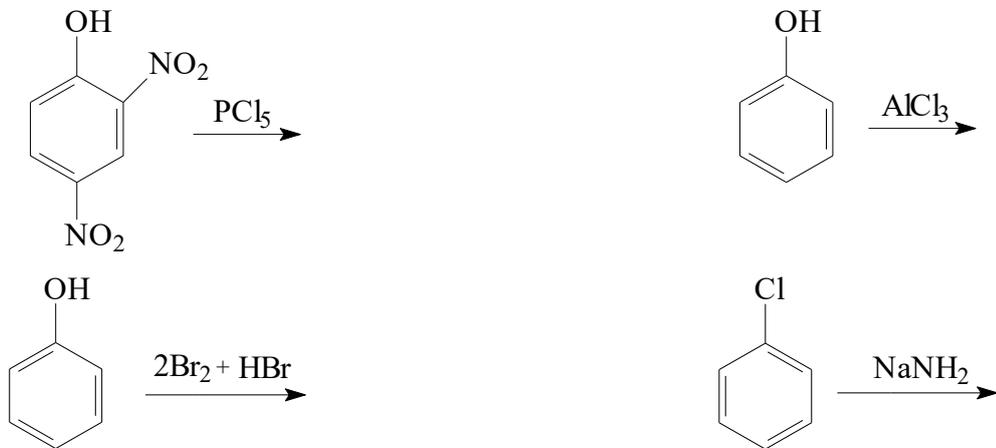
1. Расположите по возрастанию реакционной способности в реакции Вильямсона следующие соединения:



2. Объясните механизм образования следующих соединений:



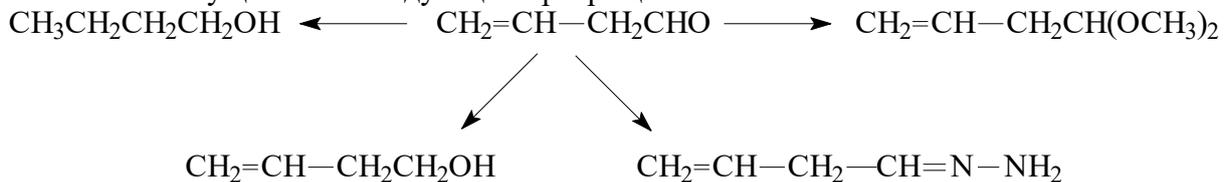
3. Какие соединения образуются в результате следующих превращений?



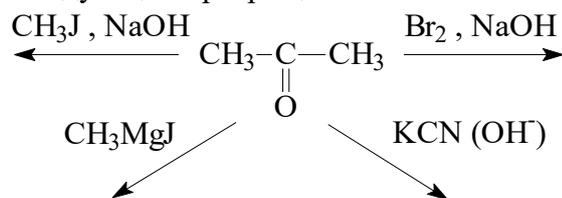
4. Два соединения имеют одинаковую брутто-формулу  $C_9H_{10}O$ . Какое они могут иметь строение, если оба обесцвечивают бромную воду, но одно из них не образует окрашивания с  $FeCl_3$ , а другое, получаемое из первого нагреванием, такое окрашивание дает.

**Самостоятельная работа № 8**  
**Химия карбонильных соединений**  
 Вариант 1

1. Как можно осуществить следующие превращения:



2. Что получится в результате следующих превращений:



3. Что получится в результате конденсации:

а) двух молей пропионового альдегида в среде  $NaOEt$  при нагревании;

б) ацетона и уксусного альдегида в щелочной среде.

4. Осуществите синтез метилвинилкетона из пропановой кислоты.

### Задания для контрольной работы

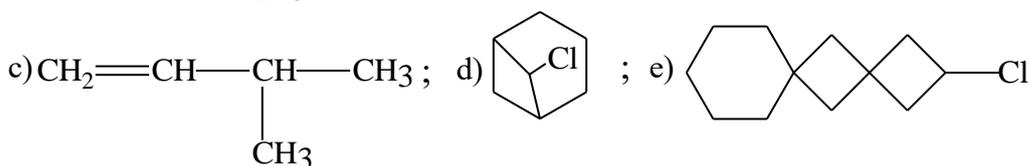
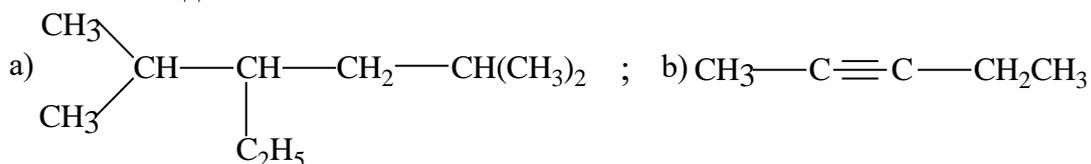
Описание контрольной работы:

Контрольные работы проводятся с целью оценить степень усвоения лекционного материала и способность студента применять его при решении задач разного уровня, для закрепления пройденного материала в качестве рубежного контроля. При изучении дисциплины в течение семестра проводится 3 контрольных работы, которые распределены равномерно по модулям дисциплины. Каждый из 14 вариантов контрольной работы содержит 8-9 задач. Обязательно каждый вариант содержит задания на номенклатуру соединений, методы синтеза, химические свойства, цепочки превращений и спектральную задачу.

*Пример варианта контрольной работы:*

**Контрольная работа № 1**  
**«Методы синтеза и химические реакции алканов,**  
**циклоалканов, алкенов, алкадиенов и алкинов»**  
**Вариант 1**

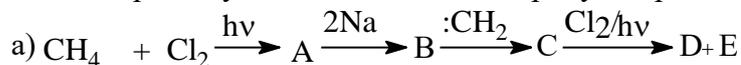
1. Назовите соединения:



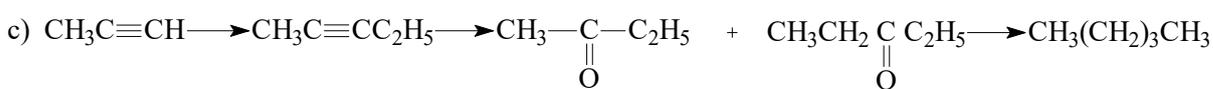
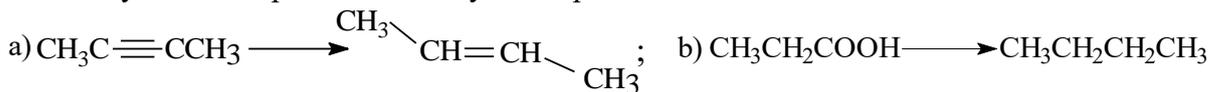
2. Предложите метод получения 2,3-диметилбутадиена из бутановой кислоты.

3. Общие положения электрофильного присоединения к алкенам. Обсудить механизм на примере присоединения HBr к 1-метил-циклогексену.

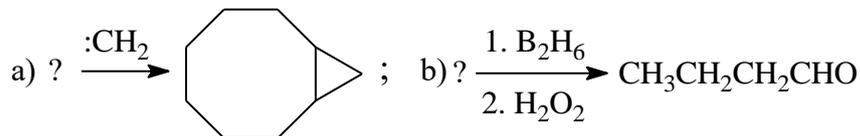
4. Укажите промежуточные и конечный продукты реакций:



5. В каких условиях протекают следующие реакции:



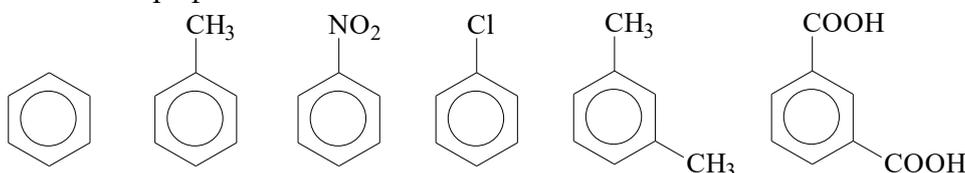
6. Из каких соединений получены конечные продукты?



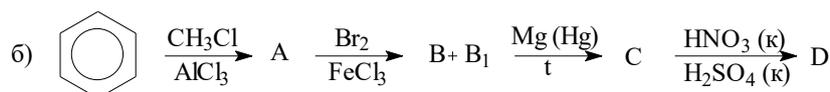
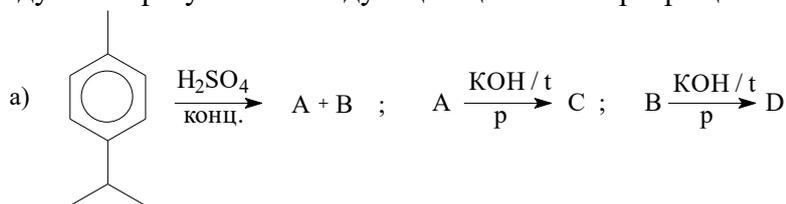
7. Напишите наиболее предпочтительную конформацию пентана по связи C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>.
8. Установите строение соединения формулы C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>, если при взаимодействии его с HBr получается соединение C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Br, дающее единственное нитропроизводное в условиях реакции Коновалова.
9. В ИК-спектре некоторого соединения присутствуют полосы поглощения при 1320, 1340, 1460 и 2950 см<sup>-1</sup>. Масс-спектр его содержит молекулярный ион [M]<sup>+</sup> 100 и интенсивные пики [M-15] и [M-43] В ЯМР<sup>1</sup>H-спектре имеются дублет при 1.03 м.д. и два мультиплета при 1.38 и 1.61 м.д. Соотношение интенсивности сигналов 6:1:1. Установите структуру соединения.

**Контрольная работа № 2**  
**«Химия ароматических соединений»**  
**Вариант 1**

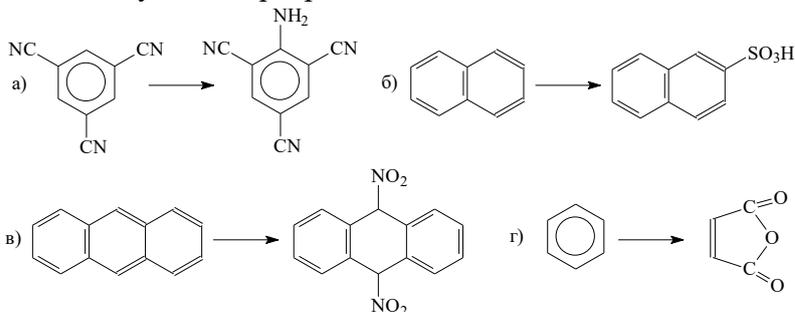
1. Расположите данные соединения в ряд по увеличению реакционной способности в реакциях электрофильного замещения:



2. Одно из соединений формулы C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>, содержащих шестичленный цикл обесцвечивает бромную воду, а другое при окислении KMnO<sub>4</sub> дает фталевый ангидрид. Какова структура этих соединений?
3. Какие продукты образуются в следующих цепочках превращений?

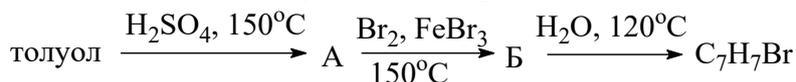


4. Предложите метод синтеза:
  - а) *мета*-нитрохлорбензола из гексана;
  - б) β-нафтола из декалина.
5. Как осуществить следующие превращения:



6. С привлечением резонансных структур объясните, почему метаксилол реагирует с бромом легче, чем толуол, и легче, чем бензол.
7. Какие реакции можно привести в доказательство того, что нафталин проявляет меньшую ароматичность по сравнению с бензолом?

8. В результате последовательно протекающих реакций:

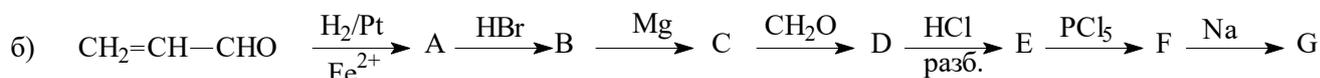
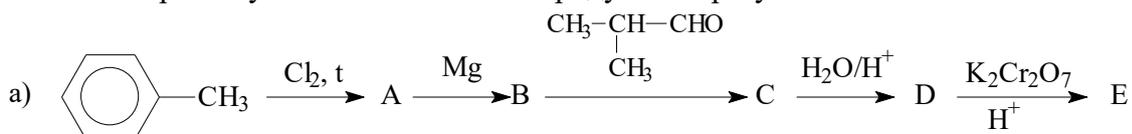


что получилось за соединение, если в ИК-спектре есть полосы 689 с, 1600 ср, 3080 сл, а в ПМР-спектре сигналы 2.4 с (3H), 7.08 д (2H), 7.24 д (2H)? Объясните, с какой целью использовалась реакция сульфирования.

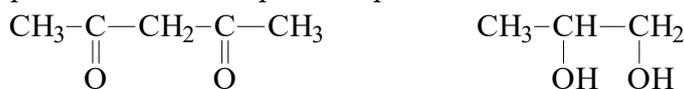
**Контрольная работа № 3**  
**«Кислородсодержащие соединения»**

**Вариант 1**

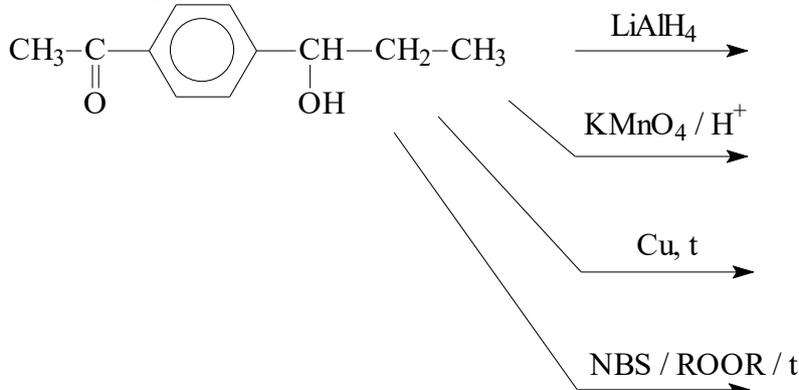
1. В раствор жидкого аммиака добавили порциями натрий, а затем, после того как он прореагировал, *n*-хлортолуол. Что получится в результате данной реакции, и каков ее механизм?
2. Какие промежуточные и конечные продукты образуются:



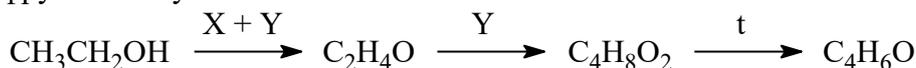
3. Характерными реакциями подтвердите строение соединений:



4. Как превратить бензиловый спирт в бензиловый эфир бензойной кислоты?
5. Закончите уравнения реакций:



6. Какое вещество образуется при нагревании смеси диэтилкетона, параформа и деметиламина?
7. Определите строение соединения состава  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ , если известно, что оно дает осадок оранжевого цвета с  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$ , а при восстановлении  $\text{LiAlH}_4$  образует оптически активный спирт. Получите из него 1-бром-3-оксобутан.
8. Расшифруйте схему:



Конечное соединение в ИК-спектре имеет полосы поглощения при 1640  $\text{cm}^{-1}$ , 1705  $\text{cm}^{-1}$ , 2870  $\text{cm}^{-1}$ , а в ЯМР  $^1\text{H}$  дублет при 1.6 м.д., мультиплет при 5.6 м.д., дублет при 6.07 м.д. и уширенный синглет при 9.6 м.д.

Описание методики оценивания:

Критерии оценки (в баллах):

- 80-100 баллов выставляется студенту, если полностью решены 6-8 заданий, в том числе в обязательном порядке задача на установление структуры;
  - 50-79 баллов выставляется студенту, если решены не менее 50 % заданий, в том числе цепочки превращений, спектральная задача решена, но имеются недочеты;
  - 30-49 баллов выставляется студенту, если решены не менее 30 % заданий и имеются существенные ошибки в решении задач, но общая тенденция правильная;
  - 0-29 баллов выставляется студенту, если имеются грубые ошибки в выполнении заданий.
- Затем эти баллы пропорционально переводятся в баллы рейтинга за конкретную контрольную работу

### **Задания для коллоквиума**

Описание заданий для коллоквиума:

Коллоквиумы проводятся в виде собеседования в устно-письменной форме с целью оценить степень усвоения лекционного материала и способность студента применять его при решении задач разного уровня, для закрепления пройденного материала в качестве текущего контроля. При изучении дисциплины в течение семестра проводится 7 коллоквиумов, которые распределены по модулям дисциплины. Каждый студент в подгруппе обязан решить письменно один из 14 вариантов, который содержит 6-8 задач. Обязательно каждый вариант содержит задания на номенклатуру соединений, методы синтеза, химические свойства, цепочки превращений и спектральную задачу. Далее следует собеседование с преподавателем по двум теоретическим вопросам. При необходимости преподаватель задает дополнительные вопросы для возможности объективного оценивания.

Примеры задания на коллоквиум

#### ***КОЛЛОКВИУМ № 1***

#### ***«Строение, синтез и свойства алканов и циклоалканов»***

1. Гомологический ряд алканов. Название первых 30 членов ряда.
2. Методы получения (гидрирование непредельных углеводородов, восстановление галоидных алкилов, спиртов, карбонильных соединений – метод Кижнера- Вольфа, реакции Вюрца, декарбоксилирование и электролиз солей карбоновых кислот).
3. Химические свойства алканов:
  - а) механизм свободнорадикального галоидирования;
  - б) зависимость состава продуктов от субстрата и реагента;
  - в) сульфохлорирование;
  - г) реакция Коновалова;
  - д) изомеризация;
  - е) дегидрирование;
  - ж) реакция внедрения.
4. Изомерия в ряду алканов.
5. Конформации этана, пропана, бутана.
6. Циклоалканы, номенклатура и классификация.
7. Конформация циклопропана, особенности его химического строения, Z,E-изомерия.
8. Строение циклобутана и циклопентана. Понятие об инверсии цикла и явлении псевдовращения. Цис-, транс- и структурная изомерия.
9. Конформации циклогексана, конформационные переходы, аксиальное, экваториальное положение заместителей, Z,E-изомерия производных циклогексана.
10. Общие методы получения циклов (из дигалоидпроизводных, дикарбоновых кислот; ацелоиновая конденсация).
11. Реакции циклопропанирования. Методы синтеза производных циклопропана.



1. электрофильное присоединение к двойной связи, правило Марковникова;
2. нуклеофильное присоединение к двойной связи;
3. реакции радикального присоединения по двойной связи;
4. реакции, протекающие по аллильному положению у двойной связи;
5. гидрирование алкенов, гетерогенный и гомогенный катализ гидрирования алкенов;
6. гидроборирование и гидроалюминирование алкенов, оксосинтез, гидрокарбоксилирование (реакция Коха);
7. окислительные превращения алкенов (эпоксилирование, гидрокселирование, реакции расщепления двойной углерод-углеродной связи);
8. реакции димеризации, олигомеризации и полимеризации (катионная, анионная, радикальная), катализаторы полимеризации.

### Алкадиены

1. Классификация, электронное строение 1,3-диенов, номенклатура.
2. Основные методы синтеза 1,3-диенов.
3. Промышленные методы получения основных представителей (бутадиена, изопрена).
4. Реакции 1,3-диенов, механизм 1,2 и 1,4-присоединения, аллильный катион и аллильный радикал.
5. Реакция Дильса-Альдера, олигомеризация (реакция Вилке), полимеризация 1,3-диенов.
6. Понятие об алкенах и кумуленах, основные методы получения и химические реакции.

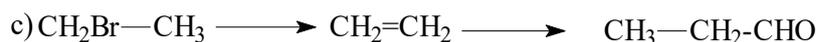
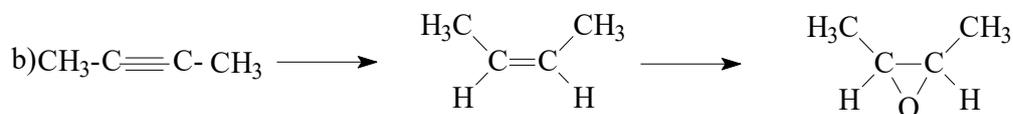
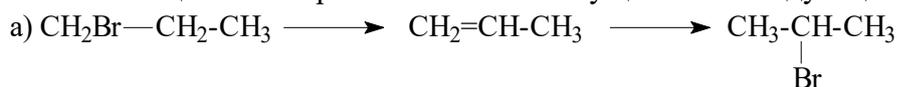
### Алкины

1. Электронное строение, номенклатура.
2. Методы получения алкинов, промышленные методы получения ацетилена.
3. Химические свойства ацетиленов (присоединение водорода, галогенводородов, галогенов, винилкатион, реакция Кучерова, присоединение спиртов, кислот, синтез производных акриловой кислоты по Реппе, окисление алкинов).
4. Кислый характер ацетиленов с концевой тройной связью, синтезы с использованием этого свойства ацетиленов.

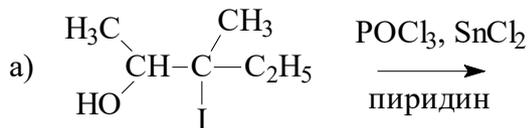
### Задачи к коллоквиуму № 2

#### Вариант 1

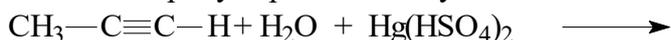
1. Предложить метод получения метилацетилена из метана с применением неорганических реагентов.
2. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



3. Какие продукты реакции будут образовываться?



4. Какой продукт реакции получится и по какому механизму:



5. Установите строение соединения формулы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ , если при обработке его  $\text{KMnO}_4/\text{HIO}_4$  получается соединение формулы  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_2$ , дающее при взаимодействии с  $\text{CH}_2\text{Br}_2/\text{Zn}, \text{Ni}^0$  октадиен-1,7.
6. Установите структуру изомерных алкенов формулы  $\text{C}_7\text{H}_{14}$  по их ПМР-спектрам. А: 0,89 т (3H); 1,56 м (2H); 1,67 с (6H); 2,04 м (2H); 5,23 т (1H). В: 1,02 т (3H); 1,25 д (6H); 1,72 м (3H); 5,30 м (2H).

### КОЛЛОКВИУМ № 3

#### «Синтез и свойства ароматических соединений»

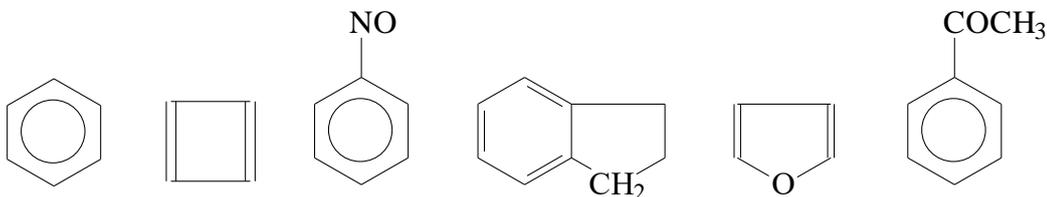
1. Правило ароматичности Хюккеля. Бензол, установление его структуры, подтверждение строения химическими и физическими методами.
2. Небензоидные ароматические системы, анулены, циклопентадиенилий-анион, тропилий-катион, дианион циклооктатетраена, азулен.
3. Нафталин, антрацен. Структура, ароматичность, гетероциклические ароматические системы.
4. Номенклатура и изомерия бензола, установление абсолютной конфигурации по Кернеру и с помощью химических реакций.
5. Промышленные и лабораторные методы синтеза бензола.
6. Реакции окисления и восстановления бензола, взаимодействие с металлоорганическими соединениями.
7. Алкилпроизводные бензола, методы синтеза и химические реакции (восстановление, окисление, трифенилметильный радикал и его свойства).
8. Алкенилбензолы, методы синтеза, номенклатура и изомерия.
9. Реакции алкенилбензолов, дивинилбензол.
10. Дифенил, методы синтеза, номенклатура, изомерия, химические свойства.
11. Нафталин, методы синтеза, изомерия, номенклатура.
12. Реакции окисления и восстановления нафталина и его производных.
13. Антрацен, методы синтеза, номенклатура, изомерия.
14. Фенантрен, методы синтеза, номенклатура, изомерия.
15. Особенности химического поведения антрацена и фенантрена.

#### Задачи к коллоквиуму №3

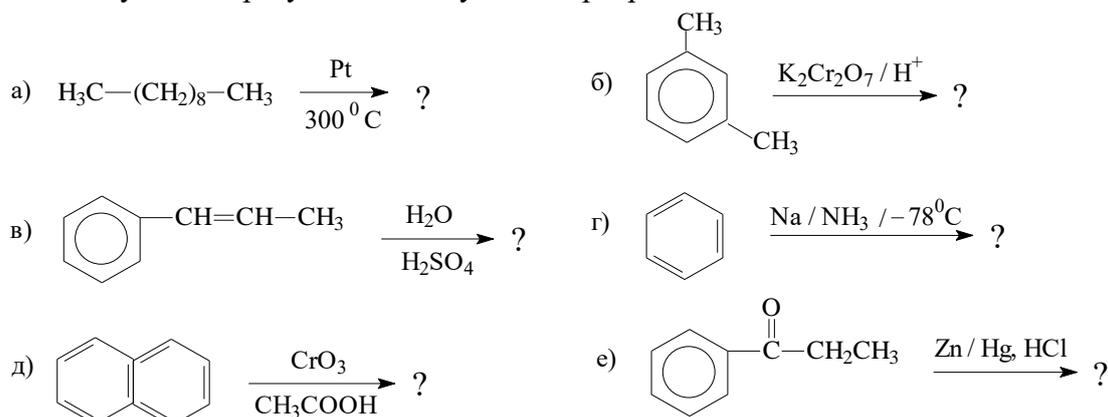
#### на тему «Ароматические соединения»

##### Вариант 1

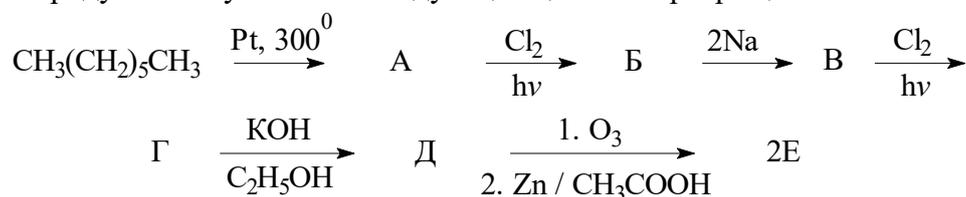
1. Какие из указанных соединений могут проявлять ароматические свойства?



