

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

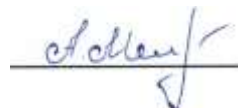
Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №26 от «13» июня 2017 г.

Зав. кафедрой



Мухамедзянова А.А.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета /института



Мельникова А.Я.  
протокол № 14 от 26.06.2017

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Органическая химия

Б.1.Б.13 Цикл дисциплин и модулей, базовая часть  
**программа бакалавриата**

Направление подготовки  
04.03.02 Химия, физика и механика материалов

Профиль подготовки  
Медицинские и биоматериалы  
Квалификация  
**Бакалавр**

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



Э.Т. Ямансарова

Для приема: 2017

Уфа – 2020

Составитель / составители: Ямансарова Э.Т.

Рабочая программа дисциплины *утверждена* на заседании кафедры протокол №26 от «13» июня 2017 г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины (обновлены задачи для экзамена, ПО и БД), утверждены на заседании кафедры Технической химии и материаловедения, протокол №27 от «11» июня 2018 г.

Заведующий кафедрой

/ Мухамедзянова А.А.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры Технической химии и материаловедения, протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ / Мухамедзянова А.А.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры Технической химии и материаловедения, протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ / Мухамедзянова А.А.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры Технической химии и материаловедения, протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ / Мухамедзянова А.А.

### **Список документов и материалов**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
  - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*
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
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**  
(с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности.	ОК-7- способность к самоорганизации и к самообразованию	ОК-7; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-5; ОПК-7; ПК-2
	теоретические основы общей химии и органической химии, основные теоретические положения углубленных разделов органической химии	ОПК-1 способность использовать современные методы химии, физики, математики, механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание	
	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)	ОПК-2- способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния и механики материалов, позволяющие эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов	
	основные теоретические положения в области органической химии и дополнительных разделов органической химии	ОПК-5 - способность формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, а также использования для их решения методов изученных наук	
	Современные методы синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов	ОПК-7 - готовность к участию в проведении научных исследований, начиная от планирования проводимых	

		экспериментов до обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов	
	стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ физико-химические методы установления структуры органических соединений;	ПК-2 готовность к использованию синтетических и приборно-аналитических навыков, позволяющих работать в различных областях современной технологии, связанных с решением материаловедческих задач	
Умения	планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; осуществления деятельности.	ОК-7- способность к самоорганизации и к самообразованию	
	решать типовые учебные задачи по основным разделам органической химии, спланировать схему синтеза и предсказать химические свойства органических соединений. определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов математических и естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач	ОПК-1 способность использовать современные методы химии, физики, математики, механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание	

	<p>применять знания естественнонаучных дисциплин для анализа и обработки результатов экспериментов по органической химии</p>	<p>ОПК-2- способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния и механики материалов, позволяющие эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов</p>	
	<p>Формулировать задачи, необходимые для реализации профессиональных функций, а также использовать для их решения методы изученных наук о материалах</p>	<p>ОПК-5 - способность формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, а также использования для их решения методов изученных наук</p>	
	<p>Выбирать и применять в профессиональной деятельности современные методы синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов</p>	<p>ОПК-7 - готовность к участию в проведении научных исследований, начиная от планирования проводимых экспериментов до обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов</p>	
	<p>проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры</p>	<p>ПК-2 готовность к использованию синтетических и приборно-аналитических навыков, позволяющих работать в различных областях современной технологии, связанных с решением материаловедческих задач</p>	
<p>Владения (навыки / опыт деятельности)</p>	<p>навыками самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для выполнения профессиональной деятельности. технологиями организации процесса самообразования; приемами целеполагания во временной перспективе, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности.</p>	<p>ОК-7- способность к самоорганизации и к самообразованию</p>	

	<p>навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых естественнонаучных дисциплин навыками экспериментальной работы в области органической химии</p>	<p>ОПК-1 способность использовать современные методы химии, физики, математики, механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание</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>ОПК-2- способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния и механики материалов, позволяющие эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов</p>	
	<p>Навыками использования методов изученных наук о материалах для формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций</p>	<p>ОПК-5 - способность формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, а также использования для их решения методов изученных наук</p>	
	<p>Навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов</p>	<p>ОПК-7 - готовность к участию в проведении научных исследований, начиная от планирования проводимых экспериментов до обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов</p>	
	<p>Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований использовать приобретенные теоретические и практические знания для получения материалов с заданными свойствами для развития фарминдустрии и медицины. - навыками оформления</p>	<p>ПК-2 готовность к использованию синтетических и приборно-аналитических навыков, позволяющих работать в различных областях современной технологии, связанных с решением материаловедческих задач</p>	

	полученных результатов в виде научных публикаций - хранения и обработки научных результатов		
--	--	--	--

Учебная дисциплина способствует формированию следующих компетенций, предусмотренных ФГОС ВОпо направлению подготовки ВО 04.03.02 – «Химия, физика и механика материалов» (квалификация «Бакалавр»), которыми должен обладать выпускник: ОК-7; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-5; ОПК-7; ПК-2

**Общекультурные компетенции (ОК):**

**ОК-7-** способность к самоорганизации и к самообразованию

**Общепрофессиональные компетенции (ОПК):**

**ОПК-1** способность использовать современные методы химии, физики, математики, механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание

**ОПК-2** - способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния и механики материалов, позволяющие эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов

**ОПК-5** - способность формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