2. Что получится в результате следующих превращений?



3. а) предложите метод синтеза бензидина из бензола;  
б) предложите метод синтеза 1,2-дифенилэтана из этана.
4. Какими методами можно различить следующие вещества:  
а) бензол и циклогексан;  
б) стирол и нитробензол?
5. Какие продукты получаются в следующей цепочке превращений:



6. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ , имеющего в ПМР- спектре единственный синглет и способное образовывать только одно мононитропроизводное.

#### КОЛЛОКВИУМ №4

##### «Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в ароматических соединениях»

#### I. Реакции электрофильного замещения в бензоле и его производных

1. Алкилирование и ацилирование по Фриделю-Крафтсу, механизм реакции электрофильного замещения.
2. Реакции нитрования, галогенирования, сульфирования, нитрозирования, азосочетания и дейтерообмена.
3. Монозамещенные производные бензола, влияние заместителя в бензольном кольце на реакционную способность.
4. Мезомерный, индукционный и пространственный эффекты заместителей.
5. Электрофильное замещение в дизамещенных производных бензола. Согласованная и несогласованная ориентация.

#### II. Реакции нуклеофильного замещения в производных бензола

#### III. Алкил и алкилбензолы. Особенности поведения в условиях реакции электрофильного замещения

#### IV. Конденсированные ароматические системы

1. Нитрование, алкилирование, ацилирование и сульфирование в нафталине.
2. Ориентация в производных нафталина, объяснение с точки зрения электронных эффектов заместителей.
3. Особенности реакций электрофильного замещения в антраcene, реакции с азотной и серной кислотой, окислами азота.
4. Электрофильное замещение в фенантрене.

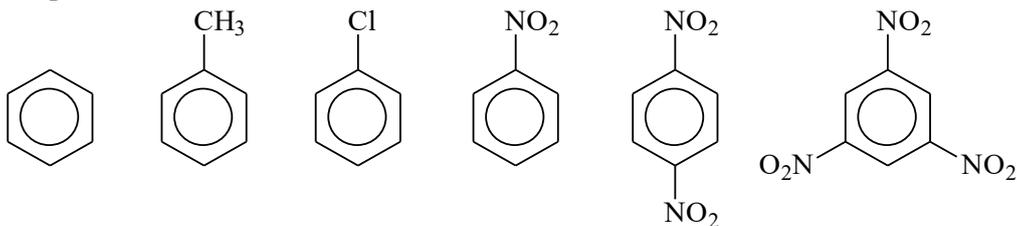
#### Задачи к коллоквиуму № 4

##### «Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в ароматических соединениях»

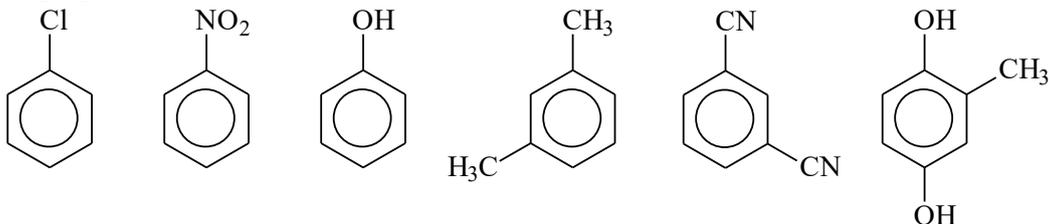
**Вариант № 1**

1. Расположите в ряд по увеличению активности в реакциях:

а) нуклеофильного замещения



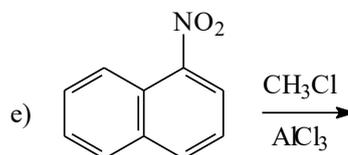
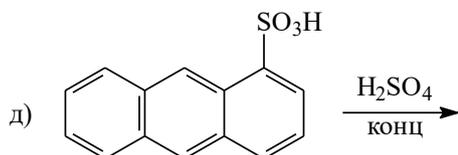
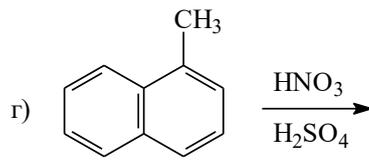
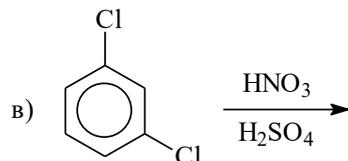
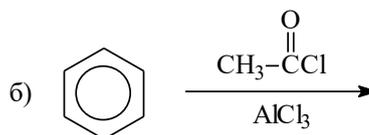
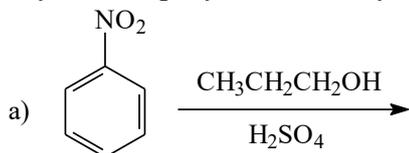
б) электрофильного замещения



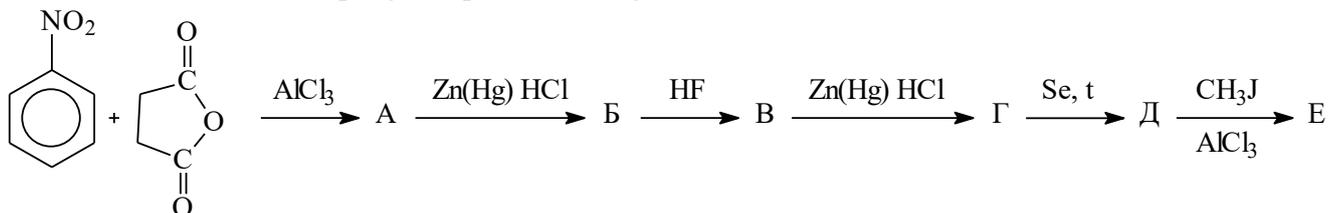
2. Предложите схемы синтеза: а) фенилацетилена из бензола и окиси этилена;

б) *мета*-дихлорбензола из бензола.

3. Что получится в результате следующих превращений?



4. Укажите, какие продукты реакции получают:



5. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_4$ , имеющего в ИК-спектре полосы поглощения при  $1500, 1600 \text{ см}^{-1}$ , в ЯМР<sup>1</sup>H-спектре содержится два синглета при 2,3 м.д., 7,63 м.д. и 8,64 м.д. с соотношением интенсивностей 3:2:1.

**КОЛЛОКВИУМ №5**

**«Галогидпроизводные алифатического и ароматического ряда»**

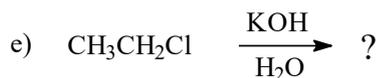
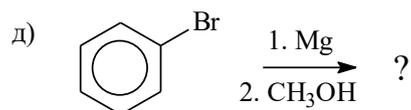
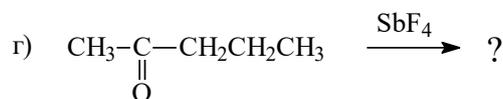
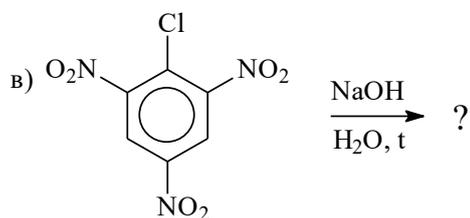
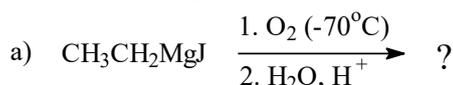
1. Моногалогенпроизводные алифатического ряда:

- 1) классификация, номенклатура и изомерия;
- 2) методы синтеза моногалогенпроизводных;
- 3) реакция моногалогенпроизводных (восстановление, образование реагентов Гриньяра, реакция Вюрца);

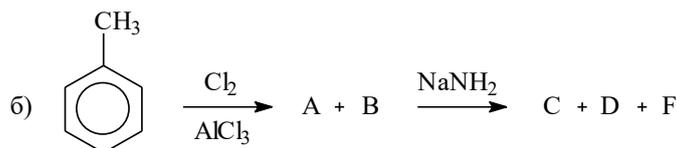
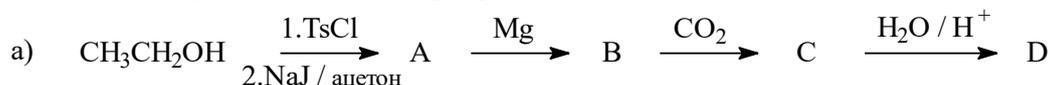
- 4) реакции нуклеофильного замещения, протекающие по S<sub>N</sub>-1 и S<sub>N</sub>-2 типу;
- 5) реакции отщепления (E-1 и E-2);
- 6) фторалканы, методы получения и особенности химического поведения.
2. Полигалогенпроизводные алканов:
  - 1) методы получения;
  - 2) химические свойства полигалогенпроизводных;
  - 3) полихлорированные, полифторированные производные этилена, поли-меры на их основе.
3. Галогенпроизводные с повышенной реакционной способностью.
4. Соединения с пониженной реакционной способностью (хлорвинил и хлоропрен).
5. Ароматические галогенпроизводные:
  - 1) методы синтеза;
  - 2) реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в ароматических галогенпроизводных.
6. Магнийорганические соединения:
  - 1) реакции с соединениями, обладающими С- и О-Н-кислотностью;
  - 2) реакции с кислородом, серой, галогенами, СО<sub>2</sub>;
  - 3) реакции с карбонильными соединениями.
7. Литийорганические соединения.
8. Цинкоорганические соединения.

**Задачи к коллоквиуму №5**  
**«Галоидсодержащие соединения»**  
**Вариант №1**

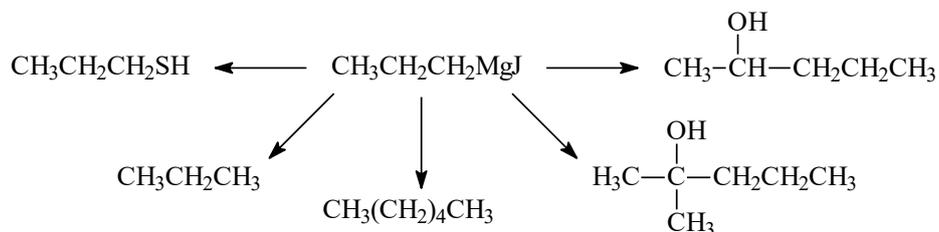
1. Что получится в результате следующих превращений:



2. Предложите метод синтеза изопропилового эфира 2-метилпропионовой кислоты из пропена.
3. Закончите следующие цепочки превращений:



4. Напишите условия реакций:



5. При реакции:



относительные скорости для различных R равны:  $-\text{CH}_3=1,00$ ;  $-\text{C}_2\text{H}_5=0,065$ ;  $\text{изо}-\text{C}_3\text{H}_7=0,005$ ,  $\text{трет}-\text{C}_4\text{H}_9=0,00039$ .

По какому механизму идет эта реакция? Как будет изменяться ее скорость при изменении концентрации нуклеофильного реагента?

6. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_4\text{H}_6\text{Cl}_2$ , имеющего в ИК-спектре сигналы при 4,28 м.д. (дублет) и 5,94 м.д. (мультиплет). В спектре ЯМР $^{13}\text{C}$  присутствует только два вида углеродных атомов.

### КОЛЛОКВИУМ №6

#### «Гидроксипроизводные углеводов»

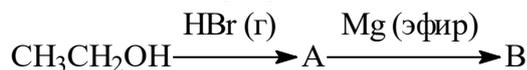
- Одноатомные насыщенные спирты:
  - общая классификация спиртов, номенклатура, физические свойства;
  - промышленные методы получения этилового и метилового спирта;
  - лабораторные методы получения спиртов;
  - реакции по О-Н связи;
  - реакции, протекающие по С-О связи;
  - методы окисления спиртов, анализ спиртов.
- Многоатомные спирты:
  - методы получения гликолей;
  - химические свойства гликолей.
- Непредельные спирты и бензиловый спирт.
- Гидроксипроизводные ароматических углеводов:
  - классификация, номенклатура, химические свойства;
  - промышленные и лабораторные методы получения фенолов;
  - кислотные свойства фенолов и реакции их подтверждающие;
  - перегруппировки простых и сложных эфиров;
  - реакции нуклеофильного замещения О-Н группы;
  - реакции, протекающие в ароматическое кольцо;
  - окислительно-восстановительные реакции фенолов.
- Многоатомные фенолы, методы получения и реакции.
- Простые и виниловые эфиры.
- Эпоксиды.

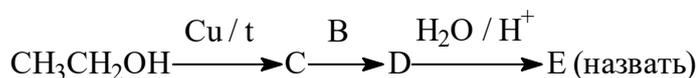
### Задачи к коллоквиуму

#### «Гидроксипроизводные углеводов»

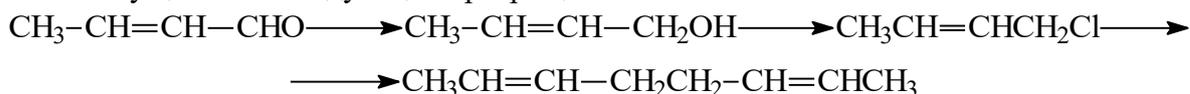
##### Вариант 1

- Соединение, которое образовалось при пропускании этилена через нагретую серебряную трубку в противотоке кислорода, ввели в реакцию с фенолмагнийбромидом. Что образовалось после разложения реакционной массы подкисленной водой?
- Предложите метод синтеза бензилового спирта из ацетальдегида.
- Что получится в следующей цепочке превращений?

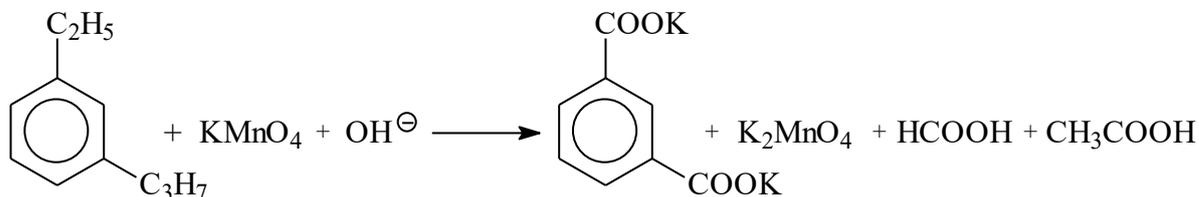




4. Как осуществить следующие превращения:



5. Закончите следующую окислительно-восстановительную реакцию:



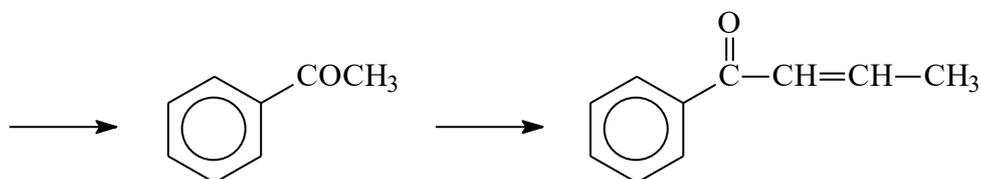
6. Соединение, содержащее 60,00% углерода, 13,33% водорода и 26,67% кислорода, в ПМР-спектре которого имеются 1,09 т (3H), 1,64 м (2H), 4,08 т (2H), 4,34 уш.с (1H), превратите в бромид, затем в реагент Гриньяра, который вовлеките в реакцию с  $\text{CH}_2\text{O}$ .

### **КОЛЛОКВИУМ № 7** **«Карбонильные соединения»**

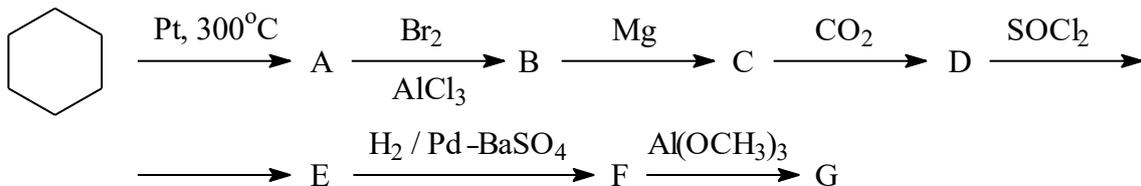
1. Номенклатура, классификация. Строение.
2. Методы получения монокарбонильных соединений:
  - 1) окисление спиртов и алкилпроизводных ароматических соединений, озонолит;
  - 2) гидролиз галогенпроизводных, эфиров, ацеталей, расщепление гликолей;
  - 3) синтез из карбоновых кислот и их производных.
3. Химические свойства карбонильных соединений:
  - 1) гидратация, получение полуацеталей, ацеталей, дигалоген-, циан- и бисульфитных производных;
  - 2) образование азотсодержащих производных;
  - 3) химические превращения азотсодержащих производных карбонильных соединений;
  - 4) взаимодействие с металлоорганическими соединениями;
  - 5) кето-енольная таутомерия и реакции ее подтверждающие;
  - 6) альдольная и кротонная конденсации;
  - 7) восстановление карбонильных соединений;
  - 8) реакции окисления карбонильных соединений;
  - 9) реакции диспропорционирования и перегруппировки.
4. Дикарбонильные соединения:
  - 1)  $\alpha$ -дикарбонильные соединения;
  - 2)  $\beta$ -дикарбонильные соединения.
5.  $\alpha,\beta$ -непредельные альдегиды и кетоны:
  - 1) электронное строение и его связь с реакционной способностью;
  - 2) методы синтеза  $\alpha,\beta$ -непредельных карбонильных соединений;
  - 3) химические свойства  $\alpha,\beta$ -непредельных карбонильных соединений;
  - 4) методы получения и реакции кетенов.
6. Хиноны.

### **Задачи к коллоквиуму № 7** **«Карбонильные соединения»** **Вариант 1**

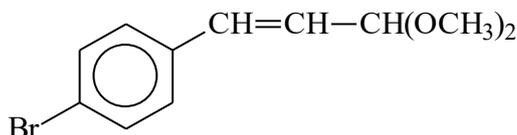
1. При окислении циклопентанола перманганатом при нагревании вместо ожидаемого циклопентанона образовалось соединение, проявляющее кислые свойства. Что это за соединение?
2. Предложите метод синтеза бензоина из толуола.
3. Как осуществить следующие превращения:



4. Что получится в следующей цепочке превращений?



5. Какими характерными реакциями можно подтвердить структуру следующего соединения:



6. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_2$ , имеющего в ИК-спектре полосы поглощения при 1340, 1440, 1710, 3000  $\text{cm}^{-1}$ . В ЯМР<sup>1</sup>H-спектре имеется дублет при 1,18 м.д., квартет при 2,46 м.д. В ЯМР<sup>13</sup>C-спектре присутствует только три сигнала.

Критерии оценки (в баллах):

- 80-100 баллов выставляется студенту, если полностью решены 6-8 заданий, в том числе в обязательном порядке задача на установление структуры, и даны исчерпывающие ответы на теоретические вопросы;
- 50-79 баллов выставляется студенту, если решены не менее 50 % заданий, в том числе цепочки превращений, спектральная задача решена, даны ответы на теоретические вопросы но имеются недочеты;
- 30-49 баллов выставляется студенту, если решены не менее 30 % заданий и имеются существенные ошибки в решении задачи изложения теоретического материала, но общая тенденция правильная;
- 0-29 баллов выставляется студенту, если имеются грубые ошибки

## ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

### 1. ОЧИСТКА, ВЫДЕЛЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

#### Органические растворители

Органические растворители имеют большое значение в органическом синтезе. Многие органические растворители ядовиты, особенно при вдыхании большого количества паров. Поэтому работать с ними надо под тягой. Некоторые органические растворители легко воспламеняются, при работе с ними всегда следует быть чрезвычайно осторожным.

Наиболее часто употребляемые растворители:

Абсолютный диэтиловый эфир - один из наиболее часто употребляемых растворителей в органической химии. Воспламеняется даже при сильно пониженной температуре:

температура вспышки  $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Пары эфира образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Особая огнеопасность диэтилового эфира заключается в способности его паров, которые в два с половиной раза тяжелее воздуха, распространяться (ползти) по поверхности рабочего стола, что приводит к воспламенению от пламени горелки, находящейся на расстоянии 1.5 – 3 м. Чистый эфир кипит при  $34,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При работе с ним соблюдать особую осторожность: не должно быть поблизости огня, особенно когда эфир фильтруют или переливают. Нельзя перегонять эфир на открытом пламени. Его перегоняют на нагретой водяной бане, с хорошо действующим холодильником.

При абсолютировании диэтиловый эфир сначала выдерживают над КОН (сухим) в течение 12 ч., затем перегоняют дважды, сначала, над свежей порцией КОН, а затем над металлическим натрием.

Ацетон - легко воспламеняется: температура вспышки  $18,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , пары ацетона образуют взрывоопасные смеси. Поэтому при работе с ним должны соблюдаться правила работы с легковоспламеняющимися жидкостями. Чистый ацетон кипит при температуре  $56,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Хлороформ - не горюч (в отсутствие пламени), пары его не образуют с воздухом взрывоопасных смесей, обладает наркотическим действием. Кипит при температуре  $61,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При соприкосновении с пламенем разлагается, образуя фосген.

Четыреххлористый углерод - не горюч, не воспламеняется, при соприкосновении с пламенем разлагается, образуя фосген. Является наркотиком. Кипит при температуре  $76,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . является печеночным ядом. Работать только в перчатках.

## **2.2. Перегонка (дистилляция)**

Одной из важнейших задач химика-органика является получение конечного продукта реакции в наиболее чистом состоянии. Большое значение для получения чистых веществ, как на химических производствах, так и в лабораториях имеет процесс перегонки или дистилляции вещества.

Цель перегонки - разделить на компоненты смеси летучих жидкостей, обладающих различной летучестью. При перегонке вещества, входящие в состав смеси, путём нагревания последовательно переходят в парообразное состояние, и пары отводятся в холодильник, где они конденсируются в жидкость, поступающую затем в приёмник, чтобы упругости пара соответствующих веществ сделались равными внешнему давлению, то есть наступило бы кипение смеси.

За ходом перегонки наблюдают по термометру, омываемому парами перегоняемых веществ. Температура кипения каждого из перегоняющихся веществ служит основным способом идентификации вещества при выделении и очистке перегонкой.

### **2.2.1 Простая перегонка**

Наиболее простым случаем перегонки является перегонка чистого, почти не содержащего примесей, вещества. Установка для простой перегонки состоит из перегонного куба - круглодонной толстостенной колбы, насадки Вюрца, прямого нисходящего холодильника, аллонжа и приемной колбы. Температура кипения контролируется термометром, шарик ртути которого омывается парами перегоняющегося вещества.

Обычный прибор для простой перегонки в собранном виде показан на Рис.1. Такие приборы малоэффективны и пригодны лишь для разделения жидкостей с температурами кипения, различающимися не менее чем на  $50-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При перегонке на этом приборе смесей с более близкими температурами кипения более летучий компонент, хотя и отгоняется первым, уже на ранних стадиях перегонки загрязнен более высококипящим компонентом.

**Приборы.** Растворы большого объема обычно перегоняют в круглодонных колбах, а образцы до 100 мл – в грушевидных. Необходимо подобрать колбу такого размера, чтобы в начале перегонки она была заполнена не более чем на две трети. Колбу подсоединяют к холодильнику при помощи простой насадки (насадки Вюрца). Растворы объемом 10-100 мл перегоняют в специальных перегонных колбах с боковым отводом. Не следует использовать для перегонки конические колбы. Иногда при перегонки жидкостей с высокой температурой кипения полезно обернуть насадку лентой из стекловолокна (или асбестовым шнуром). Это

предотвратит излишнюю конденсацию, и, таким образом, пары смогут попасть в боковой отвод.

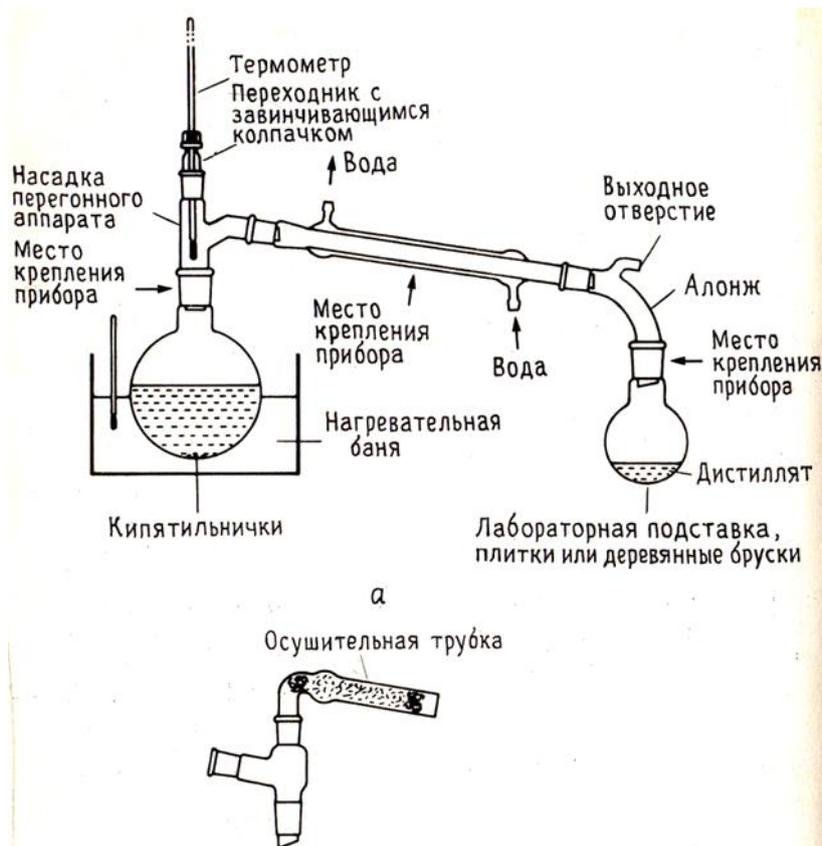


Рис. 1. Простая перегонка

Термометр для измерения температуры перегонки вставляют в насадку. Для правильного измерения температуры шарик термометра необходимо полностью погрузить в пары чуть ниже уровня бокового отвода.

Выбор типа холодильника в каждом конкретном случае определяется температурой кипения перегоняемой жидкости. Простой холодильник Либиха применяется для перегонки жидкостей с температурами кипения выше  $50^{\circ}\text{C}$ , но для перегонки легколетучих жидкостей, например эфира ( $T_{\text{кип}} 35^{\circ}\text{C}$ ), необходим холодильник с двойной поверхностью охлаждения (холодильник Дэвиса). Вода подается в нижний отвод холодильника и выходит в верхний. Обычно вода подается под слабым напором; излишнее давление вызовет перемещение отводного резинового шланга под действием реактивной силы струи. При температуре кипения  $150^{\circ}\text{C}$  и выше вполне достаточно воздушного холодильника.

Переходник, соединяющий холодильник с приемной колбой (называемый «алонжем»), должен сообщаться с атмосферой. В противном случае давление в системе может возрасти и разрушить прибор. Если необходимо провести перегонку без доступа влаги, к отводному отверстию на алонже можно при помощи короткого резинового шланга присоединить неплотно набитую осушительную трубку или использовать специальный алонж. Для перегонки органических жидкостей перегонную колбу нужно погрузить в какую-либо нагревательную баню. Тип бани и природа источника тепла в значительной степени зависят от того, что перегоняется. На водяной бане с электрическим обогревом можно перегонять жидкости с температурой кипения до  $80^{\circ}\text{C}$ . При перегонке эфира или других летучих легковоспламеняющихся жидкостей необходимо, чтобы вблизи не было открытого пламени или другого источника возгорания. (При работе с растворами небольших объемов химический стакан с водой можно нагреть на электрической плитке.)

**Меры безопасности.** Летучие легковоспламеняющиеся жидкости типа диэтилового или петролейного эфира всегда следует перегонять в вытяжном шкафу, а не на лабораторном столе.

Для перегонки жидкостей с температурой кипения свыше 80°C требуется масляная баня. Верхний температурный предел для масляных бань составляет примерно 250 °С (с силиконовой жидкостью). Идеальной баней является специально разработанная малоинерционная электрообогреваемая масляная баня с точным термостатическим контролем температуры, однако такие бани дороги и редко используются в учебных лабораториях. При проведении крупномасштабных работ масло обычно наливают в кастрюлю, а в случае мелких работ - в алюминиевую кружку и нагревают на электроплитке. Последняя обычно очень инерционна и не обеспечивает хорошего контроля температуры бани.

**НЕЛЬЗЯ** использовать нагреваемые на открытом пламени бани для перегонки летучих легковоспламеняющихся жидкостей. Колбонагреватели не подходят для нагревания перегонных колб из-за высокой температуры на поверхности, которая может подниматься по мере падения уровня жидкости.

Масляная баня, работающая при температуре примерно на 50°C выше ее верхнего предела, немного дымит и неприятно пахнет, поэтому лучше всего устанавливать ее в вытяжном шкафу. Если требуется нагревание выше 250°C, то применяют баню из металлического сплава Вуда (до 350°C). Однако лучше и безопаснее перегонять высококипящие жидкости при пониженном давлении.

При сборке прибора понадобится несколько лапок для его поддержки. Их число можно свести к минимуму использованием пластиковых хомутиков, чтобы предотвратить падение алонжа и приемника. Когда прибор уже собран, его перемещение вверх или вниз затруднено, поэтому в самом начале сбор оси прибор следует устанавливать на правильной высоте. Она определяется высотой, на которой установлена масляная (или водяная) баня, поэтому нужно начинать сборку именно с этого конца с установки перегонной колбы на правильной высоте.

**Процесс перегонки.** Соберите установку, принимая во внимание изложенные выше замечания. Взвесьте приемные колбы. В перегонную колбу через воронку влейте жидкость. Это лучше делать до установки бани, чтобы в случае перелива жидкость не попала в баню. В начале перегонки колбу следует заполнить не более чем на две трети. Добавьте несколько гранул "кипятильничков", чтобы кипение было спокойным. Если перегонку необходимо прервать, перед ее возобновлением добавьте новую порцию кипятильничков, предварительно охладив установку до комнатной температуры. **НИКОГДА** не добавляйте их в кипящую или перегретую жидкость (так как это может вызвать неожиданное бурное вскипание и вспенивание). Удостоверьтесь, что все соединения герметичны, а приемник надежно закреплен. Проверьте, чтобы прибор через отверстие в алонже соединился с атмосферой. Если жидкость легко воспламеняется, к отводу в алонже следует подсоединить кусок резиновой трубки и вывести ее в безопасное место с хорошей вытяжкой, подальше от источника возгорания. Проверьте, чтобы к холодильнику была подключена вода. Если вы собираетесь работать на масляной бане, удостоверьтесь, что в ней нет воды. Убедившись, что все нормально, начинайте **ОСТОРОЖНО** нагревать баню, чтобы температура поднималась медленно. За это время происходит перенос тепла к жидкости в колбе. Когда жидкость закипит, уменьшите скорость нагревания и, контролируя температуру бани, добейтесь медленной и стабильной перегонки. Вы обнаружите, что для обеспечения необходимой скорости перегонки температура в бане должна быть на 30°C выше температуры перегонки. Наилучшее разделение достигается при очень медленной перегонке (10 капель в минуту). Запишите интервал температур кипения каждой фракции, например Т кип. 71 - 73°C. **НЕ ПЕРЕГОНЯЙТЕ** досуха, так как некоторые остатки иногда содержат взрывчатке пероксиды. После перегонки взвесьте каждую фракцию.

При перегонке чистого вещества температура отходящего пара остаётся постоянной в течение всего времени перегонки. Если вещество имеет примеси, кипящие вблизи с температурой кипения растворителя, то кипение будет происходить в интервале температур.

Для предотвращения бурного вскипания жидкости, во время перегонки при атмосферном давлении, в холодную жидкость вносят несколько кусочков пористой глиняной посуды или пористого фарфора - кипелки, которые обеспечивают равномерное кипение.

**ВНИМАНИЕ!** В горячий раствор вносить кипелки категорически запрещается. Может произойти бурное вскипание жидкости, её выброс на нагревательный прибор и возгорание. Нормальной перегонкой считается такая, при которой конденсат стекает из холодильника со скоростью 30-40 капель в минуту.

### ***2.2.2. Перегонка при пониженном давлении***

При выделении (очистке) высококипящих веществ, разлагающихся при температуре кипения или близкой к ней, применяют перегонку при пониженном давлении. Пониженное давление создается присоединёнными к приборам вакуум-насосами. Пары веществ, находящихся в вакуумируемых приборах, должны конденсироваться при охлаждении в холодильнике и не попадать в насос.

Простейшим вакуум-насосом является водоструйный насос. Создаваемый им вакуум обычно составляет 10-20 мм остаточного давления. Вакуум в 0,05-0,1 мм остаточного давления достигается с помощью масляных вакуум-насосов, способных выкачивать несколько кубических метров воздуха в час.

Обычно в лабораториях применяют масляные насосы ротационного типа. Наполненные свежим маслом, они дают разрежение от 0,05 мм.

Многие органические соединения нельзя перегонять при атмосферном давлении, поскольку они частично или полностью разлагаются при нормальной температуре кипения. Понижение давления до менее чем 30 мм рт. ст. значительно снижает температуру кипения, что позволяет проводить перегонку без разложения. Обычно используются два типа вакуумных насосов. Во-первых, водяной насос (известный как лабораторный водоструйный насос или аспиратор), понижающий давление до 10 - 20 мм рт. ст., что позволяет снизить температуру кипения на 100 - 125°C. Действие вакуумных систем с водоструйным насосом обсуждается в разд. 3.4.8,а. Во-вторых, ротационный масляный насос, дающий давление до 0,01 мм рт. ст. Ниже 30 мм рт. ст. при каждом понижении давления в 2 раза температура кипения снижается примерно на 10°C.

При очень низких давлениях (<0,1 мм рт. ст.) плотность паров слишком низка, чтобы фракционная перегонка была эффективна и иногда целесообразней использовать процесс известный как молекулярная перегонка. Молекулярная перегонка применяется для очистки термически нестабильных или высокомолекулярных жидкостей.

Меры безопасности. При всех вакуумных перегонках соблюдайте все меры предосторожности по работе с вакуумными системами.

**ПРИБОРЫ.** Типичная установка для перегонки при пониженном давлении имеет несколько важных отличий от установки для перегонки при атмосферном давлении. В данном случае используют те же перегонные колбы, но снабженные двугорлой насадкой Кляйзена, одно горло которой предназначено для термометра, а другое, для капилляра (Рис.2).

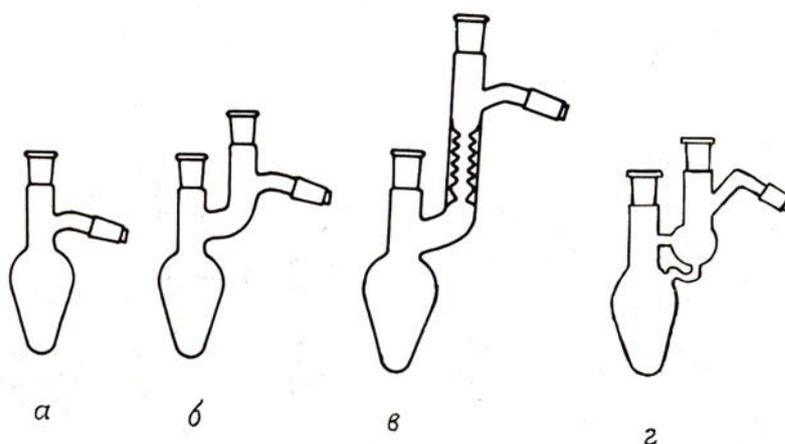
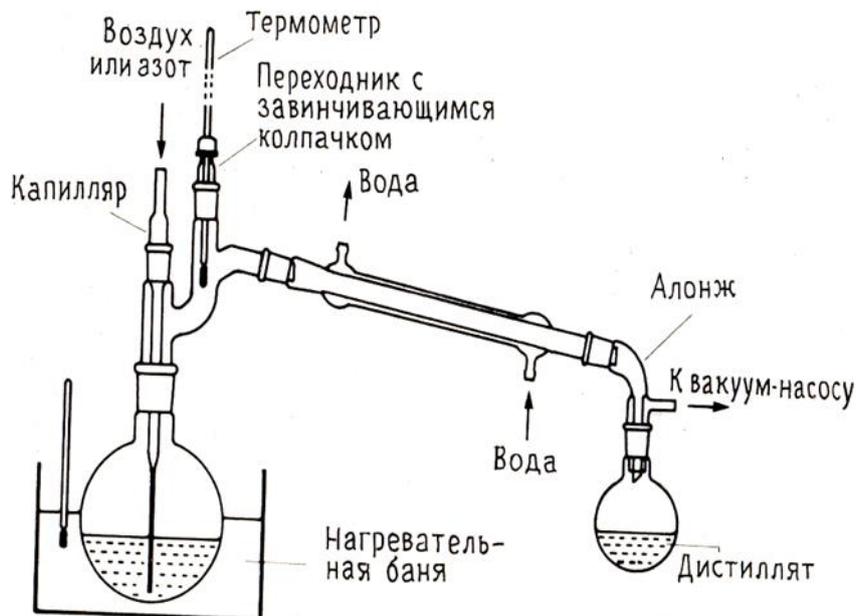


Рис. 2. Перегонка при пониженном давлении  
 Перегонные колбы: а - грушевидная; б - Кляйзена;  
 в - Кляйзена с насадкой Вюрца; г - Арбузова.

Небольшие объемы жидкостей (100 мл или менее) удобнее перегонять в колбе Кляйзена (перегонная колба вместе с насадкой), нежели в отдельной колбе с насадкой. Колбы Кляйзена выпускаются объемом от 10 до 100 мл. Присоединение короткой колонки Вигре дает небольшое, но важное увеличение эффективности. В начале перегонки колбы должны быть заполнены наполовину или на две трети. В колбу опускают тонко вытянутый капилляр, так чтобы он не доходил до ее дна примерно на 2-3 мм. Когда система находится под вакуумом, через капилляр пропускают воздух (или азот); при этом образуется поток очень мелких пузырьков, которые способствуют спокойному кипению ("кипятильнички" не работают под вакуумом). В тех случаях, когда перегоняемая жидкость чувствительна к окислению, в капилляр при низком давлении подается азот.

Для каждой перегонки необходимо вытягивать новый капилляр. Он должен быть как можно тоньше, но тем не менее пропускать поток мелких пузырьков без потери вакуума. Холодильник Либиха можно подсоединить к приемнику посредством простого алонжа, но при этом главное неудобство заключается в том, что при замене колбы происходит потеря вакуума и нарушение равновесия и непрерывности перегонки. Этого можно избежать, используя более сложные системы сбора дистиллята. Наиболее распространенная из них - это «алонж с несколькими отводами», обычно известный как "паук", позволяющий поворачивать каждую колбу в положение для приема дистиллята (Рис.3,а). Шлиф, по которому происходит вращение, должен быть смазан. Существует множество аналогичных

конструкций вращающихся сборников фракций, причем некоторые из них содержат до 12 накопительных трубок. Альтернативой является треугольник Перкина (Рис.3,б).



Рис.3 Типы алонжей: а – вращаемый многолапчатый «паук», б – форштос Перкина.

Используя это приспособление, путем переключения кранов в правильной последовательности можно заменять приемник, для того чтобы изолировать колбу, которую необходимо удалить, подать к ней воздух, заменить ее и затем вакуумировать новую колбу перед подключением ее к системе. Перегонную колбу следует нагревать на масляной бане, как это описано для перегонки при атмосферном давлении.

При сборке приборов удобно пользоваться пластиковыми хомутиками для скрепления колб с алонжем ("пауком") и "паука" с холодильником. В противном случае они могут упасть еще до подключения вакуума. Для систем, работающих при давлении водоструйного насоса (10 - 20 мм рт. ст.), вакуумную смазку обычно не наносят (за исключением места вращения "паука"), но для перегонки при высоком вакууме, когда применяется масляный насос, необходима умеренная вакуумная смазка.

Жидкость, предназначенная для перегонки, не должна содержать летучих растворителей типа эфира, в противном случае при подаче вакуума неожиданный спад давления приведет к неконтролируемому вспениванию содержимого колбы и его выбросу через насадку в холодильник.

Установите прибор, принимая во внимание приведенные выше замечания; залейте жидкость в колбу (не более чем на две трети объема), но не вставляйте на этой стадии капилляр (иначе он заполнится жидкостью) и не нагревайте колбу до подачи вакуума. Проверьте весь прибор. Проверьте вакуумную систему, перед тем как подсоединить ее к перегонному аппарату, чтобы убедиться в том, что она дает необходимый вакуум. Если все в порядке, вставьте капилляр, подсоедините вакуумную систему и медленно вакуумируйте перегонный аппарат. После того как будет достигнуто требуемое давление, можно приступать к нагреванию масляной бани. При сборке дистиллята записывайте давление и температурный интервал для каждой фракции. По завершении перегонки уберите источник нагревания и дайте прибору остыть, перед тем как стравить вакуум. Вакуум стравливают не путем открыванием крана в системе для впуска воздуха. Примите все необходимые меры, чтобы приемные колбы не упали при стравливании вакуума.

Еще раз правила работы:

1. При работе на вакуум-установке (вакуум-перегонка, эвакуация воздуха из вакуум-эксикаторов и т. п.) обязательно надевайте очки.
2. Перед наполнением перегонной колбы вакуум-прибора испытайте сначала ненаполненный прибор, включив вакуум-насос. При испытании прибора обязательно оберните полотенцем перегонную колбу и приемники.

3. При работе с вакуум-эксикатором обязательно оберните его полотенцем.
4. После испытания наполняйте колбу только через горло, в которое вставляется термометр.
5. Растворители (эфир, спирт, бензол, толуол, особенно воду) отгоняйте сначала полностью на водоструйном насосе, а затем на масляном вакуум-насосе.
6. Вещества, которые при перегонке выделяют кислые пары, перегоняют только в вакууме водоструйных насосов.
7. Не создавайте вакуума в перегонной колбе, наполненной горячей жидкостью.
8. Перед пуском вакуум-насоса переведите трёхходовой кран в положение, сообщающее прибор и насос с атмосферным воздухом. Включив мотор, перекройте краном сообщение с воздухом и откройте кран вакуум-манометра.
9. Начинайте подогревание перегонной колбы лишь после достижения постоянства разряжения в приборе.
10. При перегонке на голом пламени газовой горелкой не нагревайте колбу в одном месте, а непрерывно обводите колбу коптящим пламенем горелки.
11. Окончив перегонку и дав колбе охладиться, перекройте кран вакуум-манометра, а затем плавно и постепенно поверните кран в положение, сообщающее прибор и вакуум-насос с атмосферным воздухом, и лишь тогда выключайте насос.

### ***2.2.3. Перегонка смеси двух несмешивающихся жидкостей. Перегонка с водяным паром***

Не существует жидкостей, абсолютно нерастворимых одна в другой, и очень часто несмешивающимися называют жидкости, взаимная растворимость которых незначительна. Такие две практически несмешивающиеся жидкости при сливании образуют два слоя. Общее давление пара над смесью будет равно сумме упругостей паров каждого из компонентов смеси при данной температуре. Температура кипения смеси двух несмешивающихся жидкостей ниже точек кипения каждого из компонентов смеси.

Перегонка с водяным паром применяется для жидкостей, трудно растворимых и не взаимодействующих с водой. Этим путём можно отделить полученное вещество от минеральных веществ, смол и окрашенных веществ, находящихся в реакционной смеси.

Некоторые органические соединения, почти не смешивающиеся с водой, можно отделить от нелетучих загрязнений, включая неорганические примеси, перегонкой с водяным паром. Этот процесс, по существу, являющийся совместной перегонкой с водой, обычно заключается в пропускании струи пара через горячую смесь перегоняемого вещества и воды. Если вещество характеризуется высоким давлением паров (5 мм рт. ст. или более при 100°C), оно переносится с паром и, будучи несмешивающимся с водой, легко отделяется от дистиллята. Одним из преимуществ перегонки с паром является то, что она ведется при температуре кипения воды. Это позволяет очищать высококипящие вещества, чувствительные к нагреванию, не выдерживающие обычной перегонки. Перегонка с водяным паром имеет также важное значение при отделении летучих продуктов от смолистого вещества, которое часто образуется в ходе органической реакции и не удаляется перегонкой или кристаллизацией.

Прибор, обычно используемый для перегонки с паром больших количеств вещества. Перегоняемое вещество помещают в 500-мл круглодонную колбу, снабженную предохранительной насадкой. Такая форма насадки сводит к минимуму возможность переноса нелетучего вещества в холодильник в результате вспенивания или разбрызгивания. Выходное отверстие для паров соединено с эффективным холодильником; дистиллят собирается в большой колбе подходящего размера.

Пар можно получать из генератора (БУДЬТЕ ВНИМАТЕЛЬНЫ) или из паропровода. В последнем случае обычно необходим сифон для удаления конденсата перед подачей пара в перегонную колбу. Обычно перегонку стремятся провести как можно быстрее, но не превышая при этом емкости системы конденсации. Так как в перегонной колбе всегда конденсируется некоторое количество водяного пара, во время перепонки ее следует нагревать на сетке, заполнив примерно наполовину. Если перегоняемый образец является низкоплавким твердым веществом, следует внимательно следить за тем, чтобы холодильник

не забился. Любое вещество, скапливаю-щееся в холодильнике, можно быстро удалить из него путем отвода воды из охлаждающей рубашки на несколько минут; в результате этого пар перенесет расплавленное твердое вещество в приемник. Для перегонки с паром микроколичеств вещества часто удобно генерировать пар кипячением водного раствора или суспензии органического соединения. Во время перегонки иногда приходится добавлять горячую воду, чтобы раствор не становился слишком концентрированным. Это делают, не разбирая прибора, установив на боковом отводе перегонной колбы капельную воронку.

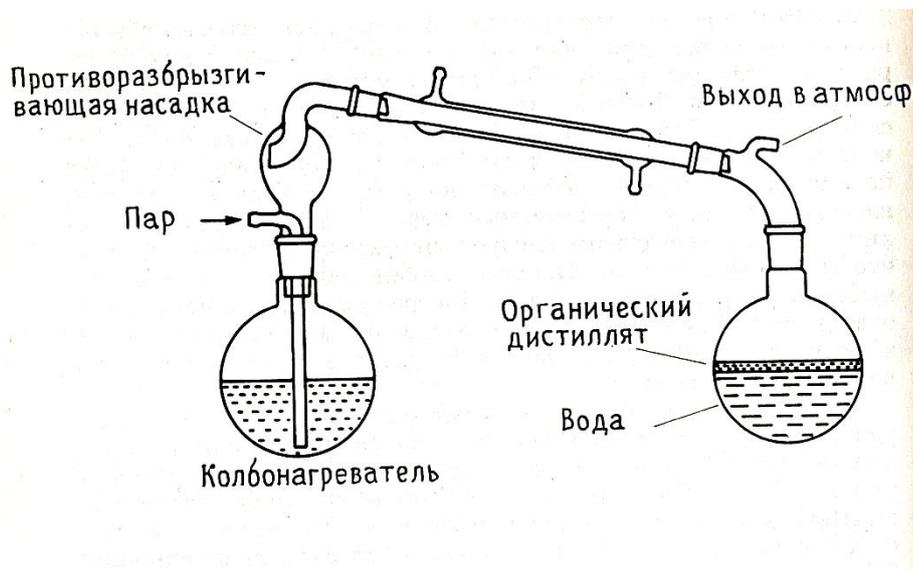


Рис.4 Прибор для перегонки с водяным паром.

Парообразователь подключают к перегонному кубу только тогда, когда из отвода пойдет пар мощной струей, а куб подогрет до температуры 70-80°C. При перегонке с паром, пар необходимо пропускать с такой скоростью, чтобы конденсат полностью охлаждался и стекал в приёмник холодным. Температура в перегонной колбе поддерживается 70-80°C обогреванием. Для этого необходимо соответственно отрегулировать температуру бани под парообразователем. В начале перегонки дистиллят конденсируется в виде мутной жидкости. При охлаждении наблюдается разделение слоёв жидкости. Перегонку ведут до тех пор, пока из холодильника не начнёт вытекать чистая вода.

### 2.3. Высушивание жидких органических соединений или растворов органических соединений в органических растворителях

Высушивание жидких органических соединений производится обычно твёрдыми неорганическими осушителями. Осушитель должен удовлетворить следующим требованиям;

- a) не должен химически взаимодействовать с высушиваемым органическим соединением;
- b) не должен каталитически способствовать самоокислению, полимеризации и конденсации высушиваемых веществ;
- c) не должен заметно растворяться в органической жидкости;
- d) должен высушивать быстро и эффективно;
- e) быть доступным веществом.

При высушивании жидких органических соединений следует брать небольшое количество осушителя, чтобы избежать потери от адсорбции.

Перед перегонкой высушенную жидкость обычно отфильтровывают от осушителя через складчатый фильтр. Это особенно необходимо, если применяются осушители, действие которых основано на способности к образованию гидратов (сернистый натрий, хлористый кальций и т.п.). Если соль не будет отфильтрована, то большая часть воды может снова оказаться в полученном при перегонке дистилляте.

## *Осушители*

Безводный хлористый кальций  $\text{CaCl}_2$  благодаря доступности, дешевизне, простоте приготовления и высокой осушительной способности, широко применяется в качестве осушителя. Он очень хорошо адсорбирует воду, так как при температуре, не превышающей  $30\text{ }^\circ\text{C}$ , образует гидрат  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Однако этот осушитель небыстродействующий, и для высушивания им требуется много времени. Хлористый кальций образует соединения со спиртами, фенолами, аминами, аминокислотами, амидами, кетонами, некоторыми альдегидами и сложными эфирами и поэтому его нельзя употреблять для высушивания этих веществ, а также кислот или кислых жидкостей.

Безводный сернокислый магний  $\text{MgSO}_4$  является очень хорошим нейтральным осушителем. Высушивает быстро, химически инертен. Может применяться для высушивания наибольшего числа соединений, включая и те для которых  $\text{CaCl}_2$  не применим.

Безводный сернокислый натрий  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  - нейтральный, дешёвый осушитель, обладающий высокой способностью к адсорбции воды: при температуре ниже  $32,4\text{ }^\circ\text{C}$  он образует гидрат. Его можно употреблять почти во всех случаях, но высушивает он медленно и не до конца.

Поэтому его целесообразно применять для предварительного удаления большого количества воды. Он не пригоден для высушивания бензола и толуола, растворимость которых в воде мала; в этих случаях лучше применять безводную сернокислую медь –  $\text{CuSO}_4$ .

Безводный углекислый калий  $\text{K}_2\text{CO}_3$  обладает умеренным осушающим действием, образует дигидрат -  $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Применяется для высушивания кетонов, нитрилов, сложных эфиров некоторых кислот.

Едкий натр  $\text{NaOH}$  и едкое кали  $\text{KOH}$  применяются главным образом для высушивания аминов.

Пятиокись фосфора  $\text{P}_2\text{O}_5$  исключительно эффективный и быстродействующий осушитель. Однако это дорогой препарат и к тому же неудобный в обращении, при его употреблении поверхность покрывается густым сиропом.  $\text{P}_2\text{O}_5$  следует употреблять в тех случаях, когда требуется исключительное высушивание. Его нельзя использовать для осушки спиртов, кислот, аминов и кетонов.

Металлический натрий  $\text{Na}$  применяется для высушивания парафиновых, циклопарафиновых, этиленовых и ароматических углеводородов, а также простых эфиров. Нельзя применять натрий для высушивания спиртов, кислот, сложных эфиров, галогеналкилов и других веществ, с которыми он реагирует. При работе с натрием следует соблюдать особую осторожность.

## **2.4. Кристаллизация**

Кристаллизация - это процесс, при котором твёрдое вещество переводится в раствор путём нагревания в каком-нибудь растворителе и при последующем охлаждении раствора вновь переходит в твёрдое состояние (твёрдое - растворённое - твёрдое).

Кристаллизация используется как метод очистки твёрдых органических соединений от небольших примесей.

### *Правила кристаллизации твёрдого органического вещества.*

Растворяют неочищенное вещество в горячем растворителе, отфильтровывают горячий раствор от взвешенных нерастворимых частиц и охлаждают раствор. В результате из него обычно выкристаллизовывается более чистое вещество.

При выборе растворителя необходимо учитывать химические свойства очищаемого вещества. Вещество должно плохо растворяться на холоде и хорошо - при нагревании. При выборе растворителя часто можно руководствоваться правилом "подобное растворяется в подобном".

В качестве растворителей при перекристаллизации применяют воду, этиловый спирт, бензол, толуол, ацетон, ледяную уксусную кислоту, хлороформ, диэтиловый эфир, уксусноэтиловый эфир и др.

Для перекристаллизации вещество помещают в колбу, снабжённую обратным холодильником; если растворителем служит вода, то обратный холодильник не нужен. Во

избежание перегрева жидкости и толчков при кипячении раствора, в колбу перед нагреванием вносят " кипелки" (кусочки фарфора, пористой глины). После этого в колбу вливают растворитель в несколько меньшем количестве, чем это необходимо для полного растворения вещества, и нагревают смесь до кипения. Нагревание ведут на водяной бане, за исключением тех случаев, когда применяют высококипящие растворители. Затем через обратный холодильник осторожно добавляют такое количество растворителя, чтобы при кипячении все вещество полностью растворилось.

Сначала определяют приблизительно то минимальное количество растворителя, которое необходимо для растворения всего вещества. Для этого к навеске, например к 0,2 г вещества подбирают нужное количество растворителя, затем производят пересчет на 2 г неочищенного вещества, подлежащего очистке.

Иногда вещество содержит окрашенные примеси смолистых продуктов. В подобных случаях для обесцвечивания раствора добавляют активированный уголь в количестве 1-2% от очищаемого вещества. Перед внесением активированного угля нужно несколько охладить раствор, так как при внесении в горячий (либо кипящий) раствор может произойти сильное вспенивание и выброс жидкости. Затем смесь кипятят 5-10 мин с обратным холодильником и фильтруют горячий раствор. Если горячий насыщенный раствор содержит какие-либо механические примеси или муть, его отфильтровывают как можно быстрее через складчатый фильтр, смоченный растворителем на воронке Бюхнера.

Приемником при фильтровании может служить коническая колба Бунзена. Затем горячий раствор либо оставляют стоять в сосуде для медленного охлаждения, либо быстро охлаждают, поместив колбу в холодную воду или лед. При быстром охлаждении получают мелкие кристаллы, а при медленном - крупные.

Образовавшиеся кристаллы отделяют от маточного раствора фильтрованием с отсасыванием на воронке Бюхнера под уменьшенным давлением. Кристаллы двукратно промывают холодным растворителем. После отсасывания и промывки кристаллы отжимают на воронке широкой стеклянной пробкой, а затем переносят на фильтровальную бумагу и сушат, в зависимости от свойства вещества, или на воздухе, или в эксикаторе, или в сушильном шкафу.

Чистоту полученного при кристаллизации вещества определяют по температуре его плавления после высушивания. Если вещество плавится ниже, чем указано в литературе, то необходимо кристаллизацию повторить.

### **2.5. Сублимация твердых веществ**

Сублимация - один из самых удобных методов очистки небольших количеств органических твердых веществ. В этом процессе вещество испаряют при нагревании до температуры ниже его температуры плавления ( $T_{пл}$ ) и пары конденсируются непосредственно в твердое состояние на холодном приемнике. Только органические соединения с относительно высоким давлением паров могут возгоняться при атмосферном давлении при температурах ниже их температуры плавления. Их относительно немного, и подавляющее большинство сублимируется только при сильно пониженном давлении. Этот метод лучше всего подходит в случае неполярных соединений, которые обычно более летучи, чем полярные с аналогичной молекулярной и массой; он особенно ценен для соединений, которые гидроскопичны или расплываются. Его преимущества заключаются в простоте, легкости исполнения и минимальных потерях вещества. Главный его недостаток в том, что, как и при перегонке, процесс разделения зависит от разницы в давлении паров, и поэтому соединения со сходной летучестью будут возгоняться вместе. Для работы с количествами от нескольких миллиграммов до 1 г применяют приборы различных размеров. ПРОЦЕСС СУБЛИМАЦИИ. Сублимируемое вещество измельчают в порошок и помещают на дно трубки, в которую вставлен пальчиковый холодильник. Расстояние между дном сублиматора и кончиком холодильника должно быть небольшим, но достаточным, чтобы сублимат не загрязнялся при разбрызгивании твердого вещества. С этой проблемой часто сталкиваются, если перед сублимацией не удалены растворители и другие летучие вещества. В большинстве случаев достаточно расстояние около 1 см. После вакуумирования на водном

или масляном насосе сублиматор погружают в мелкую масляную баню и постепенно нагревают до тех пор, пока на поверхности пальчикового холодильника не образуется пленка сублимата. Температура не должна подниматься слишком быстро, иначе вещество может разбрызгаться. По завершении сублимации осторожно отключают вакуум и вынимают пальчиковый холодильник. Затем сублимированное вещество соскребают микрошпателем на часовое стеклышко или плотную фильтровальную бумагу либо смывают его растворителем (хотя это и приводит к потере того преимущества, которое дает непосредственное получение чистого твердого вещества). Очень малые количества лучше возгонять в длинной стеклянной трубке (диаметром около 9мм), нагреваемой в наклонном, электрически обогреваемом металлическом блоке (Рис.5,а).

Неочищенное вещество переносят в маленькую ампулку, которую помещают на дно трубки. Маленькая пробочка из ваты в верхней части трубки предотвращает попадание загрязняющих органических веществ из резинового шланга. Трубку устанавливают под углом 45° и затем медленно вакуумируют, чтобы частички образца не засосало в верхнюю часть трубки. Очень летучие твердые вещества конденсируются на значительном отрезке трубки, поэтому иногда трубку необходимо обмотать охлаждающим змеевиком или влажной ваткой, чтобы обеспечить локальную конденсацию. При удалении сублимата очень осторожно стравливают вакуум трубку с обеих сторон от сублимата обрезают, затем удаляют сублимат, соскабливая его микрошпателем.

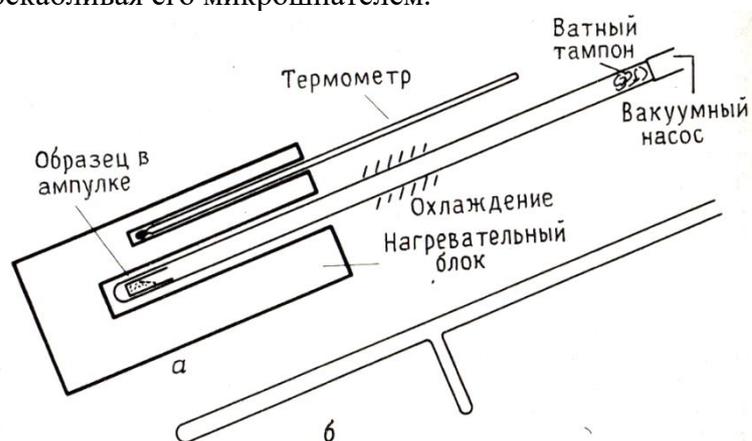


Рис.5. а – сублимация микроколичеств с использованием нагревательного блока, б – трубка для перегонки микроколичеств.

## 2.6. Определение температуры плавления

Для идентификации кристаллического вещества определяют его температуру плавления.

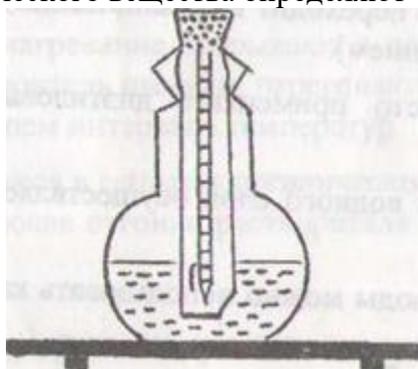


Рис. 6. Прибор для определения точки плавления

Вещество, точку плавления которого надо определить, помещается в капилляр, запаянный с нижнего конца. Капилляр наполняют веществом так, чтобы плотный слой его занимал 0,5-1,0 см. Для этого небольшое количество перекристаллизованного вещества тонко измельчают, собирают в кучку и погружают в него открытый конец капилляра. Сместить это вещество вниз к запаянному концу капилляра и утрамбовать можно, бросая капилляр с

веществом запаянным концом вниз в стеклянную трубку длиной 90-100 см. Капилляр, наполненный веществом на 0,5-1,0 см, прикрепляют резиновым колечком к термометру так, чтобы столбик вещества находился на уровне шарика термометра. Затем прибор нагревают. Сначала быстро, а когда температура поднимается на 10-15°C ниже предполагаемой, то скорость повышения температуры устанавливают около 1°C в минуту. Внешний вид вещества перед плавлением обычно несколько изменяется: оно уплотняется, между отдельными кусочками его могут появиться пузырьки воздуха. Затем вещество начинает расплавляться (сжигаться), этот момент считают началом плавления. Когда всё вещество превратится в прозрачную жидкость, плавление считают законченным. Интервал температур между началом плавления и окончанием называют температурой плавления данного вещества. На практике считают допустимым, когда вещество плавится в пределах 1-2°C.

## 2.7. Экстракция

Наиболее распространённый способ выделения органического вещества из реакционной массы, содержащей воду, состоит из следующих стадий: экстрагирование, высушивание вытяжек, отгонка растворителя и очистка выделенного вещества перегонкой или перекристаллизацией. Последние операции уже были рассмотрены в предыдущих разделах. Остановимся кратко на первой.

Все органические вещества, как правило, растворяются в органических растворителях значительно лучше воды. Поэтому при встряхивании водного раствора органического соединения с несмешивающимся с водой органическим растворителем вещество переходит в органический слой. Эту операцию называют экстракцией (извлечением).

Для экстракции из водного слоя часто применяют диэтиловый эфир, хлороформ, бензол, петролейный эфир.

Экстракция органических веществ из водного слоя осуществляется с помощью делительных воронок (Рис. 7).

Для извлечения из малых количеств воды можно использовать капельные воронки.

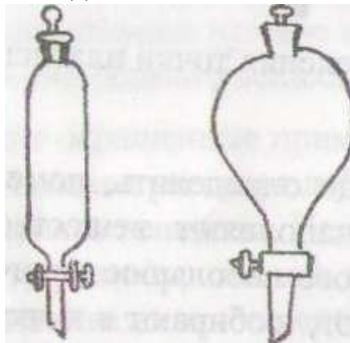


Рис.7 Воронки для экстракции органических веществ

В делительную воронку наливают жидкость, подлежащую экстракции, и прибавляют требуемое по методике количество растворителя, затем плотно закрывают воронку пробкой, предварительно проверив на герметичность (при помощи эфира) кран и верхнюю пробку. Переворачивают воронку, крепко придерживая пробку и кран. В таком положении ненадолго открывают кран для выравнивая давления (вследствие испарения эфира). После этого, придерживая кран и пробку, энергично встряхивают, время от времени приоткрывая кран. По окончании встряхивания воронку укрепляют на штативе, подставив под кран колбу или стакан.

После полного расслаивания нижний (водный) слой сливают через кран в одну колбу, а верхний (органический) - в другую. В случае надобности экстракцию водного слоя повторяют, используя новую порцию растворителя. После экстракции растворитель с растворённым веществом высушивают подходящим осушителем для удаления из воды.

После высушивания производится отгонка растворителей. Если органическое вещество, содержащееся в органической вытяжке, предполагают для окончательной очистки

перегонять при атмосферном давлении из колбы Вюрца, то отгонку производят на приборе, показанном на рис. 1.

Объем колбы должен соответствовать предполагаемому количеству вещества, содержащемуся в вытяжке. Вытяжка должна занимать не более 2/3 объема колбы, растворитель отгоняют на водяной бане или масляной бане. Когда из колбы отгонится большая часть растворителя, нагревание прекращают и добавляют новую порцию вытяжки. Когда весь растворитель отогнан, перегоняют остаток, собирая фракцию, кипящую в соответствующем интервале температур.

Если содержащееся в вытяжке органическое вещество предполагалось перегонять в вакууме, то после отгонки растворителя остаток перегоняют в вакуум-приборе.

## ***2.8. Хроматографическое разделение смеси органических веществ***

Важное значение для разделения смесей химических соединений и очистки полученного продукта от нежелательных примесей имеют хроматографические методы разделения и идентификации органических соединений. В соответствии с принципом процесса разделения хроматографические методы подразделяются на адсорбционную, распределительную, ионообменную, гель и афинную хроматографию.

Адсорбционная хроматография основана на различной способности отдельных компонентов смеси концентрироваться на поверхности сорбента, (неподвижной фазе). При перемещении подвижной фазы (элюента) относительно неподвижной фазы происходит распределение компонентов по поверхности сорбента.

Распределительная хроматография основана на различной растворимости компонентов смеси в двух несмешивающихся или частично смешивающихся жидких фазах.

Распределение компонентов смеси, диссоциирующих в растворе на ионы на ионообменнике, зависит от заряда иона, участвующего в разделении (ионы с большим зарядом обладают большим сродством к ионообменнику), константы диссоциации ионогенных групп, размера ионов. В качестве неподвижной фазы как правило служит вода.

Гельхроматографию применяют когда компоненты анализируемой смеси значительно различаются по размерам молекул. Если раствор смеси этих компонентов соприкасается с твердой фазой (поры которой заполнены тем же растворителем), то молекулы отдельных компонентов стремятся диффундировать из раствора внутрь твердой фазы через отверстия пор. Поэтому, если выбрать твердую фазу с соответствующим размером пор, то можно полностью исключить диффузию больших молекул и замедлить диффузию средних. Малые молекулы беспрепятственно проникают внутрь пор и распределяются в обеих фазах. Большие молекулы остаются только в растворе. В качестве пористой фазы целесообразнее всего пользоваться гелями.

Афинная хроматография основана на специфическом взаимодействии каких-либо веществ. Например, транспортная рибонуклеиновая кислота реагирует только с определенным видом аминокислотой, гормон с соответствующим рецептором и т.д. Если использовать фазу с ковалентно удерживаемым на его поверхности подобным веществом, то оно может избирательно удерживать из раствора связывающийся с ним определенный компонент. Внося такой носитель на хроматографическую колонку и пропуская через нее раствор связывают и удерживают на колонке нужный компонент. Затем специальными методами выделяют его с колонки.

Кроме того применяют осадочную хроматографию (использует различную растворимость компонентов смеси), термохроматографию (для разделения используют температурный градиент), реакционную хроматографию (в колонке протекает реакция между одним из компонентов раствора и специальным носителем). По способу разделения, хроматографические методы классифицируются следующим образом.

Фронтальный анализ. Раствор разделяемой смеси вводится в колонку непрерывно вплоть до окончания процесса. Сначала из колонки элюируется чистый растворитель, затем наиболее слабо удерживаемое вещество, а затем идет смесь. Этот метод анализа неудобен, поскольку позволяет выделить в чистом виде только небольшую часть чистого вещества.

Вытеснительная хроматография, В данном случае в колонку однократно вводят пробу разделяемого вещества и постепенно вымывают компоненты из колонки в соответствии с их удерживанием на носителе, подавая непрерывно раствор какого-либо вещества, обладающее большим сродством к неподвижной фазе, чем каждый из компонентов разделяемой смеси.

Проявительная хроматография. В данном случае, после одноразового введения пробы смеси разделяемых веществ, в качестве элюента используют чистый растворитель. Распределение компонентов по колонке регулируется тройным взаимодействием: компонент-растворитель - неподвижная фаза. При этом методе требуется относительно большое количество растворителя, но он позволяет выделять каждый компонент исследуемой смеси в индивидуальном состоянии. Элюирование при этом может быть простым (одним и тем же растворителем), ступенчатым (последовательное элюирование смесями, элюирующая способность которых постепенно возрастает), градиентным (постепенно увеличивается доля растворителя с большей элюирующей способностью).

По характеру фаз хроматография подразделяется на жидкостную и газовую. В жидкостной хроматографии неподвижная фаза - это твердое вещество или нелетучая жидкость. Подвижная фаза - жидкость. В газовой хроматографии подвижной фазой является газ-носитель, а неподвижной фазой - твердое вещество или нелетучая жидкость. В зависимости от того, в каком (аналитическом или препаративном) варианте нужно провести разделение, различают тонкослойную или колоночную хроматографию.

### ***2.8.1. Тонкослойная хроматография (ТСХ)***

Тонкослойная хроматография (ТСХ) - один из наиболее широко используемых хроматографических методов - имеет огромное значение для быстрого качественного анализа смесей, контроля реакций и определения рабочих параметров, которые следует использовать в препаративной колоночной хроматографии.

#### ***а) Общее описание***

Разделение проводят на плоской пластинке, покрытой тонким слоем сорбента - силикагелем или оксидом алюминия (Рис.8,а) Разделяемую смесь, растворенную в соответствующем растворителе, наносят в виде капель на пластинку (Рис.8,б) и после испарения растворителя помещают пластинку в проявительную камеру (Рис.8,в), в которую налито немного растворителя. Растворитель поднимается по слою сорбента под действием капиллярных сил. При этом различные соединения, находящиеся в смеси, поднимаются с разными скоростями в зависимости от их сродства к сорбенту. По достижении растворителем верхнего слоя сорбента соединения в идеальном случае должны полностью разделиться (Рис.8,г). Процесс разделения - это одна из форм жидкостно-адсорбционной хроматографии.

#### ***б) ТСХ-пластинки и сорбенты***

Пластинки для ТСХ состоят из подложки обычно стекла, а иногда пластмассы или толстой алюминиевой фольги, на которую нанесен тонкий слой сорбента толщиной примерно 0,25 мм (Рис.8,а). Сорбентом обычно служит либо силикагель, либо оксид алюминия с размером частиц до 30 мкм, к которым добавлено связующее (до 10% гипса или крахмала), обеспечивающее прочность слоя. Пластинки бывают двух основных типов: многократного использования и одноразовые.

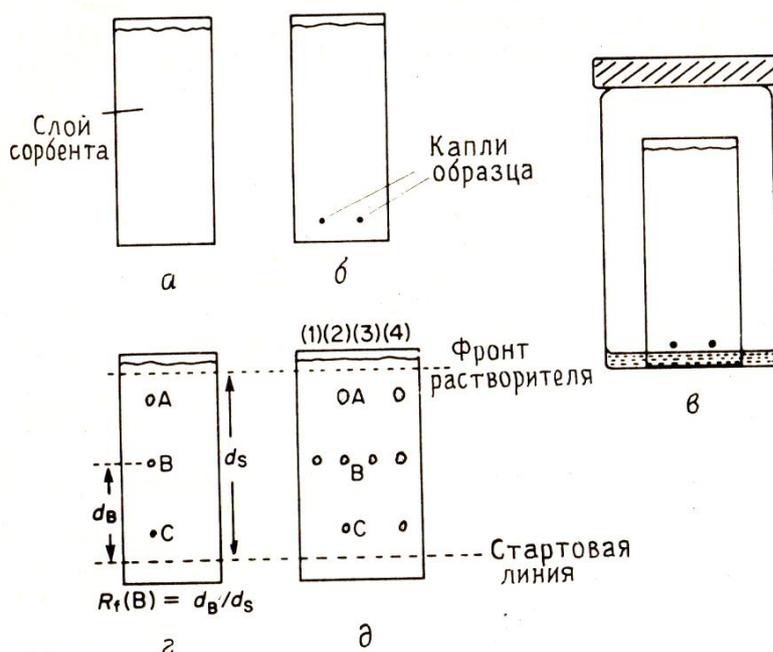


Рис.8. Тонкослойная хроматография.

Пластинки многоразового использования изготавливают из толстого стекла, на которое при помощи специального оборудования наносят сорбент, а затем после использования пластинки счищают его для повторного покрытия. Пластинки бывают разных размеров от 20 x 5 см до дешевых пластинок, сделанных из микроскопных предметных стекол (75 x 25 мм), пригодных для контроля реакций. В учебных лабораториях обычно используют пластинки с заранее нанесенным слоем.

Одноразовые пластинки поставляются различными изготовителями с готовым слоем сорбента, нанесенным на основу из тонкого стекла, пластмассовую пластинку или алюминиевую фольгу. Особенно удобны пластинки последних двух типов, так как большие листы легко разрезать ножницами на полоски нужного размера.

Одноразовые пластинки дают лучшее разрешение, чем пластинки многоразового использования; причем для большинства разделений вполне достаточна пластинка высотой 5 см. При работе с ними отрезают полоску размером 5 x 20 см, проводят карандашом слабую линию на расстоянии 5 мм от длинной нижней кромки, чтобы указать, куда наносить капли образца, и затем нарезают куски соответствующего размера. Готовые пластинки имеют определенную активность, обычно от II до III степени; их следует хранить над силикагелем.

#### **в) Нанесение образца**

Образец обычно наносят с помощью капилляра в виде 1-2 %-ного раствора в летучем растворителе типа дихлорметана или эфира (избегайте полярных растворителей, например этанола); раствор удобнее всего готовить в маленьком пузырьке. Капилляр для нанесения капель легко сделать из капилляра определения температуры плавления; для этого среднюю часть капилляра помещают в пламя для этого среднюю осторожно растягивают и ломают в месте растяжения.

Место нанесения капель в зависимости от растяжения размера пластинки должно быть на расстоянии 1 см от нижнего края на больших (5 x 20 см) пластинках и около 5 мм на маленьких одноразовых пластинках. Важно также наносить капли достаточно далеко от нижнего края (Рис.8,б и в), чтобы они не погружались в проявляющий растворитель. Перед нанесением образца заполните капилляр, погрузив его конец в раствор (капилляр заполняется раствором под действием капиллярных сил), затем слегка прикоснитесь заполненным кончиком к сорбенту, стараясь при этом не повредить его поверхности, чтобы не вызвать некоторого искажения капли при проявлении хроматограммы. Важно наносить

как можно более маленькую каплю, а это требует тонкого капилляра. Перед проявлением хроматограммы дайте капле полностью высохнуть.

### **з) Проявление хроматограммы**

Меры безопасности. В этой операции обычно используются летучие легковоспламеняющиеся растворители, поэтому ее нужно проводить вдали от источников возгорания предпочтительно в вытяжном шкафу. Хроматограмму проявляют погружением нижнего края пластинки в проявляющий растворитель в сосуде соответствующего размера (Рис.8,в). Большие пластинки проявляют в специальных камерах (20 x 5 см), а маленькие - в широкогорлых бутылках с завинчивающимися крышками. Камеру изнутри следует частично выложить фильтровальной бумагой, которая погружалась бы в растворитель, чтобы создать атмосферу, насыщенную парами растворителя, и свести к минимуму испарение с пластинки. При проявлении хроматограммы сначала залейте в банку столько растворителя, чтобы пятно образца оказалось над его поверхностью, а затем опустите в банку пластинку, стараясь расположить ее вертикально.

Это легко проделать с большими пластинками, но с маленькими легкими одноразовыми пластинками необходимо обращаться с большой осторожностью, используя щипцы или пинцет, для опускания и вынимания их из камеры. На время проявления камера должна оставаться закрытой. Когда фронт растворителя поднимется почти до верха пластинки, выньте ее из камеры и сразу же карандашом или шпателем отметьте положение фронта растворителя. Высушите пластинку в вытяжном шкафу.

### **д) Просмотр хроматограммы**

Если соединения в образце окрашены, то после проявления их легко различить визуально, однако для бесцветных соединений требуется какой-либо метод визуализации.

Наиболее употребительный метод - введение в слой сорбента неорганического флуоресцентного агента (0,5%). При освещении такой пластинки УФ-лампой (254 нм) сорбент начинает светиться бледно-зеленым или голубым светом, а органические соединения, которые гасят флуоресценцию, выделяются в виде темных пятен.

Меры безопасности. Хотя специальные УФ-лампы для ТСХ имеют низкую мощность, их все же следует вмонтировать в смотровой бокс или колпак, чтобы защитить глаза наблюдателя от УФ-излучения и чтобы дневной свет не попадал в камеру.

Еще один распространенный метод состоит в использовании склянки с йодом. Она представляет собой емкость такого же размера, как и камера для проявления, куда помещено несколько кристалликов йода. Если сухую проявленную пластинку поместить в камеру на несколько минут, пары йода растворяются в органических "пятнах", окрашивая их в коричневый цвет, до тех пор пока вся пластинка не потемнеет.

Какой бы метод ни использовался для визуализации, положение пятен для проведения дальнейших измерений необходимо пометить карандашом или шпателем (Рис.8,г).

Необходимо отметить, что, хотя описанные выше методы в целом довольно эффективны, одни соединения "проявляются" сильнее, другие слабее, а некоторые иногда не видны совсем. Поэтому не принимайте относительную яркость пятен даже в качестве грубой характеристики относительных концентраций в смеси.

Имеется целый ряд реагентов, нанесение которых из пульверизатора на пластинку после проявления хроматограммы, окрашивает соединения определенных классов в различные цвета.

### **е) Использование ТСХ в качественном анализе**

При конкретном наборе условий (сорбент и растворитель) характеристикой соединения является значение  $R_f$  (Рис.8,г). Таким образом, идентичность значения  $R_f$  соединения, находящегося в смеси, со значением  $R_f$  "подлинного" образца (вещества сравнения) дает полное основание считать, что они одинаковы (см. предостережение ниже). Поскольку сорбенты различны, а состав смеси растворителей трудно воспроизвести точно, необходимо доказать, что значения  $R_f$  одинаковы. Для этого хроматографируют смесь и вещество сравнения рядом друг с другом на одной и той же пластинке или добавляют

небольшое количество вещества сравнения к отдельной пробе смеси, чтобы удостовериться в точном совпадении пятен. На Рис.8,д (1) и (3) - вещество сравнения В, (2) - смесь, а (4) - смесь плюс вещество сравнения.

**ВНИМАНИЕ!** Идентичность хроматографического поведения даже на разных сорбентах с различными растворителями нельзя рассматривать как абсолютное доказательство структурной идентичности. Изучаемое соединение необходимо выделить методом препаративной хроматографии и затем идентифицировать, например, методом ИКС или ЯМР.

#### **ж) Выбор проявляющего растворителя (подвижной фазы)**

Высота, на которую поднимается по пластинке "пятно" соединения, зависит от сродства последнего к сорбенту и силы (полярности) проявляющего растворителя. Полярные соединения (спирты, кетоны и т. п.) сорбируются сильно и поэтому плохо продвигаются при использовании слабых проявляющих растворителей типа гексана, тогда как неполярный углеводород типа нафталина хорошо поднимается по пластинке. Наилучший растворитель приходится находить методом проб и ошибок. Силу растворителя легче всего регулировать, используя смеси сильного и слабого растворителей. Обычно начинают с 1:1-смеси эфира (сильный растворитель) с гексаном (или 60/80 петролейным эфиром) (слабый растворитель) и затем соответственно меняют соотношение. Очевидно, что, если чистый эфир не способен поднять "пятна" вверх по пластинке, необходимо перейти к более "сильному" растворителю. В случаях когда разделению препятствует сильное перекрытие двух пятен, даже если они хорошо поднимаются по пластинке ( $R_f$ , 0,6 - 0,9), можно попытаться улучшить разделение двумя путями: 1) изменением химической природы проявляющего растворителя при сохранении его силы (это изменит значение  $k'$  и следовательно,  $a$ ; или 2) изменением природы неподвижной фазы, например заменой оксида алюминия на силикагель и наоборот. На практике при наличии разных пластинок последний путь часто является более эффективным и быстрым.

В случаях когда смесь содержит несколько полярных и неполярных соединений, может потребоваться двукратное проявление - сначала в слабом растворителе для отделения неполярных соединений (полярные остаются на старте), а затем в более сильном растворителе для отделения полярных соединений (неполярные при этом сходятся вместе у фронта растворителя).

#### **2.8.2 Колоночная хроматография**

Колоночная хроматография это единственный наиболее важный метод в распоряжении химика-органика для разделения смесей в препаративном масштабе (от нескольких миллиграммов до десятков граммов). Обычно разделение проводят жидкостно-адсорбционной хроматографией, которая эффективна для большинства неионных соединений. Та же экспериментальная методика лежит и в основе ионообменной и ситовой хроматографии, которые используются для разделения ионных "биоорганических" соединений и высокомолекулярных веществ.

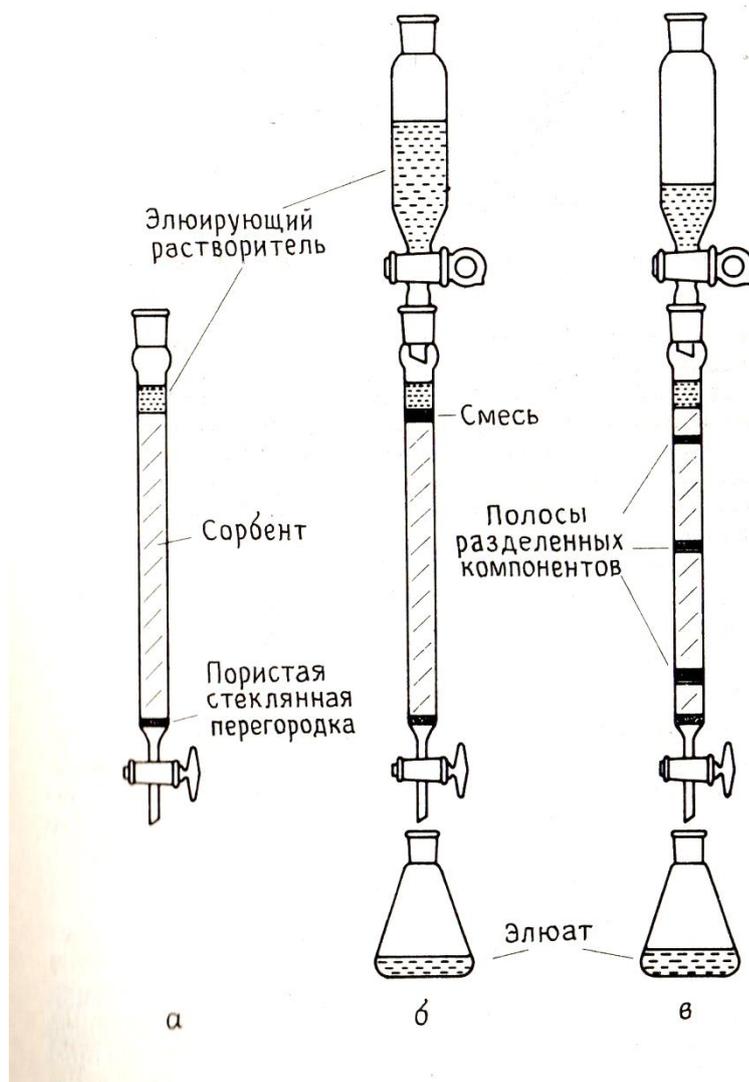


Рис.9. Колоночная хроматография (с «гравитационным» элюированием т. е. под действием собственной силы тяжести)

### Общее описание

Разделение выполняют на колонке, представляющей собой стеклянную трубку, заполненную сорбентом (Рис.9,а), выполняющим роль пористого слоя через который протекает подвижная фаза. Подвижной фазой обычно называемой "элюирующий растворитель" или "элюент", является органический растворитель типа гексана.

Разделяемая смесь подается в верхнюю часть колонки, где она сорбируется неподвижной фазой, а затем через колонку непрерывно пропускают элюент (Рис. 9,б). Каждый компонент смеси переносится вниз по колонке подвижной фазой со скоростью, которая зависит от его сродства к сорбенту. В идеальном случае смесь разделяется на ряд отдельных компонентов (полос) (Рис. 9,в), которые медленно опускаются вдоль колонки и в конечном итоге собираются в приемник.

Сильно адсорбирующиеся полярные соединения, например спирты ( $\text{ROH}$ ), амины ( $\text{RNH}_2$ ) или карбоновые кислоты ( $\text{RCO}_2\text{H}$ ), продвигаются медленнее, чем менее полярные соединения, такие, как альдегиды и кетоны ( $\text{RCOR}'$ ), эфиры ( $\text{R}_2\text{O}$ ) и углеводороды, которые адсорбируются менее сильно. Скорость, с которой полосы движутся вниз по колонке, можно контролировать, регулируя силу (полярность) элюирующего растворителя.

Обычно элюат собирают порциями (фракциями) и каждую проверяют с помощью ТСХ (или ГЖХ, если возможно), чтобы определить, какой в ней присутствует компонент (если он вообще там присутствует). Затем соответствующие фракции объединяют, удаляют растворитель на роторном испарителе и выделяют соединение.

При использовании любой формы колоночной хроматографии неизменным условием "хорошей" экспериментальной практики является взвешивание смеси перед помещением ее в колонку и взвешивание каждого компонента после разделения. Если этого не сделать, то можно "потерять" какое-либо соединение из сложной смеси, оставив его необнаруженным на колонке.

#### ***Техника хроматографического разделения.***

Для равномерного заполнения колонки сорбентом, в колонку вначале наливают растворитель (который будет применяться в качестве элюента), затем через воронку осторожно засыпают сорбент. Избыток растворителя выпускают через кран колонки. На верхнюю часть слоя сорбента наносят исследуемую смесь в виде концентрированного раствора в элюенте (кол-во смеси 0,1-1 % от веса сорбента в колонке). Затем через колонку пропускают элюент. Если сопротивление слоя сорбента небольшое, элюент проходит через колонку самотеком. При этом уровень в колонке поддерживают автоматически. Если сопротивление столбика сорбента значительное, элюент пропускают через колонку под давлением или же отсасывают из колонки с помощью водоструйного насоса. Существует несколько способов хроматографического выделения:

1. Элюент полностью отсасывают из колонки, выталкивают столбик сорбента и разрезают на части, соответствующие зонам чистых компонентов. Затем подходящим растворителем экстрагируют адсорбированные вещества.
2. В случае окрашенных веществ можно наблюдать передвижение и выход зон чистых компонентов из колонки. В этом случае отбирают фракции элюента, соответствующие зонам отдельных компонентов, и, отогнав элюент, получают чистое вещество.
3. Если разделению подвергалась смесь неокрашенных веществ, то поступают следующим образом : отбирают равные по объему (или по весу) фракции элюента, из каждой фракции отгоняют растворитель и строят выходную кривую, которая характеризует содержание остатка в каждой фракции (Рис.10).

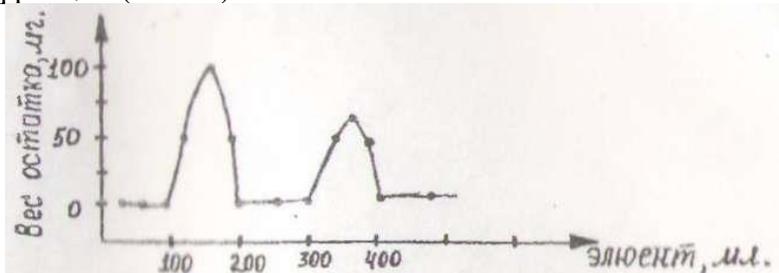


Рис. 10. Пример выходной кривой.

4. Контроль отобранных неокрашенных фракций осуществляют с помощью ТСХ по значению  $R_f$  коррелируют содержание разделяемых веществ по фракциям.

### **2.9. Оформление лабораторных работ**

Ведение соответствующих записей - жизненно важная часть всей экспериментальной работы. Окончательный отчет должен быть точным, ясным и кратким и содержать такое количество информации, чтобы любой профессиональный химик смог точно повторить работу. Ниже изложены общепринятые положения и установившийся порядок ведения рабочего журнала.

#### **1. Запись экспериментальных данных**

Ведите все записи в прочном лабораторном журнале. Каждый эксперимент должен иметь номер, заглавие и дату его проведения. По ходу эксперимента все наблюдения, взвешивания, температуры и другие данные записывают непосредственно в журнал (не пишите их на клочках бумаги, которые легко потерять).

#### **2. Окончательный отчет**

После того как эксперимент завершен, необходимо написать окончательный отчет (как проиллюстрировано ниже), который должен включать:

1. Краткую формулировку цели эксперимента.

2. Написанный своими словами сжатый отчет о непосредственно проведенном эксперименте, а не простую копию данной методики. Количества веществ помещают в скобки после их названия. Приведем такой пример: «Сухие магниевые стружки (0,45 г, 0,018 моль) поместили в высушенную в печи 25-мл трехгорлую колбу, снабженную капельной воронкой, обратным холодильником (и то, и другое с хлоркальциевыми трубками) и магнитной мешалкой. В капельную воронку залили раствор бромбензола (2,65 г, 0,017 моль) в сухом эфире (9 мл) и прикапывали его в течение примерно 5 мин с перемешиванием. После прикапывания первых нескольких капель, раствор помутнел и стал нагреваться. Прикапывание было продолжено с такой скоростью, чтобы эфир спокойно кипел.» Детальные описания стандартных экспериментальных методик, например перегонки или кристаллизации, обычно не требуются (за исключением экспериментов, специально разработанных для обучения этим методам), но они должны включать сведения о любых изменениях, которые важны для данного конкретного эксперимента.

3. Массу каждого продукта и его выход в процентах:

выход (%) = (полученный выход / теоретический выход) \* 100.

4. Температуру плавления или кипения каждого продукта, а также литературные данные для сравнения (последние можно получить из справочной литературы, имеющейся в лаборатории или библиотеке).

6. Заключительную часть, суммирующую результаты и комментирующую их.

### 3. Образцы и спектры

Сохраните в небольшом количестве образцы всех продуктов, интермедиатов и производных и нанесите на ампулу с образцом ваше имя, номер эксперимента, дату, название соединения и его температуру плавления. Спектры должны иметь аналогичные пометки, и, кроме того, на них следует указать условия и параметры при которых они были записаны.

Дата

Лабораторная работа №  
Работа начата

Тема:

Схема реакций:

Оборудование и реактивы:

Методика эксперимента:

Ход эксперимента:

Таблица:

Полученное вещество	Константы		Выход		
	экспериментальные	справочные	г	в %	от теоритического.

Вывод:

Работа закончена:

Затрачено:

Подпись преподавателя:

## 2. Химия алканов, циклоалканов, алкенов, соединений с тройной связью

### Синтез дибромэтана

В пробирку с отводной трубкой и трубкой подачи газа помещается 5 мл брома, на дно пробирки заранее кладут кусочки стекла (для увеличения поверхности, на которой происходит взаимодействие газа с жидким бромом). Над поверхностью брома наливают слой воды в 1 см (для уменьшения потерь брома за счет испарения). Подают в пробирку этилен.

Пробирку следует охлаждать холодной водой, так как реакция сопровождается выделением тепла. Скорость пропускания газа через бром устанавливают с таким расчетом, чтобы проскок газа в колбу с водой был небольшим. Пробирку необходимо взбалтывать, соблюдая осторожность, чтобы не выплеснуть бром в отводную трубку. Бромирование заканчивается, когда взятое количество брома полностью прореагирует с этиленом — наступит обесцвечивание брома.

Сырой дибромэтан промывают в делительной воронке водой, раствором едкого натра и еще несколько раз водой. После высушивания хлористым кальцием продукт перегоняют из маленькой колбы Вюрца, собирая фракцию 130—132° С.

Выход — 12-15 г (65-80%). Т. кип. чистого 1,2-дибромэтана 131,5° С. Т. пл. 10° С. Показатель преломления  $n = 1,5379$ .

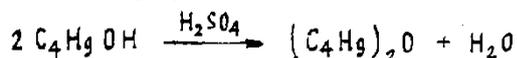
### 3. Ароматические соединения, методы получения, реакции замещения в ароматическом кольце и другие реакции аренов

#### Синтез сульфаниловой кислоты

В фарфоровой ступке осторожно смешивают 9,3 г анилина и 5,6 мл серной кислоты. Смесь тщательно растирают до образования сухого порошка. Полученную соль переносят в фарфоровую чашку (Рис.1), устанавливают термометр так, чтобы его шарик находился в реакционной массе. Смесь нагревают на воздушной бане при температуре 180-185°С до тех пор, пока масса не станет сухой и твердой. После этого нужно прекратить нагревание, подождать, пока чашка охладится, перенести твердую массу в фарфоровую ступку с помощью шпателя и растереть до порошка.

### 4. Гидроксипроизводные алифатического и ароматического ряда

#### Синтез дибутилового эфира



Реактивы: н-бутиловый спирт-49,4 мл, серная кислота ( $\rho = 1,83$ )-5,6 мл, хлорид кальция.

Оборудование: круглодонная колба вместимостью 200 мл, холодильник, водоотделитель, мерный цилиндр, установка для фракционной перегонки, термометр.

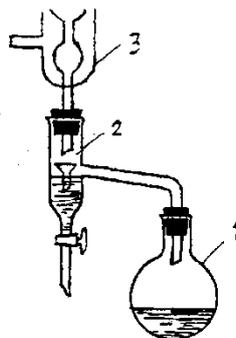
В круглодонную колбу вместимостью 200 мл с водоотделителем и обратным холодильником наливает 20 г н-бутилового спирта и при размешивании прибавляет 5,6 мл концентрированной серной кислоты. Затем вносят "кипелки" и смесь осторожно кипятят. Через 3-3,5 ч измеряют количество выделившейся воды. Нагревание прекращают, когда выделится количество воды, примерно равное рассчитанному по уравнению.

Содержимое колбы охлаждают, приливают при помешивании и охлаждении 24 мл 3 н. раствора едкого натра и переносят в делительную воронку. Промывают раствором щелочи (до щелочной реакции промывных вод), затем 30 мл воды и 24 мл насыщенного раствора хлорида кальция.

Полученный продукт сушат хлоридом кальция и переносят в перегонную колбу, фильтруя его через небольшой складчатый фильтр. Перегоняют с высоким дефлегматором и отбирают фракцию, кипящую до 135 °С. Затем смесь охлаждают, меняют дефлегматор на более низкий и собирают фракцию, кипящую при 140–142 °С.

Выход около 20 г.

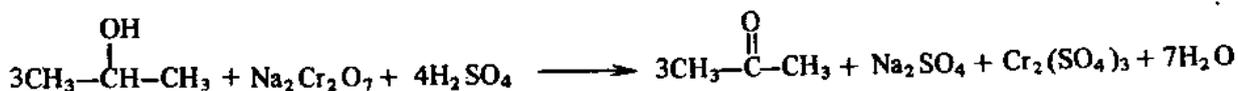
Эфиры перегонять досуха нельзя, так как они содержат перекиси, которые при перегонке досуха могут взорваться.



Прибор для удаления воды из реакционной смеси:  
1 - колба; 2 - ловушка;  
3 - холодильник

## 1. Химия карбонильных соединений

### Синтез ацетона



**Реактивы:** изопропиловый спирт — 15,6 г (20 мл); дихромат натрия — 15 г; серная кислота ( $\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$ ) — 33,1 г (18 мл).

**Посуда и оборудование:** колба двугорлая вместимостью 200 мл; холодильник водяной; капельная воронка; термометр; колба Вюрца; баня водяная.

В двугорлую колбу, снабженную капельной воронкой и обратным холодильником, помещают 20 мл изопропилового спирта. Отдельно готовят хромовую смесь, растворяя 15 г дихромата натрия в 60 мл воды и смешивая полученный раствор с 18 мл концентрированной серной кислоты (осторожно прибавляют кислоту в водный раствор дихромата). Полученную хромовую смесь из капельной воронки небольшими порциями (по 1...2 мл) прибавляют в колбу. Сразу начинается реакция окисления, сопровождаемая сильным разогреванием реакционной массы. Следующую порцию окислителя добавляют после того, как реакция замедляется.

После прибавления всей хромовой смеси колбу нагревают на водяной бане в течение 10 мин. Затем реакционную смесь охлаждают, переливают в колбу Вюрца с нисходящим холодильником и отгоняют ацетон на водяной бане, собирая фракцию, кипящую в пределах 55...58 °С.

**Выход** ацетона 10 г (66,3% от теоретического).

Ацетон (пропанон-2) — бесцветная прозрачная жидкость с характерным запахом, смешивается с водой во всех отношениях. Т. кип. 56,24 °С,  $\rho_4^{30} = 0,7908$ ,  $n_D^{20} = 1,3590$ .

**Спектр ЯМР:** синглет 2,07 м. д.

**Хроматография,** пластинки «Силуфол», система тетрагидрид углерода — гексан — этилацетат (10:2:1).  $R_f = 0,61$ .

Критерии оценки (в баллах):

- **9-10** баллов выставляется студенту, если раскрыта суть рассматриваемого аспекта и причина его рассмотрения; описание существующих для данного аспекта проблем и предлагаемые пути их решения; доклад имеет презентацию; соблюден регламент при представлении доклада; представление, а не чтение материала; использованы нормативные, монографические и периодические источники литературы; четкость дикции; правильность и своевременность ответов на вопросы; оформление доклада в соответствии с требованиями сдачи его преподавателю;
- **6-8** баллов выставляется студенту, если не выполнены любые два из вышеуказанных условий;
- **3-4** балла выставляется студенту, если не выполнены любые четыре из вышеуказанных условий;
- **1-2** балла выставляется студенту, если не выполнены любых шесть из указанных условий

### Тестовые задания

#### Тест №5 «Галогенсодержащие, спирты и карбонильные соединения»

1. Прочность связи алкил-галоген в галоидсодержащих соединениях уменьшается в ряду:
  1. RCl, RI, RF, RBr
  2. RF, RCl, RBr, RI
  3. RI, RBr, RCl, RF
  4. RI, RCl, RF, RBr
2. Нуклеофильное замещение йода в 2-йодбутане цианогруппой в воде идет по механизму:
  1. S<sub>N</sub>1
  2. S<sub>N</sub>2
  3. S<sub>N</sub><sup>1</sup>
  4. S<sub>N</sub><sup>1</sup>2
3. В реакции нуклеофильного замещения по S<sub>N</sub>1 – типу легче вступают субстраты:
  1. Первичные
  2. Вторичные
  3. Третичные
  4. Четвертичные
4. Верны ли следующие суждения:
 

А. Чем более разветвленным является субстрат, тем менее вероятно протекание реакций элиминирования в галоидсодержащих соединениях.

Б. Чем более полярный растворитель, тем более вероятно протекание реакций элиминирования в галоидсодержащих соединениях.

  1. Верно только А
  2. Верно только Б
  3. Верны оба суждения.
  4. Оба суждения не верны.
5. Бромирующим агентом аллильного положения в непредельных соединениях является:
  1. HBr
  2. Br<sub>2</sub>
  3. N-бромсукцинимид
  4. KBrO<sub>3</sub>
6. Какими способами можно активировать реакции нуклеофильного замещения хлора в хлорбензоле
  1. Ввести в молекулу хлорбензола электроно-акцепторные заместители.
  2. Использовать в качестве катализаторов кислот Льюиса
  3. Использовать протоно-донорные заместители.
  4. Уменьшить давление.
7. При взаимодействии уксусного альдегида с метилмагнийбромидом с последующим гидролизом образующегося соединения синтезируется спирт:
  1. Первичный

2. Вторичный
3. Третичный
4. Четвертичный

8. Установите соответствие между названием вещества и углеродсодержащим продуктом, который преимущественно образуется при его взаимодействии с метилмагнийбромидом

А. диметилкетон	1. метанол
Б. уксусный альдегид	2. бутанол
В. формальдегид	3. этанол
Г. этилацетат	4. изопропанол
	5. третбутанол
	6. реакция не протекает

9. Перевести этанол в ацетальдегид можно с помощью:

1. NaOH
2.  $K_2Cr_2O_7$
3.  $H_2$
4.  $H_2O$

10. При взаимодействии с натрием наиболее активен по сравнению с остальными:

1.  $CH_3OH$
2.  $C_2H_5OH$
3.  $CH_3-CH(OH)-CH_3$
4.  $H_2O$

11. Установите соответствие между формулой вещества и углеродсодержащим продуктом его реакции с метанолом

А. KOH	1. $CO_2$
Б. HCl	2. HCOOH
В. $CH_3COOH$	3. $CH_3COOCH_3$
Г. $KMnO_4$	4. $HCOOCH_2CH_3$
	5. $CH_3Cl$
	6. реакция не протекает

12. Основным продуктом дегидратации бутанола-2 является:

1. Бутен-2
2. Бутен-1
3. Бутадиен
4. Бутин-2

13. Этиленгликоль может реагировать с каждым из двух веществ:

1. метанолом и серебром
2. гидроксидом меди (II) и метанолом
3. гидроксидом меди (II) и уксусной кислотой
4. магнием и метанолом

14. Спирт не образуется в реакции

1. пропаналя с гидроксидом меди (II)
2. пропанола-2 с водородом
3. этаналя с водородом
4. этилена с водой

15. Установите соответствие между формулой вещества и углеродсодержащим продуктом его реакции с фенолом

А. натрий	1. фенолформальдегидные смолы
Б. гидроксид натрия	2. бензальдегид
В. Карбонат натрия	3. бензойная кислота
Г. Формальдегид	4. бензол

	5. фенолят натрия
	6. реакция не протекает

16. Для этанола труднее всего протекает реакция, сопровождающаяся:

1. отщеплением воды
2. с разрывом связи С-С
3. с разрывом связи О-Н
4. отщеплением группы ОН

17. Установите соответствие между формулой вещества и углеродсодержащим продуктом его реакции с хлорэтаном

А. гидроксид натрия в водном растворе	1. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
Б. гидроксид натрия в спиртовом растворе	2. $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$
В. Аммиак	3. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$
Г. натрий	4. $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
	5. $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$
	6. реакция не протекает

18. Каким способом НЕ возможно получить альдегиды:

1. окислением алкинов перманганатом калия в кислой среде
2. окислением алкенов раствором перманганата калия в присутствии  $\text{HIO}_4$
3. окислением спиртов кислородом в присутствии соединений меди (II)
4. окислением спиртов оксидом хрома (VI) в уксусной кислоте

19. Установите соответствие между реагентами и продуктами их реакций взаимодействия

А. взаимодействие кетонов с синильной кислотой	1. образование оксимов
Б. взаимодействие альдегидов с аммиаком	2. образование циангидринов
В. Взаимодействие альдегидов с гидросиламином	3. образование иминов
Г. Взаимодействие альдегидов с гидразингидратом	4. образование гидразонов

20. Сколько продуктов образуются при расщеплении по Попову метилэтилкетона при действии бихромата калия в кислой среде

1. 1
2. 2.
3. 3
4. 4

21. При действии на кротоновый альдегид боргидридом натрия восстанавливается

1. двойная связь
2. карбонильная группа
3. двойная связь и карбонильная группа
4. процесс восстановления не идет

22.  $\text{SeO}_2$  является специфическим реагентом для получения из карбонильных соединений:

1. 1,2- дикарбонильных соединений
2. 1,3- дикарбонильных соединений
3. 1,4 – дикарбонильных соединений
4. 1,3 – кетокислот

23. Верны ли следующие утверждения:

А. Алифатические альдегиды вступают в реакцию Канницаро если только в  $\alpha$ - положении к карбонильной группе нет водорода

Б. Реакция Канницаро протекает только в присутствии спиртов.

1. Верно только А

2. Верно только Б
  3. Верны оба утверждения.
  4. Оба утверждения не верны.
24. Получение этанала из этанола относится к реакции:
1. гидрирования
  2. дегидрирования
  3. гидратации
  4. дегидратации
25. Внутримолекулярная дегидратация спиртов возможна
1. при температуре меньше  $140^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  конц.
  2. при температуре больше  $140^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  конц.
  3. при температуре меньше  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$
  4. при использовании  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$

Критерии оценки (в баллах):

- 9-10 баллов выставляется студенту при 90-100% правильных ответов;
- 7-8 баллов выставляется студенту, при 70-80% правильных ответов;
- 5-6 баллов выставляется студенту, при 50-60% правильных ответов
- 3-4 баллов выставляется студенту, при 30-40% правильных ответов
- тест считается не выполненным, при количестве правильных ответов меньше 30%

### 5 семестр

#### Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Структура экзаменационного билета:

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса из разных разделов программы курса и задачи на установление структуры органического соединения разными методами

Примерные вопросы для экзамена:

**Карбонильные соединения.** Номенклатура, классификация, строение. Основные спектральные характеристики и физические свойства. Способы образования карбонильной группы: окисление алканов и алкилароматических углеводородов. Синтез гидролизом геминальных дигалогенпроизводных и виниловых эфиров, озонлиз и каталитическое окисление олефинов, оксо-синтез, окисление и дегидратация спиртов, окислительное расщепление гликолей, реакция Соммле. Синтез альдегидов и кетонов из карбоновых кислот и их производных: восстановлением кислот, восстановлением хлорангидридов, взаимодействие карбоновых кислот и их производных с магниорганическими соединениями, пиролиз солей карбоновых кислот. Макроциклические кетоны и их синтез. Синтез ароматических карбонильных соединений по Фриделю-Крафтсу. Химические свойства. Реакции с нуклеофилами: гидратация, получение ацеталей, полуацеталей и кеталей, дигалогид- и бисульфитных производных. Образование азотсодержащих производных и их реакции. Геометрическая изомерия оксимов, превращения катализируемые кислотами, перегруппировка Бекмана, реакция Кижнера-Вольфа. Реакции с магниорганическими соединениями. Кетоенольная таутомерия и связанные с ней свойства карбонильных соединений: галогенирование и галоформное расщепление, нитрозирование, алкилирование. Альдольно-кетоновая конденсация и её механизм при кислотном и основном катализе, реакция Кневенагеля.

**Дикарбонильные соединения.** Номенклатура, классификация.  $\alpha$ -ди-карбонильные соединения: глиоксаль, метилглиоксаль, свойства и реакции. Бензальдегид, бензидиновая перегруппировка.  $\beta$ -Дикарбонильные соединения, кето-енольная таутомерия,  $\beta$ -дикетонаты металлов.  $\gamma$ -Ди-карбонильные соединения и их использование в синтезах гетероциклов.

**$\alpha,\beta$ -Непредельные альдегиды и кетоны.** Электронное строение и его связь с реакционной способностью. Синтез реакциями окисления-дегидратации и галоидирования-дегалогидирования. Кетоновая конденсация карбонильных соединений. Влияние строения  $\alpha,\beta$ -непредельных карбонильных соединений на реакционную способность. Селективное

восстановление металлами и комплексными гидридами металлов. Реакции присоединения воды, спиртов, галоген-водородов. Эффект винилоггии. Реакции конденсации. Кетены, методы синтеза и химические реакции.

**Хиноны.** Получение. Свойства. Сопоставление свойств хинонов и  $\alpha,\beta$ -непредельных кетонов.

**Карбоновые кислоты.** Классификация и номенклатура. Электронное строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. природные источники карбоновых кислот. Методы синтеза: окисление углеводов, спиртов и карбонильных соединений. Синтезы с помощью магнийорганических соединений, малонового и ацетоуксусного эфира, гидролиз нитрилов. синтез уксусной кислоты из метанола. Физические свойства карбоновых кислот. Водородные связи и образование димерных ассоциатов. Химические свойства. Кислотность, ее зависимость от характера и количества заместителей в алкильной цепи. Производные карбоновых кислот: соли, сложные эфиры, галогенангидриды, ангидриды, амиды, нитрилы. Взаимопревращения производных карбоновых кислот. Восстановление и галогенирование кислот (реакция Геля-Фольгарда-Зелинского). Высшие карбоновые кислоты: маргариновая, пальмитиновая, стеариновая. Ароматические карбоновые кислоты, получение и реакции замещения в ароматическом кольце. Основные пути использования карбоновых кислот. Синтез термостойких полимеров из поликарбоновых кислот и их производных.

**Производные карбоновых кислот.** Соли: реакции декарбосилирования (термический и каталитический варианты, реакция Колбе). Действие галогенов на серебряные соли (реакция Бородина-Хундиккера). Мыла. Хлорангидриды. Реакции с нуклеофилами, магнийорганическими соединениями. Реакция Розенмунда-Зайцева. Использование хлорангидридов как реагентов для ацилирования. Сложные эфиры: Восстановление каталитическое, комплексными гидридами металлов, по Буво-Блану. Реакции переэтерификации и сложно-эфирной конденсации. Ангидриды карбоновых кислот: реакции ацилирования, реакция Перкина.

**Амиды.** Кислотно-основные свойства. Восстановление в амины, перегруппировка Гофмана. Превращение гидразидов, азидов и гидроксамовых кислот. Реакция с азотистой кислотой. Взаимопревращения амидов и нитрилов.

**Нитрилы.** Каталитическое гидрирование, восстановление алюмогидридом лития, взаимодействие с реагентами Гриньяра. Амидины.

**Дикарбоновые кислоты.** Номенклатура и классификация. Методы синтеза: окисление циклоалканов и циклоалкенов, ациклических спиртов и кетонов, ароматических и алкилароматических углеводов, гидролиз моно- и динитрилов, синтезы с использованием малонового и ацетоуксусного эфиров. Получение щавелевой кислоты из формиата натрия. Химические свойства. Кислотные свойства и их зависимость от взаимного расположения карбоксильных групп. Щавелевая кислота: реакции декарбосилирования, декарбонилирования, окисления. Диэтилоксалат, реакции сложноэфирной конденсации и их синтетическое использование. Малоновая кислота, декарбосилирование, причины повышенной легкости его протекания, конденсация с карбонильными соединениями (реакция Кневенагеля), присоединение по активированной краткой связи (реакция Михаэля), алкилирование и окислительная конденсация натрмалонового эфира, превращение продуктов этих реакции в карбоновые кислоты (синтезы Конрада). Янтарная и глутаровая кислоты: образование ангидридов и имидов. Сукцинимид и его применение. Фталевая кислота и ее производные, фталевый ангидрид и его применение в химии полимерных материалов. Синтез пластификаторов и репеллентов на его основе. Фталимид и его использование для синтеза аминов (реакция Габриеля) и антралиновой кислоты. Терефталевая кислота, диметилтерефталат и их использование.

**Угольная кислота.** Фосген, мочевины и ее производные. Сложные эфиры угольной кислоты, изоцианаты, уретаны, семикарбазид, ксантогенаты. Гуанидин, причины высокой активности. Практическое использование производных угольной кислоты.

**Непредельные моно- и дикарбоновые кислоты** Классификация непредельных монокарбоновых кислот. Синтез непредельных карбоновых кислот. Электронное строение, взаимное влияние карбоксильной группы и  $C=C$ - связи в химических реакциях.

Присоединение воды, аммиака, галогенводородов, причины ориентации в этих реакциях. Методы получения и использования акриловой, метакриловой кислот и их производных. Плексиглас. Олеиновая, линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты. Природные источники и практическое применение. Понятие о простагландинах, липидах. Жиры, олифа и другие высыхающие масла. Способы получения малеиновой кислоты и ее ангидриды. Стереизомерия и взаимопревращения малеиновой и фумаровой кислот, влияние стереоизомерии на химические свойства. Ацетилендикарбоновая кислота, использование ее в синтезах в качестве диенофила в реакции Дильса-Альдера.

**Нитросоединения.** Электронное строение нитрогруппы и ее электронно-акцепторный характер. Номенклатура и классификация нитросоединений. Способы получения: реакция Коновалова, обмен галогена на нитрогруппу, окисление аминов, синтез ароматических соединений из аминов через соли диазония. Химические свойства. Каталитическое гидрирование, восстановление в кислой, нейтральной и щелочной средах. Кислый характер водородного атома и связанные с этим свойства алифатических нитросоединений (галогенирование, нитрозирование и идентификация с его помощью строения алкильного радикала). Реакции конденсации с карбонильными соединениями и присоединения по активированным C=C- связям. Таутомерия нитросоединений и реакции аци-формы: гидролиз, перегруппировка в гидроксамовые кислоты. Нитроуксусный эфир и его применение в синтезе аминокислот. Свойства ароматических нитросоединений. Влияние нитрогруппы на скорость и ориентацию электрофильного и нуклеофильного замещения. Радикальное замещение нитрогруппы.

**Нитрозосоединения.** Таутомерия, димеризация, реакции конденсации. Фенилгидроксиламин, азоксибензол и их перегруппировки. Гидразобензол, бензидиновая и семидиновая перегруппировка.

**Амины.** Классификация, номенклатура. Электронное строение аминогруппы, влияние радикала, связанного с азотом. Методы получения аминов. Нуклеофильное замещение в галоген-, гидрокси- и аминопроизводных алифатических и ароматических углеводородов, восстановление нитросоединений, азотосодержащих производных карбонильных и карбоксильных соединений, перегруппировка амидов (реакция Гофмана), азидов (перегруппировка Курциуса), гидразидов карбоновых кислот (реакция Лоссена). Физические свойства аминов и их спектральные характеристики. Химические свойства. Зависимость кислотности и основности от природы углеводородного радикала. Взаимодействие с электрофильными реагентами: алкилирование, гидроксилалкилирование, ацилирование, взаимодействие с азотистой кислотой. Окисление алифатических и ароматических аминов. Четвертичные аммонийные соли, методы получения, строение, использование в качестве катализаторов фазового переноса. Реакции разложения четвертичных аммонийных оснований и окисей аминов (реакции Гофмана и Коупа). Енамины. Свойства ароматических аминов. Алкилирование и сульфенирование ароматических аминов. Сульфаниловая кислота и сульфаниламидные препараты. Ацилирование ароматических аминов в качестве защитной функции. Нитрозирование и диазотирование ароматических аминов. Синтез гетероциклических соединений из *o*-фенилендиамина и *o*-аминофенола. Полиамины, применение в качестве мономеров.

**Диазо- и азосоединения.** Получение диазотированием ароматических аминов (реакция Грисса). Электронное строение, катион диазония как электрофильный реагент. Взаимопревращения различных форм diazosоединений. Реакции солей диазония, протекающие с выделением азота. Реакции Зондмейера, Несмеянова. Реакции солей диазония, протекающие без выделения азота. Азосочетание. Синтез красителей (метилоранж, Конго-красный). Восстановление солей диазония и азосоединений. Синтез производных гидразина и аминов. Арилирование ароматических соединений с помощью солей диазония. Diazosоединения жирного ряда: diaзометан, diaзоуксусный эфир, синтезы на их основе.

**Гидроксикислоты.** Номенклатура и классификация. Алифатические гидроксикислоты: синтезы из непредельных, галоген-, кето-и аминокарбоновых и дикарбоновых кислот, многоатомных спиртов, гидроксиальдегидов и гидроксинитрилов. Синтез-гидроксикислот по Реформатскому. Природные источники и важнейшие

представители класса. Гликолевая, молочная, яблочная, винная, лимонная кислоты. Химические свойства, стереохимия гидроксикислот. Реакции, протекающие с сохранением и обращением хирального центра.

**Ароматические гидроксикислоты.** Получение из фенолята и солей нафтолов по Кольбе-Шмитцу, взаимопревращения солей гидроксibenзойных кислот. Получение простых и сложных эфиров, реакции азосочетания. Салициловая кислота, аспирин, салол.

**Альдегидо- и кетокислоты.** Номенклатура и классификация.  $\alpha$ -альдегидо- и кетокислоты. Методы получения и химические свойства.  $\beta$ -альдегидо- и кетокислоты. Получение сложных эфиров по реакции Кляйзена. Ацетоуксусный эфир, его C-H-кислотность и таутомерия, двойственная реакционная способность и использование в синтезе кетонов и карбоновых кислот. Конденсация с карбонильными соединениями и присоединение по C=C- связям (реакция Михаэля). Взаимодействие с бисульфитом натрия, цианистым водородом, гидроксиламином и производными гидразина. Реакции бромирования, нитрозирования, азосочетания, ацетилирования, взаимодействие с реагентами Гриньяра и diaзoметаном.

**Образец экзаменационного билета:**

Башкирский государственный университет

**Инженерный факультет**

**Кафедра технической химии и материаловедения**

---

Направление «Химия, физика и механика материалов», профиль «Медицинские и биоматериалы»

Вариативная часть, обязательные дисциплины

**«Органическая химия, ч.2»**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Общая химия моно- и дикарбоновых кислот алифатического и ароматического ряда. Изменение кислотных свойств в зависимости от радикала у карбоксильной группы.
2. Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в пиридине. Факторы, влияющие на скорость и ориентацию в этих реакциях.
3. Установите структуру соединения формулы  $C_5H_{11}NO$ , имеющего в ПМР-спектре дублет при 1,18 м.д., септет при 2,2 м.д. и два уширенных синглета при 2,8 и 3,01 м.д. с соотношением интенсивностей 3:1. В ИК-спектре данное соединение наряду с другими имеет характеристические частоты при 1680 и 3220  $cm^{-1}$ . Получите данное соединение из изопропилового спирта..

Составитель: к.х.н., доц.

Ямансарова Э.Т.

Зав. кафедрой ТХМ

Мухамедзянова А.А.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### Задания для самостоятельных работ

Описание задания:

Самостоятельные (проверочные) работы проводятся после каждого практического занятия по определенной тематике с целью оценить степень усвоения лекционного материала и способность студента применять его при решении задач разного уровня, для закрепления пройденного материала в качестве текущего контроля. Программа дисциплины разбита на 4 крупных темы, которые, в свою очередь на более мелкие подтемы. В течение семестра проводится 8 самостоятельных (проверочных) работ, которые распределены по модулям дисциплины. Каждый из 14 вариантов проверочной работы содержит 4-5 задач. Обязательно каждый вариант содержит задания на номенклатуру соединений, методы синтеза, химические свойства, цепочки превращений.

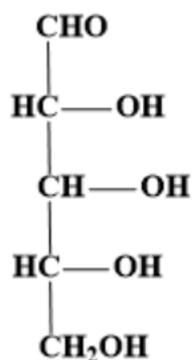
#### Самостоятельная работа №1

«Химия углеводов»

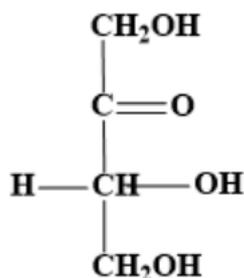
Вариант 1

1. К каким группам моносахаридов можно отнести следующие соединения:

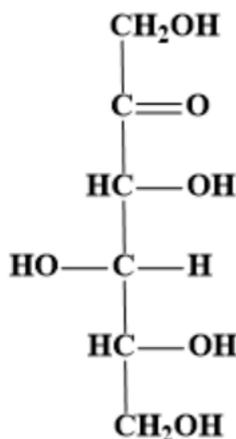
а)



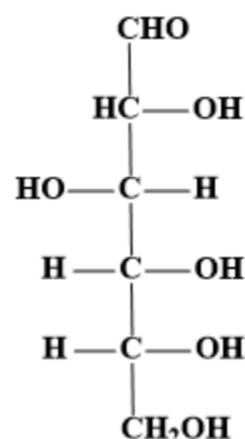
б)



в)



г)



Какие из них являются альдозами и кетозами? Для гексоз постройте формулы Хеуорса.

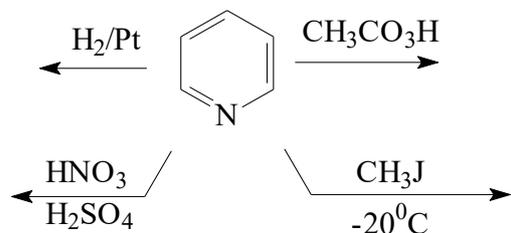
2. Напишите схемы окисления до альдоновых кислот:

а) D-рибозы; б) D-маннозы. Назовите их.

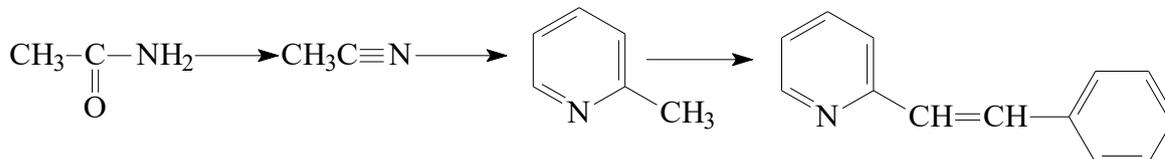




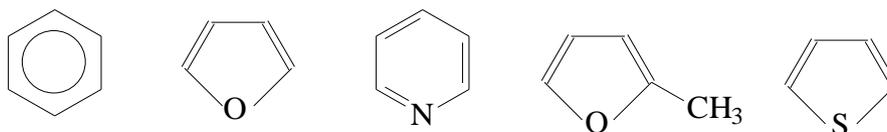




2. Как осуществить следующие превращения:



3. Расположите вещества по увеличению активности в реакциях электрофильного замещения:



4. Предложите метод синтеза хинолина из нитробензола и глицерина.

### Задания для контрольной работы

Описание контрольной работы:

Контрольные работы проводятся с целью оценить степень усвоения лекционного материала и способность студента применять его при решении задач разного уровня, для закрепления пройденного материала в качестве рубежного контроля. При изучении дисциплины в течение семестра проводится 4 контрольных работы, которые распределены равномерно по модулям дисциплины. Каждый из 14 вариантов контрольной работы содержит 8 задач. Обязательно каждый вариант содержит задания на номенклатуру соединений, методы синтеза, химические свойства, цепочки превращений и спектральную задачу.

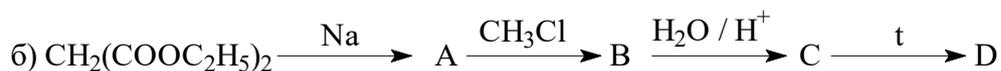
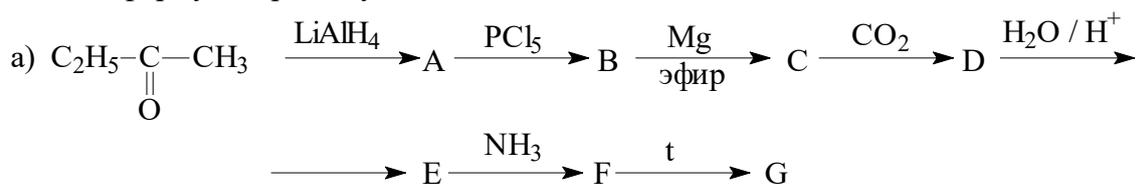
*Пример варианта контрольной работы:*

#### Контрольная работа № 1 Моно- и дикарбоновые кислоты Вариант 1

1. Назовите следующие соединения:



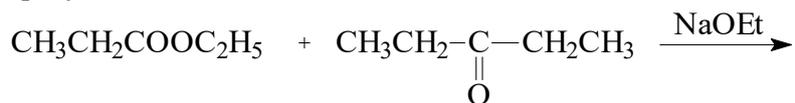
2. Напишите формулы промежуточных и конечных веществ.



3. Как осуществить следующие превращения:



4. Что получится в результате взаимодействия:



5. Предложите схему синтеза:

а) нитрила бутановой кислоты из этилацетата;

б) β-фенилпропионовой кислоты из толуола и малонового эфира.

6. Кислота, имеющая состав  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ , взаимодействует с хлором в присутствии фосфора и образует соединение  $\text{C}_5\text{H}_9\text{ClO}_2$ . Натриевая соль исследуемой кислоты при нагревании с твердым  $\text{NaOH}$  образует н-бутан. Определите строение этой кислоты.

7. Какие были выполнены превращения с малоновым эфиром, если полученное в результате соединения имеет четыре углеродных атома, обесцвечивает бромную воду и содержит карбоксильную группу.

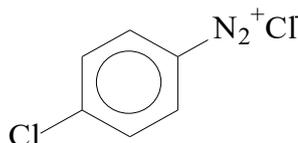
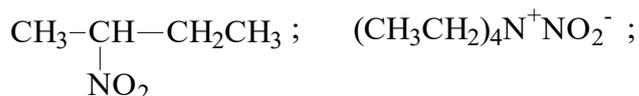
8. Какова структура исходного соединения, если при его нагревании образовалось органическое соединение формулы  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ , имеющее в ИК спектре полосы поглощения при  $1340, 1420, 1780 \text{ см}^{-1}$ . В ЯМР  $^1\text{H}$  присутствуют дублет при 1,18 м.д., мультиплет при 1,52 м.д., триплет при 2,36 м.д., мультиплет при 3,89 м.д.

### Контрольная работа №2

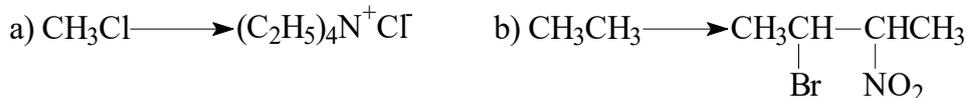
#### «Азотсодержащие производные органических соединений»

#### Вариант 1

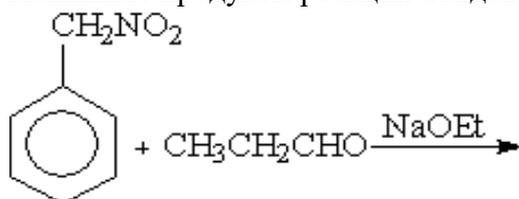
1. Назовите соединения:



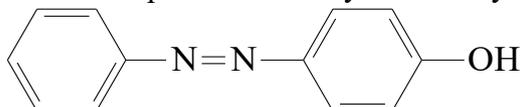
2. Предложите пути синтеза:



3. Напишите продукты реакции конденсации:

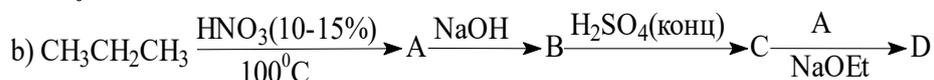
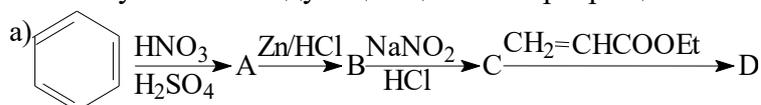


4. Как из нитробензола получить следующее соединение:

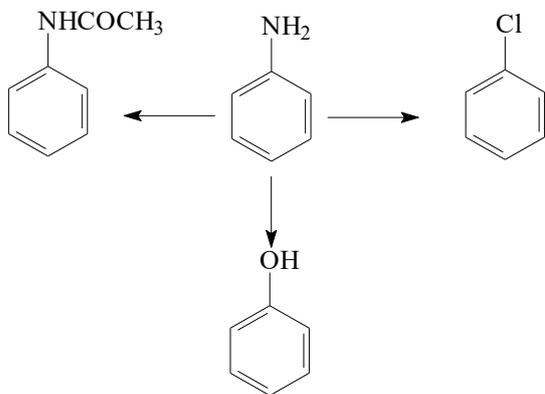


5. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$ , если известно, что оно реагирует со щелочами, а продукт его взаимодействия с  $\text{HNO}_2$  гидролизу не подвергается.

6. Что получится в следующей цепочке превращений:



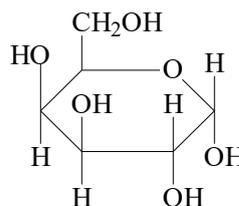
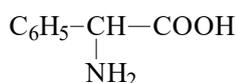
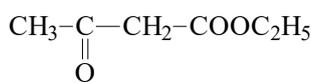
7. Как осуществить следующие превращения:



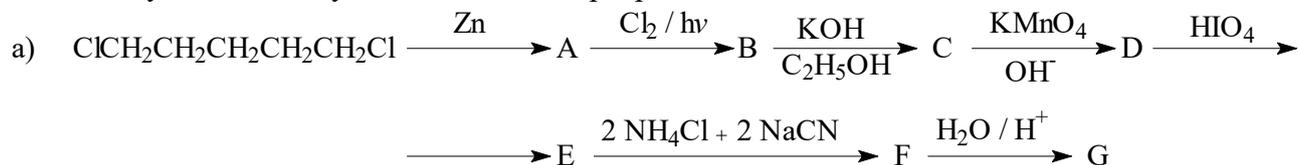
8. Установите структуру соединения формулы  $C_6H_{13}NO_2$ , имеющие в ИК-спектре полосы поглощения при 1340, 1450, 1520, 2980  $cm^{-1}$ , в ЯМР  $^1H$  спектре присутствуют два триплета при 0.96 и 1.03 м.д., четыре мультиплета при 1.36; 1.42; 1.54; и 4.46 м.д., соотношение интенсивностей 3:3:2:2:2:1.

**Контрольная работа № 3**  
**«Функциональные производные карбоновых кислот и углеводов»**  
**Вариант 1**

1. Назовите следующие соединения:



2. Что получится в следующих цепочках превращений:



3. Предложите схемы синтеза:

- para*-аминобензойной кислоты из бензола;
- 2,4-гексадиен-1,6-дионовой кислоты из глюкозы.

4. Какова структура трипептида, содержащего глицин, аланин и валин, если при частичном гидролизе его образуется дипептиды val-gly, gly-ala. Осуществите его синтез из аминокислот.

5. Что получится при взаимодействии  $\alpha$ -(D)-глюкопиранозы с:

- $CH_3OH/HCl$ ;
- $NH_2NHC_6H_5$ ;
- $HI$ .

6. Определите структуру соединения брутто-формулы  $C_8H_8O_3$ , если известно, что оно вступает в реакцию этерификации с 1 молем  $CH_3OH$  в присутствии  $H_2SO_4$ , бромруется  $P+Br_2$ , при действии  $HIO_4$  дает один моль  $CO_2$ , а при окислении  $KMnO_4$  и последующем ацелировании – ацетилсалициловую кислоту.

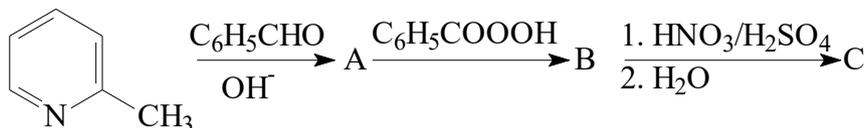
7. Как осуществить следующие превращения:



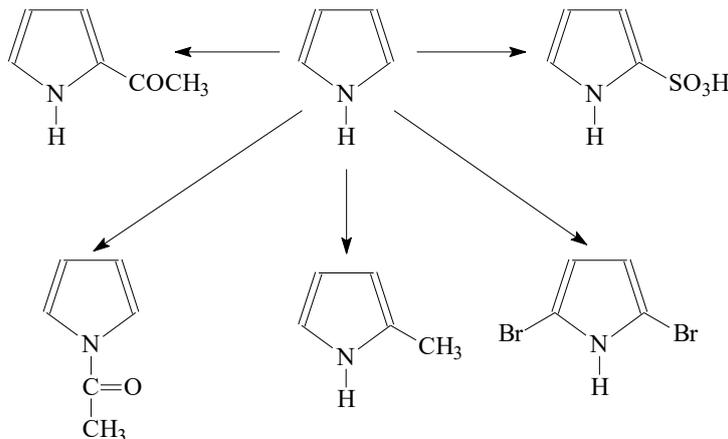
8. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ , имеющие в ИК-спектре полосы поглощения 1380, 1387, 1470, 1735, 2950  $\text{cm}^{-1}$ . В ЯМР  $^1\text{H}$  спектре присутствуют дублет при 1.06 м.д., триплет при 1.25 м.д., мультиплет при 1.06 м.д., квадруплет при 4.12 м.д.

### Контрольная работа № 4 «Гетероциклы» Вариант 1

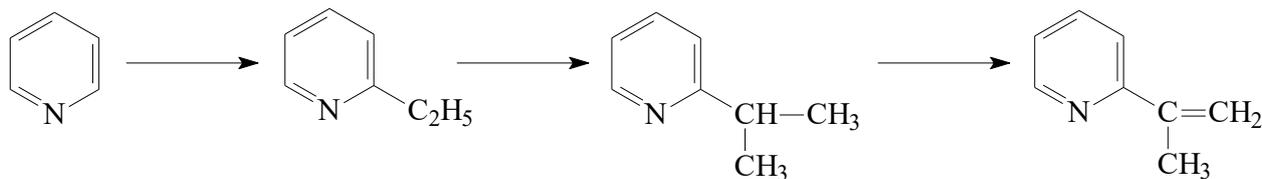
- Получите 2,5-диметилфуран из этанола.
- Укажите продукты реакции:



- Проставьте реагенты над стрелками



- Расположите тиофен, пиррол, фуран и бензол в ряд по повышению реакционной способности в реакциях электрофильного замещения.
- Объясните механизм взаимодействия фурана с *para*-хлорфенилдиазоний хлоридом. Способен ли в такие же реакции вступать бензол.
- Объясните, почему в индоле замещение по электрофильному типу протекает в положение 3. Приведите пример реакции.
- Как осуществить следующие превращения:



8. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$ , имеющего в ИК спектре полосы поглощения при 1725 и 2760  $\text{cm}^{-1}$ . В ПМР спектре присутствуют дублет при 7,09 м.д., дублет дублетов при 7,16 м.д., дублет при 6,23 м.д., синглет при 9,84 м.д.

### Описание методики оценивания:

Критерии оценки (в баллах):

- 80-100 баллов выставляется студенту, если полностью решены 6-8 заданий, в том числе в обязательном порядке задача на установление структуры;
  - 50-79 баллов выставляется студенту, если решены не менее 50 % заданий, в том числе цепочки превращений, спектральная задача решена, но имеются недочеты;
  - 30-49 баллов выставляется студенту, если решены не менее 30 % заданий и имеются существенные ошибки в решении задач, но общая тенденция правильная;
  - 0-29 баллов выставляется студенту, если имеются грубые ошибки в выполнении заданий.
- Затем эти баллы пропорционально переводятся в баллы рейтинга за конкретную контрольную работу

### Задания для коллоквиума

#### Описание заданий для коллоквиума:

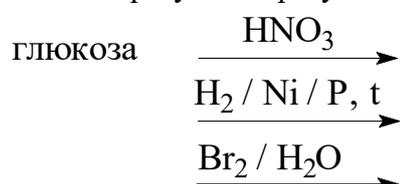
Коллоквиумы проводятся в виде собеседования в устно-письменной форме с целью оценить степень усвоения лекционного материала и способность студента применять его при решении задач разного уровня, для закрепления пройденного материала в качестве текущего контроля. При изучении дисциплины в течение семестра проводится 7 коллоквиумов, которые распределены по модулям дисциплины. Каждый студент в подгруппе обязан решить письменно один из 14 вариантов, который содержит 6-8 задач. Обязательно каждый вариант содержит задания на номенклатуру соединений, методы синтеза, химические свойства, цепочки превращений и спектральную задачу. Далее следует собеседование с преподавателем по двум теоретическим вопросам. При необходимости преподаватель задает дополнительные вопросы для возможности объективного оценивания.

#### Коллоквиум №1 «Химия углеводов»

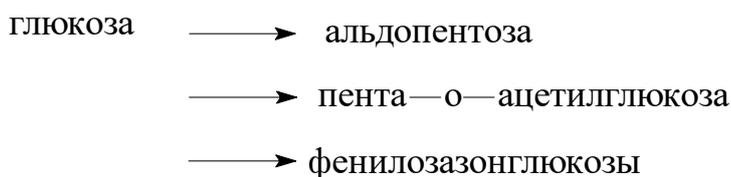
1. Классификация сахаров
2. Моносахариды
  - Альдо- и кетосахароза, принадлежность к D - и L- ряду относительно глицеринового альдегида.
  - Кольчато-цепные таутомерные превращения сахаров, мутаротация? ‘gbvthbpfwbz.
  - Реакции окисления и восстановления углеводов
  - Реакции окисления и восстановления углеводов.
  - Ацилирование, Алкилирование, реакция удлинения и укорочения цепи.
  - Образование фенилгидразонов, озазонов и оксимов.
3. Ди- и полисахариды
  - Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара
  - Целлюлоза
  - Крахмал
  - Хитин

#### Задачи к коллоквиуму №1 «Химия углеводов» Вариант №1

1. Что образуется в результате следующих превращений

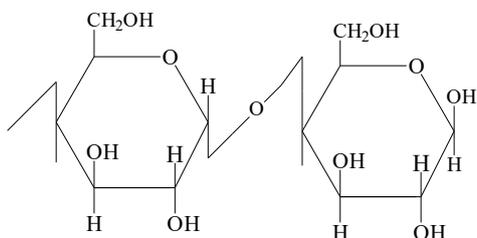


2. Как осуществить следующие превращения:



3. Как из альдопентозы получить 1 моль муравьиного альдегида, 3 моль муравьиной кислоты и  $\text{CO}_2$

4. Назовите соединение



И в левую и в правую часть входят галактоза

5. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , имеющего в твердом состоянии в ИК спектре полосы поглощения при  $3500 \text{ см}^{-1}$ , а в ЯМР спектре мультиплеты в области 3,2 – 3,5 и 4,8 – 5,0 м.д., имеется также дублет в области 5,3 м.д., характерный для ацетального протона. В растворе в спектре ИК появляется сигнал при  $1725 \text{ см}^{-1}$ , а в ЯМР при 9,6 м.д.

6. С помощью каких реакций можно подтвердить строение целлобиозы?

## Коллоквиум № 2

### «Синтез и свойства карбоновых кислот и их производных»

#### Монокарбоновые кислоты

1. Номенклатура монокарбоновых, дикарбоновых и непредельных кислот

2. Методы синтеза:

- Методы синтеза с использованием реакции окисления;
- через металлоорганические соединения;
- основанные на гидролизе;
- с применением окиси углерода, малонового эфира;
- специфические методы синтеза уксусной и муравьиной кислот;
- приемы позволяющие получить карбоновые кислоты с большей длиной цепи.

3. Химические свойства карбоновых кислот:

- зависимость силы кислоты от строения алкильного и арильного остатков;
- образование солей и галогенангидридов;
- сложные эфиры и ангидриды кислот обратимость реакции этерификации и условия ее смещения;
- азотосодержащие производные карбоновых кислот;
- реакции восстановления и галогенирования карбоновых кислот.

4. Свойства производных карбоновых кислот

- соли, реакции декарбоксилирования, мыла;
- реакции хлорагидридов, хлористый бензоил, синтез и значение;
- эфиры карбоновых кислот. Омыление, переэтерификация, восстановление, реакции конденсации;
- ангидриды и амиды карбоновых кислот, методы их получения и свойства;
- нитрилы, синтез, реакции гидрирования, омыления, взаимодействие с реагентами Гриньяра. Амидины.

#### Дикарбоновые кислоты

1. Номенклатура.

2. Методы синтеза:

- а) реакции окисления спиртов, циклоалканов, ароматических углеводородов, кетонов и альдегидов;
- б) гидролиз динитрилов;
- в) синтеза на основе натрмалонового эфира;
- г) синтеза на основе ацетоуксусного эфира.

### 3. Химические свойства:

- а) кислотные свойства;
- б) реакции щавелевой кислоты;
- в) реакции малоновой кислоты и малонового эфира;
- г) реакции янтарной и глутаровой кислоты;
- д) фталевая кислота и её производные.

### 4. Производные угольной кислоты:

- а) синтез и реакции фосгена;
- б) мочевины и её производные;
- в) сложные эфиры угольной кислоты;
- г) изоцианаты уретаны;
- д) семикарбазид, гуанидин.

#### Непредельные монокарбоновые кислоты:

- а) методы получения  $\alpha, \beta$ -непредельных карбоновых кислот;
- б) реакции присоединения по двойным связям;
- в) реакции по карбонильным группам;
- г) метакриловая, акриловая кислоты, реакции полимеризации;
- д) понятие о липидах, олифах, высыхающих маслах.

#### Непредельные дикарбоновые кислоты:

- а) малеиновая кислота и её ангидрид, получение и реакции;
- б) взаимные превращения малеиновой и fumarовой кислоты;
- в) циклоприсоединение малеинового ангидрида к диенам.

### Задачи к коллоквиуму № 2

#### «Синтез и свойства карбоновых кислот и их производных»

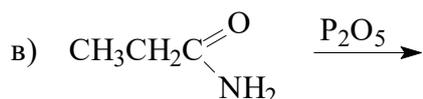
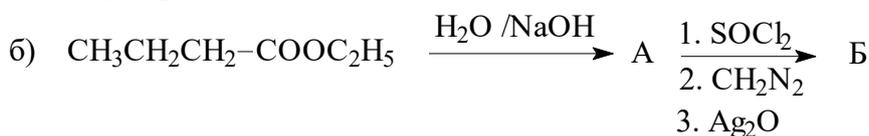
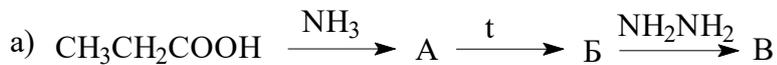
#### Вариант № 1

1. Расположите в ряд по увеличению силы следующие кислоты:

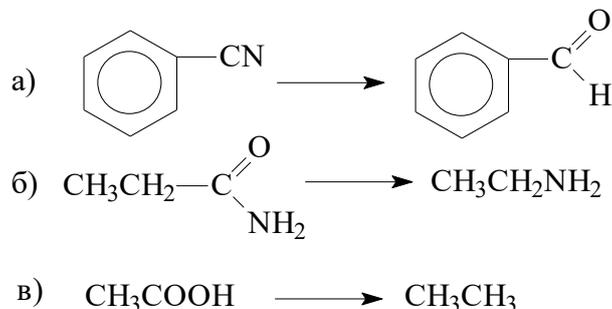


Приведите аргументированные объяснения.

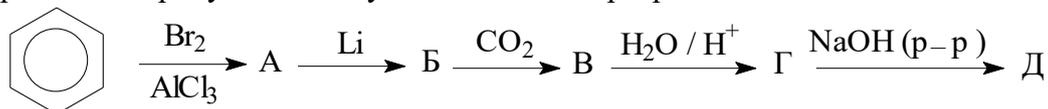
2. Что получится в результате следующих превращений?



3. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



4. Проставьте продукты в следующей цепочке превращений:



5. Предложите метод синтеза нитрила пропионовой кислоты из уксусной кислоты.

6. Установите структуру соединения формулы  $C_6H_{12}O_2$ , имеющего в ИК-спектре полосы поглощения 1340, 1410, 1705, 2400-3520  $cm^{-1}$ . В ЯМР<sup>1</sup>H-спектре присутствуют триплет при 0,87 м.д., дублет при 1,03 м.д., мультиплеты при 1,52 и 1,61 м.д., дублет при 2,4 м.д. и синглет при 10,8 м.д.

### Коллоквиум № 3

#### Нитро-, amino-, азо- и диазосоединения

##### Нитросоединения

1. Способы получения:

- нитрование в алифатическом и ароматическом ряду;
- синтез нитросоединений окислением алифатических аминов и через соли арилдиазония.

2. Электронное строение нитрогруппы

3. Химические свойства нитросоединений:

- восстановление, зависимость результата реакции от условий;
- ОН- кислотность и связанные с ней свойства алифатических нитросоединений;
- реакции конденсации и присоединения по двойным связям олефинов;
- таутомерия нитросоединений, реакции аци-формы;
- свойства ароматических нитросоединений.

##### Амины

1. Способы получения:

- реакции нуклеофильного замещения;
- восстановление нитросоединений, производных карбонильных соединений и карбоновых кислот
- перегруппировка азидов, гидразидов и гидроксамовых кислот.

3. Химические свойства аминов:

- зависимость кислотности и основности аминов от радикала у аминогруппы;
- взаимодействие с электрофильными реагентами;
- окисление алифатических и ароматических аминов;
- четвертичные аммонийные соли и их реакции;
- реакции ароматических аминов;
- диамины, методы синтеза и химические реакции.

##### Диазо- и азосоединения

1. Получение диазо- и азосоединений:

- диазотирование ароматических аминов;
- синтез диазометана и его реакции.

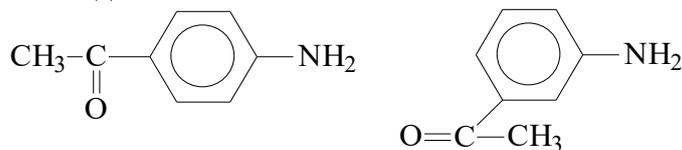
2. Реакции солей диазония

- реакции, протекающие без выделения азота, сочетание;
- реакции солей диазония, протекающие с выделением азота;
- восстановление диазосоединений;
- бензидиновая и семидиновая перегруппировки;

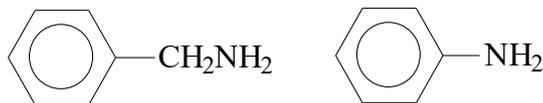
д) реакции с участием диазометана.

**Задачи к коллоквиуму № 3**  
**Нитро-, amino-, азо- и диазосоединения**  
**Вариант 1**

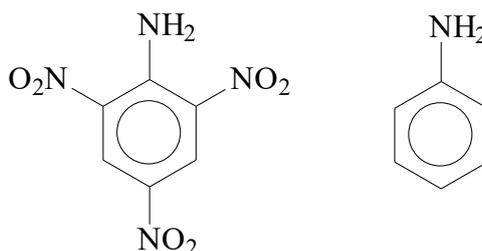
1. Какое из приведенных соединений более сильное основание:



2. Синтезируйте из толуола:

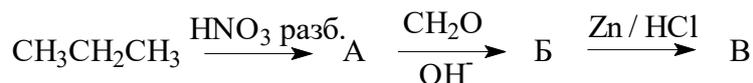


3. Как можно различить:



4. Каким образом экспериментально может быть установлено, сколько пропилена при реакции *n*-пропиламина с  $\text{HNO}_2$  образуется из *n*-пропилкатиона и сколько из пропил катиона.

5. Укажите продукты в схеме:



6. Осуществите синтез:



7. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_8\text{H}_9\text{N}_2\text{Cl}$ , Имеющего в ИК спектре полосы поглощения при 650, 1500, 1600, 2130  $\text{cm}^{-1}$ . В ЯМР  $^1\text{H}$  спектре присутствуют синглет при 2,3 м.д., дублет при 6,98 м.д., триплет при 7,14 м.д.

**КОЛЛОКВИУМ № 4**

**«Синтез и свойства гидрокси-, альдегидо- и кетокислот»**

**ГИДРОКСИКИСЛОТЫ**

1. Аليفатические  $\alpha$ - гидроксикислоты

Методы синтеза  $\alpha$ -гидроксикислот

Химические свойства:

- а) кислотность,
- б) реакции галоидирования и этерификации,
- в) окисление.

2. Аليفатические  $\beta$ -гидроксикислоты

Методы синтеза

Химические свойства:

- а) реакции дегидратации и этерификации,
- б) окисление.

3. Аليفатические  $\gamma$ - и  $\delta$ -гидроксикислоты

Методы синтеза

Химические свойства:

а) лактонизация,

б) свойства лактонов.

4. Ароматические гидроксикислоты, синтез и свойства. Полигидроксикислоты ароматического и алифатического ряда.

### АЛЬДЕГИДО- и КЕТОКИСЛОТЫ

1. Методы синтеза  $\alpha$ -оксокислот (циангидринный синтез, окисление, реакции с участием активного атома водорода).

2. Синтез  $\beta$ - оксокислот:

а) реакция Кляйзена, б) перекрестная реакция Кляйзена, в) синтезы с участием ацетоуксусного эфира.

3. Химические свойства оксосоединений:

а) кето-енольная таутомерия,

б) реакции с участием кето-формы.

в) реакции, протекающие в енольной форме.

г) синтез кетонов и кислот с использованием ацетоуксусного эфира,

д) реакции ацетоуксусного эфира по активированной метиленовой группе.

4.  $\gamma$  и  $\delta$  -Оксокарбоновые кислоты, синтез и химические свойства.

### АМИНОКИСЛОТЫ И БЕЛКИ

Номенклатура, классификация, стереохимия.

Методы синтеза аминокислот

а) Синтез  $\alpha$ -аминокислот из альдегидов и кетонов, галоген- и кетокарбоновых кислот.

б) Синтез  $\alpha$ -аминокислот из малонового, ацетоуксусного и нитроуксусного эфира.

в) Синтез аминокислот с использованием реакции восстановления оксимов, гидразонов.

г) Синтез аминокислот по Габриэлю.

д) Специфические методы синтеза  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -аминокислот.

Кислотно-основные свойства аминокислот, изоэлектрическая точка.

Химические свойства аминокислот.

а) Образование солей, эфиров и амидов.

б) Реакция с галоидными алкилами, азотистой кислотой,  $PCl_5$ , реактивом Сэнгера.

в) Поведение аминокислот при нагревании.

г) Реакции аминокислот *in vivo*.

д) Приемы определения строения природных аминокислот.

Пептиды

а) классификация пептидов, названия концевых групп.

б) Определение структуры пептидов.

в) Синтез пептидов.

г) Понятия о вторичной и третичной структуре белков.

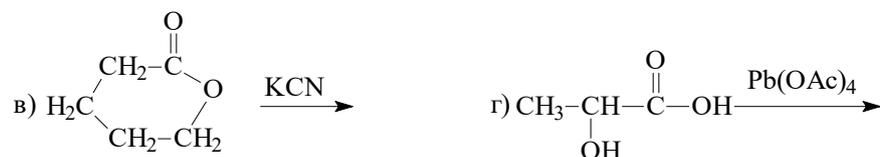
д) Функции белков и качественные реакции на белки.

Задачи к коллоквиуму №4

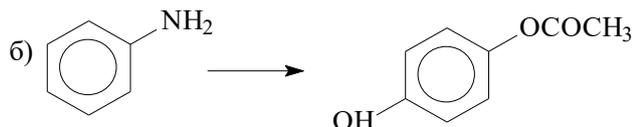
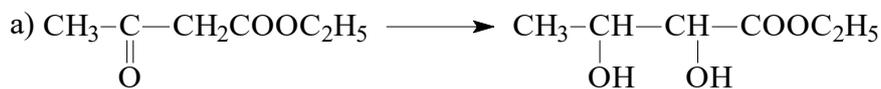
Вариант 1

### **«Функциональные производные карбоновых кислот»**

1. Что получится в результате следующих превращений.



2. Как осуществить следующие превращения.



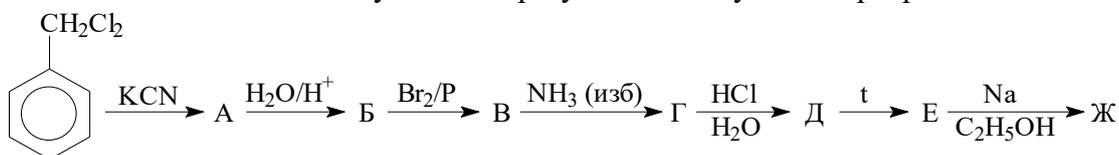
3. Определите структуру исходного соединения брутто – формулы  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$ , если оно присоединяет два атома водорода при обработке гидроборатом натрия, бромруется действием бромной воды, показывает кислые свойства.

4. Какие промежуточные и конечный продукты образуются?

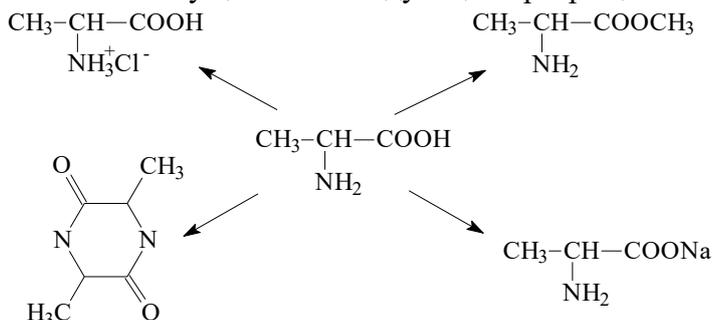


5. Установите структуру соединения формулы  $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_3$ , имеющего в ИК спектре полосы поглощения при 1340, 1450, 1260, 1715, 1730  $\text{cm}^{-1}$ . В ЯМР  $^1\text{H}$  спектре присутствуют дублет при 1.24 м.д., синглет при 2.1 м.д., синглет при 2.8 м.д. и сеппет при 4.03 м.д.

6. Какие вещества получают в результате следующих превращений



7. Как осуществить следующие превращения



8. Предложите путь синтеза фенилглицина из толуола используя реакцию его нитрования по Коновалову.

#### Коллоквиум №5

#### «Химия гетероциклических соединений»

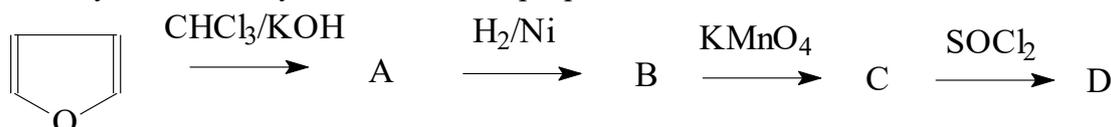
- Общая классификация гетероциклов и их электронная конфигурация
- Пятичленные гетероциклы:
  - методы синтеза фурана, пиррола, тиофена
  - химические свойства пиррола
  - химические свойства фурана
  - химические свойства тиофена
  - синтез альдегидо- и алкилпроизводных тиофена, фурана, пиррола и их свойства
  - методы синтеза и основные реакции индола
  - пиразол и тиазол
  - оксазол и тиазол
- Шестичленные гетероциклы:
  - пиридин, строение, кислотно-основные свойства
  - методы синтеза пиридина
  - N-окись пиридина, ее синтез и свойства
  - реакции окисления и восстановления пиридина и его производных
  - методы синтеза и особенности поведения 2-амино- и 2-гидрокси-производных пиридина

- е) реакции электрофильного замещения в пиридине
- ж) нуклеофильное и радикальное замещение для пиридина
- з) хинолин, синтез и его основные реакции
- и) полигетероароматические системы
- к) конденсированные гетероциклы с гетероатомами в нескольких циклах (пурин, кофеин, теобромин, пиридин)

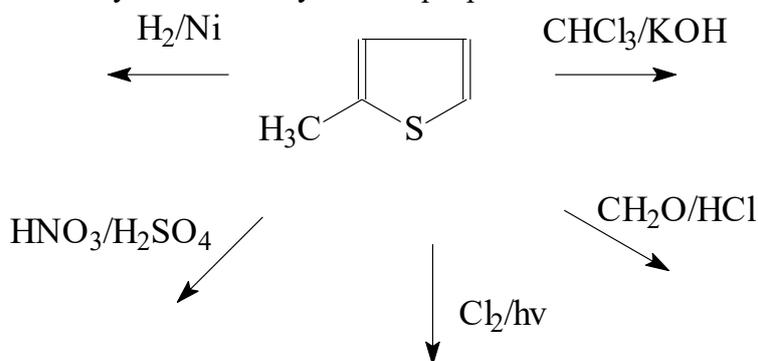
Задачи к коллоквиум №5  
«Химия гетероциклов»

Вариант №1

1. Определите гибридизацию атомов азота в молекуле имидазола. Как можно объяснить увеличение кислотных свойств в данном соединении.
2. Что получится в следующей цепочке превращений:



3. Предложите метод синтеза 2,3,5-триметилиндола из бензола и других необходимых соединений алифатического ряда.
4. Что получится в следующих превращениях:



5. Сравните по реакционной способности в реакциях электрофильного замещения пиррол, тиофен, 2-метилфуран, пиридин.
6. Установите структуру соединения формулы  $C_6H_7NO$ , имеющего в ИК-спектре полосы поглощения при  $3280, 1700 \text{ см}^{-1}$ . В ЯМР  $^1H$  спектре присутствуют синглет при 2.1 м.д., дублет при 6.37 м.д., мультиплет при 6.18 м.д., дублет при 7.03 м.д.

Критерии оценки (в баллах):

- 80-100 баллов выставляется студенту, если полностью решены 6-8 заданий, в том числе в обязательном порядке задача на установление структуры, и даны исчерпывающие ответы на теоретические вопросы;
- 50-79 баллов выставляется студенту, если решены не менее 50 % заданий, в том числе цепочки превращений, спектральная задача решена, даны ответы на теоретические вопросы но имеются недочеты;
- 30-49 баллов выставляется студенту, если решены не менее 30 % заданий и имеются существенные ошибки в решении задачи изложения теоретического материала, но общая тенденция правильная;
- 0-29 баллов выставляется студенту, если имеются грубые ошибки

**ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ДИСЦИПЛИНЫ «СПЕЦГЛАВЫ  
ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»**

**1. Карбоновые кислоты и их производные.**

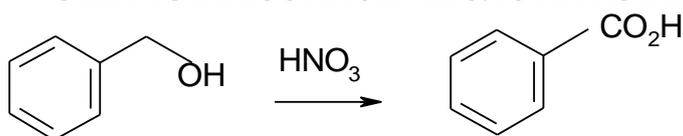
**А.** Синтез бензойной кислоты окислением толуола азотной кислотой.

- Б. Синтез бензойной кислоты окислением толуола марганцевокислым калием.  
 В. Синтез адипиновой кислоты окислением циклогексанола марганцевокислым калием.  
 Г. Синтез адипиновой кислоты окислением циклогексанола азотной кислотой.  
 Д. Синтез «пара-нитробензойной кислоты окислением «ара-нитротолуола бихроматом калия.  
 Е. Синтез азелаиновой кислоты из касторового масла.
2. **Сложные эфиры карбоновых кислот**  
 А. Синтез этилбензоата.  
 Б. Синтез изо-пропилбензоата.  
 В. Синтез диэтиладипината.  
 Г. Синтез диэтилоксалиата.
3. **Азотсодержащие**  
 А. Синтез анилина.  
 Б. Синтез *para*-аминоазобензола.  
 В. Синтез бензидиндигидрохлорида.  
 Г. Синтез фенилгидроксиламина.  
 Д. Синтез фенола из анилина.  
 Е. Синтез иодбензола.  
 Ё. Синтез хлорбензола.
4. **Качественные реакции на углеводы и белки**  
 А. Реакции монасахаридов с фелинговой жидкостью.  
 Б. Реакция серебряного зеркала.  
 В. Синтез озазонов.  
 Г. Биуретовая реакция.  
 Д. Реакция Адамкевича.  
 Е. Ксантопротеиновая реакция.
5. **Синтез гетероциклических соединений**  
 А. Синтез хинолина.  
 Б. Синтез лактона 4-(пара-толил)-4-гидроксимасляной кислоты.  
 В. Синтез 1,2,3,4-тетрагидрокарбазола.  
 Г. Синтез эозина.

Пример описания методики выполнения эксперимента в лабораторной работе

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

#### СИНТЕЗ БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ БЕНЗИЛОВОГО СПИРТА



#### Реактивы

1. Бензиловый спирт 5 мл (0,05 моль)
2.  $\text{HNO}_2$  (конц.,  $d=150$  моль)
3.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (прокалённый)

#### Оборудование

1. Трёхголая круглодонная колба на 50 мл
2. Колбонагреватель
3. Обратный холодильник
4. Термометр от 0 до  $150^\circ\text{C}$
5. Механическая мешалка
6. Капельная воронка
7. Колба Бунзена на 100 мл
8. Фильтр Шотта
9. Установка для перекристаллизации
10. Эксикатор
11. Двурогий форштосс

Продукт: C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>, молекулярная масса 122,12 у.е., теоретический выход 6,11г.

Порядок сборки установки

1. Установить на подъемном столике колбонагреватель
2. Закрепить над ним колбу, снабженную механической мешалкой, двурогим форштоссом, обратным холодильником, термометром и капельной воронкой
3. Закрепить на штативе колбу Бунзена с фильтром Шотта
4. Собрать установку для перекристаллизации

Порядок синтеза

Загружают в колбу бензиловый спирт и при нагревании до 100°C и перемешивании прикапывают 20 минут азотную кислоту. Нагревание продолжают до прекращения выделения бурого оксида азота и исчезновения органического слоя. Смесь охлаждают, выпавшую бензойную кислоту отфильтровывают, перекристаллизовывают из минимального количества воды и высушивают. Т пл. 122,5°C.

Техника безопасности

**Оксиды азота очень ядовиты!** Работу проводить только в вытяжном шкафу.

Литература

1. Агрономов А.Е., Шабаров Ю.С. /Лабораторные работы в органическом практикуме //М, 1974, С. 113.

***Образец оформления лабораторного журнала***

Ведение соответствующих записей - жизненно важная часть всей экспериментальной работы. Окончательный отчет должен быть точным, ясным и кратким и содержать такое количество информации, чтобы любой профессиональный химик смог точно повторить работу. Ниже изложены общепринятые положения и установившийся порядок ведения рабочего журнала.

***1. Запись экспериментальных данных***

Ведите все записи в прочном лабораторном журнале. Каждый эксперимент должен иметь номер, заглавие и дату его проведения. По ходу эксперимента все наблюдения, взвешивания, температуры и другие данные заносите непосредственно в журнал (не пишите их на клочках бумаги, которые легко потерять).

***2. Окончательный отчет***

После того как эксперимент завершен, необходимо написать окончательный отчет (как проиллюстрировано ниже), который должен включать:

1. Краткую формулировку цели эксперимента.
2. Написанный своими словами сжатый отчет о непосредственно проведенном эксперименте, а не простую копию данной методики. Количества веществ помещают в скобки после их названия. Приведем такой пример: «Сухие магниевые стружки (0,45 г, 0,018 моль) поместили в высушенную в печи 25-мл трехгорлую колбу, снабженную капельной воронкой, обратным холодильником (и то, и другое с хлоркальциевыми трубками) и магнитной мешалкой. В капельную воронку залили раствор бромбензола (2,65 г, 0,017 моль) в сухом эфире (9 мл) и прикапывали его в течение примерно 5 мин с перемешиванием. После прикапывания первых нескольких капель, раствор помутнел и стал нагреваться. Прикапывание было продолжено с такой скоростью, чтобы эфир спокойно кипел.» Детальные описания стандартных экспериментальных методик, например перегонки или кристаллизации, обычно не требуются (за исключением экспериментов, специально разработанных для обучения этим методам), но они должны включать сведения о любых изменениях, которые важны для данного конкретного эксперимента.
3. Массу каждого продукта и его выход в процентах:  
выход (%) = (полученный выход / теоретический выход) \* 100.
4. Температуру плавления или кипения каждого продукта, а также литературные данные для сравнения (последние можно получить из справочной литературы, имеющейся в лаборатории или библиотеке).
5. Заключительную часть, суммирующую результаты и комментирующую их.

***3. Образцы и спектры***

Сохраните в небольшом количестве образцы всех продуктов, интермедиатов и производных и нанесите на ампулу с образцом ваше имя, номер эксперимента, дату, название соединения и его температуру плавления. Спектры должны иметь аналогичные пометки, и, кроме того, на них следует указать условия и параметры при которых они были записаны.

Дата

### Лабораторная работа №

Работа начата

Тема:

Схема реакций:

Оборудование и реактивы:

Методика эксперимента:

Ход эксперимента:

Таблица:

Полученное вещество	Константы		Выход		
	экспериментальные	справочные	г	в %	от теоритического.

Вывод:

Работа закончена:

Затрачено:

Подпись преподавателя:

### Курсовая работа по дисциплине

Выполнение курсовой работы имеет целью формирование умений и навыков применения теоретических знаний и экспериментальной работы по заданной теме. Курсовая работа подытоживает все разделы, включающие фундаментальную органическую химию и специальные главы органической химии. Работа выполняется на кафедре или в научно-исследовательских институтах Уфимского научного центра

Защита курсовой работы проходит публично с представлением презентации и доклада на 5-7 минут, после чего студенту задаются вопросы по теме курсовой работы или по разделам, близким к ней.

#### Примерные темы курсовых работ

1. Разработка эффективного метода синтеза макрогетероциклов
2. Синтез 2,2 – диметил-4-[метилсульфонил) окси]-6-(2-оксипропил)тетрагидро-3аН-циклопента [d] [1,3] диоксол-5-ил] уксусной кислоты из 4,5-изопропилидендиоксициклопент-2-ен-1-она
3. Синтез 1,2,3-триазольных производных абиетиновой кислоты
4. Синтез предшественников новых карбапенемов
5. Электро-физические свойства синдиотактического 1,2-ПБ наполненного ТУ Pintex ХЕ-2В
6. Влияние пластификатора на реологические свойства угленаполненных композиций на основе синдиотактического 1,2-ПБ
7. Алкилирование 20-гидроксиэксидона в натрий-аммиачном растворе
8. Разработка эффективного метода синтеза N- арилзамещенных тетраоксаспироалканов
9. Комплексообразование яблочного пектина с катионами марганца двухвалентного
10. Влияние модифицирующих наполнителей на свойства полимерных композиций
11. Синтез новых производных левопимаровой кислоты
12. Полисахариды древесной зелени облепихи и их свойства
13. Синтез новых ацетиленсодержащих гетероциклов и изучение их превращений
14. Исследование группового состава флавоноидов луковой шелухи
15. Выделение пеонифлорина и синтез некоторых производных для изучения ноотропной активности In vivo
16. Синтез биологически активных азотсодержащих производных глицирретовой

кислоты и её аналогов

17. Изменение физико-химических свойств нефтяных пеков при хранении
18. Полисахариды бахчевых культур и их адсорбционные свойства
19. Разработка учебного пособия по специальным главам органической химии
- 20.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Травень В.Ф. Органическая химия. В 3 т. Т. 1-3: учебное пособие для вузов. Издательство "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"). 2015. 401 с. ЭБС Издательство «Лань», [https://e.lanbook.com/book/84108?category\\_pk=3865#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/84108?category_pk=3865#book_name), [https://e.lanbook.com/book/84109?category\\_pk=3865#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/84109?category_pk=3865#book_name), [https://e.lanbook.com/book/84110?category\\_pk=3865#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/84110?category_pk=3865#book_name)
2. Пресс И.А. Основы органической химии для самостоятельного изучения. Изд-во "Лань", 2016. 432 с. ЭБС Издательство «Лань», [https://e.lanbook.com/book/71727?category\\_pk=3865#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/71727?category_pk=3865#book_name)
3. Карлов С.С., Нуриев В.Н., Теренин В.И., Зайцева Г.С. Задачи по общему курсу органической химии с решениями для бакалавров. Изд-во: "Лаборатория знаний", 2016. 496 с. ЭБС Издательство «Лань», [https://e.lanbook.com/book/70689?category\\_pk=3865#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/70689?category_pk=3865#book_name)
4. Теренин В.И., Ливанцов М.В., Матвеева Е.Д., Ивченко П.В., Нифантьев И.Э. Практикум по органической химии, М: Бином, 2015г., 571 с. ЭБС Издательство «Лань», [https://e.lanbook.com/book/84123?category\\_pk=3865#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/84123?category_pk=3865#book_name)

#### Дополнительная литература:

1. Березин Д.Б., Шухто О.В., Сырбу С.А., Койфман О.И. Органическая химия. Изд-во "Лань", 2014. 240 с. ЭБС Издательство «Лань», [https://e.lanbook.com/book/44754?category\\_pk=3865#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/44754?category_pk=3865#book_name)
2. Органическая химия. 1-4 ч. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П., М.: "БИ-НОМ. Лаборатория знаний", 2012 г. ЭБС Издательство «Лань», <http://e.lanbook.com/>
3. Смит В. А. , Дильман А. Д. Основы современного органического синтеза: учебное пособие, М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012, 746 с. ЭБС «Университетская библиотека онлайн», <http://biblioclub.ru/>

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <http://chemistry-chemists.com/chemister/chemie.htm>
2. <http://xumuk.ru/>
3. <http://chemister.da.ru/>
4. <http://chemistry.narod.ru/>
5. <http://www.chemport.ru/books/index.php>
6. <http://www.newlibrary.ru/book/>

### 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления

**образовательного процесса по дисциплине**

<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<p><i>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</i> аудитория № 402 (корпус ИФ)</p>	<p>Лекции Практические занятия</p>	<p>Учебная мебель, доска.</p>
<p><i>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</i> аудитория № 405 (корпус ИФ)</p>	<p>Лекционные, практические занятия</p>	<p>Ноутбук, Мультимедиа проектор Mitsubishi EX 320U Экран Dinon Electric L150*200 MW доска, мел, тряпка</p>
<p><i>учебная аудитория для проведения лабораторных работ:</i> аудитория № 504. Учебная лаборатория</p> <p>аудитория № 505 Учебная лаборатория (корпус ИФ)</p>	<p>Лабораторный практикум, выполнение лабораторных работ</p>	<p align="center"><b>Аудитория № 504.</b></p> <p>Лабораторная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, Шкаф вытяжной химический, весы ВК-600, колбагреватель ПЭ-4120М, озонатор ТЛ-5К, сушильный шкаф, лабораторная посуда, лабораторные штативы</p> <p align="center"><b>Аудитория № 505.</b></p> <p>Лабораторная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, шкаф вытяжной химический, аквадистиллятор, установки для перегонки и кристаллизации, прибор для электролиза, лабораторные регуляторы напряжения колбонагреватели ПЭ-4120, магнитная мешалка ES-6120, 14, поляриметр портативный П-161 М, рефрактометр ИРФ-470 (1,3-1,52), ультратермостат MLW, инв. № 000001101042459 устройство для сушки посуды ПЭ-2000, лабораторная посуда, лабораторные штативы</p>
<p><i>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных</i></p>	<p>Итоговое и промежуточное тестирование</p>	<p align="center"><b>Аудитория № 403</b></p> <p>Учебная мебель, доска, коммутатор НР V1410-24G,</p>

<p><i>консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</i> аудитория № 403 (корпус ИФ)</p>		<p>персональный компьютер в комплекте Lenovo ThinkCentre All-In-One - 12 шт. персональный компьютер Моноблок барэбон ECS G11-21ENS6B 21.5 G870/2GDDR31333/320G SATA/DVD+RW - 12 шт., сервер №2 Depo Storm1350Q1, коммутатор Hewlett Packard HP V1410-8 G</p> <p><b>Программное обеспечение:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Учебный класс АРМ Win Machine на 24 сетевых учебных лицензий (+2 преподавательских лицензий). Договор №263 от 07.12.2012 г.</li> <li>2. Учебный Комплект Компас-3D V13 на 50 мест. Проектирование и конструирование в машиностроении (лицензия). Договор №263 от 07.12.2012 г.</li> <li>3. Учебный Комплект программного обеспечения Расчетно-информационная система Электронный справочник Конструктора, редакция 3 на 50 мест, лицензия. Договор №263 от 07.12.2012 г.</li> </ol>
---	--	---

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Органическая химия на 4 и 5 семестры

Очная форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	16 / 576
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	451,4
лекций	48 + 48
практических/ семинарских	72 + 72
лабораторных	100 + 100
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,7 + 3,7
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	3,3 + 4,3
	2
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	63 + 54

Форма(ы) контроля:

Экзамен 4.5 семестры

курсовая работа 5 семестр

№ п/п	Тема и содержание					Задания по самостоятельной работе студентов <sup>1</sup>	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР			
1	2	3	4	5		8	9
<b>4 семестр</b>							
1.	Основные понятия органической химии. Методы выделения, очистки и идентификации органических соединений. Структурные фрагменты, гомологические ряды, электронные представления, классификация реагентов	2	4			Подготовка к тесту, решение задач по методическим указаниям	Тест, СР1
2.	<b>Ациклические насыщенные углеводороды.</b> Электронное и пространственное строение, изомерия, выделение из природных источников, промышленные и лабораторные способы получения. Химические свойства, гомологический разрыв связи, реакции внедрения <b>Циклоалканы.</b> Классификация, номенклатура, конформационный состав, геометрическая изомерия. Физические свойства циклоалканов, методы их синтеза. Химические свойства циклогексана, циклопентана и циклобутана. Особенности химии циклопропана и макроциклов.	8	10	12		Подготовка к тесту, решение задач по методическим указаниям	СР2 Кол1

<sup>1</sup> К заданиям для самостоятельной работы можно отнести, например: подготовку к индивидуальному или групповому опросу; выполнение домашних заданий; подготовку к лабораторным работам, контрольным работам, собеседованиям, коллоквиумам; изучение теоретического материала; подготовку докладов и сообщений; написание эссе, рефератов и статей; подготовку проектов и творческих заданий (выступлений, презентаций, кроссвордов и пр.) и т.д.

	Полициклические насыщенные углеводороды, спираны, конденсированные и мостиковые структуры. Природные полициклические системы, каркасные соединения						
3	<b>Алкены.</b> Номенклатура, изомерия, электронное строение. Получение алкенов из алкинов и алканов. Правила Зайцева, Гофмана, Реакции Виттига, Петерсена и Эммонса. Физические свойства. Реакции гидрирования, электрофильное и нуклеофильное присоединение по двойной связи. Реакции окисления и координация с металлами. Реакции по аллильному положению. Полимеризация, как основа получения современных полимерных материалов	4	8	12		решение задач по методическим указаниям	СР3
4	<b>Алкадиены.</b> Номенклатура, классификация, изомерия, электронное строение. Общие способы получения диенов и их физические свойства. Промышленные методы синтеза наиболее значимых мономеров. Особенности поведения сопряженных диенов в химических реакциях. Диеновый синтез. Полимеризация. Понятие об изопреноидах, кумуленах. <b>Алкины.</b> Строение, номенклатура. Методы получения дегалогидированием и дегидрогалогенированием. Промышленные методы получения ацетиена. Химические свойства. Реакции присоединения, замещения водорода в концевых ацетиленовых, реагенты Иоцыча и Иоцыча-Преображенского. Реакции	8	8	12	1	Подготовка к тесту, решение задач по методическим указаниям	СР4 Кол2 Ауд КР№1 (по пп.2-4 программы) ДКР 1

	винилирования (оксосинтез, реакция Реппе, взаимодействие с другими реагентами), реакция циклоприсоединения						
5	<b>Ароматические углеводороды.</b> Ароматичность, анулены, конденсированные и небензоидные ароматические системы. Источники ароматических углеводородов, способы получения аренов (ароматизация, реакции олигомеризации). Физические и спектральные свойства бензола и его гомологов. Химические свойства бензола (окисление, гидридное восстановление и восстановление по Берчу, электрофильное, нуклеофильное и радикальное замещение водорода). Алкилбензолы, получение и свойства. Алкенил-бензолы. Полиароматические системы (бифенил, нафталин, фенантрен).	6	10	16	1	Подготовка к тесту, решение задач по методическим указаниям	СР5 Кол3
6	<b>Галогенпроизводные углеводородов.</b> Моногалогенпроизводные алифатического ряда. Методы получения присоединением галогеноводородов к кратным связям, замещение гидроксифункции. Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода ( $S_N2$ , $S_N1$ , $S_N2'$ , $S_Ni$ ). Реакции элиминирования E1 и E2. Реагенты Гриньяра, реакции галогеналканов с водородом, реакция Вюрца. Полигалогеналканы, методы получения и химич. свойства. Соединения с повышенной реакционной способностью атома галогена.	6	8	12		решение задач по методическим указаниям	Кол4 АКР №2 (п.п.5-6) ДКР №2

	<p>Особенности поведения ди- и трифенилхлорметана. Соединения с пониженной реакционной способностью (хлористый винил, хлоропрен). Методы синтеза фторорганических соединений и особенности их химического поведения. Ароматические галогенпроизводные. Нуклеофильное и элетрофильное замещение в ароматическом ядре.</p> <p><b>Металлорганические соединения.</b> Методы получения литий органических соединений и их применение в синтезе. Реакции реагента Гриньяра с водой, спиртами, кислородом, серой, карбонильными соединениями, двойной и тройной связями. Цинк-органические соединения, реакция Реформатского. Аллюминий и борорганические соединения</p>						
7	<p><b>Гидроксипроизводные углеводов.</b> Номенклатура, изомерия, классификация. Одноатомные насыщенные спирты. Физические свойства и спектральные характеристики, методы получения реакциями присоединения к олефинам, замещением галоидов и восстановлением карбонильных соединений. Использование реагентов Гриньяра в синтезе спиртов. Химические свойства спиртов, взаимодействие с непредельными соединениями, образование простых и сложных эфиров. Реакции окисления. Многоатомные спирты. Методы получения и химические свойства. Этиленгликоль,</p>	4	8	12		решение задач по методическим указаниям	СР6

	полиэтиленгликоль, глицерин. Аллиловые и бензиловые спирты. Особенности химического поведения, аллильная перегруппировка.						
8	Гидроксипроизводные ароматических углеводов. Методы получения фенола, нафтола и их гомологов. Реакции замещения гидроксигруппы, электрофильного замещения в ароматическом кольце (реакции Фриса-Гаттермана, Раймера-Тимана). Полимерные материалы на основе фенолов. Резорцин, гидрохинон, пирокатехин, флогоглюцин, пиррогаллол. <b>Простые и виниловые эфиры, <math>\alpha</math>-окиси.</b> Номенклатура и классификация. Получение простых виниловых эфиров, $\alpha$ -окисей. Химические свойства. <b>Элементы стереохимии.</b> Хиральность молекул, R,S-номенклатура, D,L-номенклатура, проекционные формулы. Диастереомеры, эритро-, трео-формы, мезо-формы. Атропоизомерия.	4	8	12		решение задач по методическим указаниям	СР7 Кол 5
<b>5 семестр</b>							
1	<b>Карбонильные соединения.</b> Строение, номенклатура. Получение окислением алканов, спиртов, олефинов, озонлиз. Гидролиз дигалогенпроизводных, реакция Сомле. Восстановление карбоновых кислот и их производных, синтез через реагенты Гриньяра, пиролиз солей карбоновых кислот. Синтез ароматических карбонильных соединений. Химические свойства карбонильных соединений. Реакции с	8	12	12	1,3	Подготовка к тесту, решение задач по методическим указаниям	СР1 Кол 1 АКР №1 ДКР №1

	<p>нуклеофилами, образование оксимов, гидразонов и оснований Шиффа. Перегруппировки в ряду карбонильных соединений, реакции с магнийорганическими соединениями. Кето-енольная таутомерия и реакции, протекающие с ее участием. Окислительно-восстановительные реакции альдегидов и кетонов. Реакции с имидами фосфора, серы. Реакции электрофильного замещения в ароматических альдегидах и кетонах.</p> <p><b><math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, и <math>\gamma</math>-дикарбонильные соединения.</b> Синтез, строение и свойства. Использование <math>\gamma</math>-дикарбонильных соединений в синтезе гетероциклов. Особенности <math>\alpha,\beta</math>-непредельных карбонильных соединений.</p>						
2.	<p>Карбоновые кислоты и их производные. Классификация и номенклатура. Методы получения с использованием реакций окисления, гидролиза, литий- и магнийорганических соединений, малонового и ацетоуксусного эфиров. Промышленные методы синтеза уксусной и муравьиной кислот, природные источники карбоновых кислот. Физические свойства карбоновых кислот. Химические свойства: кислотность и ее зависимость от положения заместителей в алкильном и арильном остатке. Основные производные карбоновых кислот: соли, сложные эфиры, галогенангидриды, ангидриды, амиды, гидразиды, азиды, гидроксимовые кислоты, нитрилы,</p>	10	12	18		Подготовка к тесту, решение задач по методическим указаниям	СР2 Кол 2

	амидины. Восстановление и галогенирование кислот. Высшие карбоновые кислоты. Реакции ароматических карбоновых кислот.						
3.	Производные карбоновых кислот. Соли: реакции декарбоксилирования, реакции Кольбе и Хундликера-Бородина. Мыла. Хлорангидриды: реакции ацилирования, восстановления, взаимодействие с металлоорганическими соединениями. Сложные эфиры: реакции восстановления, переэтерификации и конденсации. Ангидриды карбоновых кислот: ацилирующие агенты, реакция Перкина. Амиды: кислотно-основные свойства, превращение в амины по Гофману, родственные реакции Шмидта, Курциуса и Лоссена, реакции с азотистой кислотой. Нитрилы: реакции восстановления, взаимодействие с магниорганическими реагентами. Взаимопревращения амидов и нитрилов. Дикарбоновые кислоты. Номенклатура и классификация. Методы синтеза: реакции окисления, гидролиза, синтеза с использованием малонового и ацетоуксусного эфиров. Промышленные пути получения щавелевой кислоты. Химические свойства. Реакции протекающие при нагревании, сложноэфирная конденсация, реакция Кневенагеля, реакции малонового эфира по активированной метиленовой группе. Янтарная, глутаровая и фталевая кислоты, образование ангидридов и имидов, использование их в реакции	12	10	18	1,3	Подготовка к тесту, решение задач по методическим указаниям	СР3 Кол2 Ауд КР№1 (по пп.2-3 программы) ДКР 1

	<p>Габриэля. Практическое применение производных фталевой и терефталевой кислоты.</p> <p>Производные угольной кислоты: фосген, мочевины и ее производные, сложные эфиры угольной кислоты, уретаны, гуанидин. Пути практического использования производных угольной кислоты</p> <p>Непредельные монокарбоновые кислоты. Классификация. Методы получения и реакции <math>\alpha,\beta</math>-непредельных карбоновых кислот. Главные представители ряда – акриловая, метакриловая кислота и их производные.</p> <p>Понятие о природных непредельных кислотах – линолевой, линоленовой, арахидоновой, простагландинах, липидах, жирах. Олифа и другие высыхающие масла.</p> <p>Непредельные дикарбоновые кислоты. Способы получения малеиновой и фумаровой кислот, их взаимопревращения. Стереизомерия.</p>						
4.	<p>Нитросоединения. Номенклатура и классификация. Способы получения нитрованием по Коновалову и окислами азота, окислением аминов. Строение нитрогруппы и ее электроноакцепторный характер. Химические свойства. Каталитическое гидрирование, восстановление, зависимость его от кислотности среды. Реакции по активированной метиленовой группе. Таутомерия нитросоединений, реакции аци-формы.</p>	4	8	12		Подготовка к тесту, решение задач по методическим указаниям	СР4

	Нитроуксусный эфир и его свойства. Свойства ароматических нитросоединений. Нитрозосоединения: методы синтеза, таутомерия, димеризация, реакции конденсации.						
5	Амины. Классификация, номенклатура. Способы получения реакциями нуклеофильного замещения, восстановления нитросоединений, оксимосв, гидразонов и гидроксамовых кислот. Перегруппировки Гофмана, Шмидта, Курциуса, Лоссена. Физические свойства аминов, способность к образованию водородных связей. Химические свойства. Зависимость кислотно-основных свойств от строения радикала. Окисление ароматических и алифатических аминов. Четвертичные аммонийные соли, получение, свойства и практическое использование. Свойства ароматических аминов. Диамины, важнейшие методы получения и свойства. Диазо- и азосоединения. Синтез ароматических diazosоединений реакцией diaзотирования. Электронное строение. Реакции солей diaзония, протекающие без выделения азота. Азосочетание, азо- и diaзосоставляющие. Азокрасители. Соли diaзония как электрофильные агенты. Diazosоединения жирного ряда.	8	10	12		Подготовка к тесту, решение задач по методическим указаниям	СР5 Кол3 АКР №2 (пп.4-5)
6	Гидроксикислоты. Номенклатура и классификация. Алифатические гидроксикислоты. Общие методы синтеза. Специфические методы синтеза	8	10	12		Подготовка к тесту, решение задач по методическим	СР6 Кол4 АКР №3 (п.п.1, 6)

	<p><math>\beta</math>-гидроксикислот. Химические свойства. Реакции дегидратации. Стереохимия природных гидроксикислот и главные представители класса. Ароматические гидроксикислоты, методы получения и химические свойства. Салициловая кислота, аспирин, салол.</p> <p>Альдегидо- и кетокислоты. Простейшие <math>\alpha</math>-альдегидо- и <math>\alpha</math>-кетокислоты. Получение из кетонов, карбоновых кислот и их производных. Химические свойства. Синтез <math>\beta</math>-альдегидо- и <math>\beta</math>-кетокислот реакцией Кляйзена. Ацетоуксусный эфир, таутомерия, двойственная реакционная способность.</p> <p>Аминокислоты. Номенклатура, классификация и конфигурационные ряды. Методы синтеза <math>\alpha</math>- и <math>\beta</math>-аминокислот. Кислотно-основные свойства и зависимость их от pH среды. Реакции по карбоксильной и аминогруппе, взаимодействие с азотистой кислотой. Зависимость превращений, протекающих при нагревании от взаимного расположения функциональных групп. Аминокислоты ароматического ряда. Белки. Анализ полипептидов и их синтез. Вторичная, третичная и четвертичная структура белка.</p>					указаниям	ДКР №2
7	<b>Курсовая работа</b>				2		
	<b>Всего часов:</b>	102	108	200	7,3		

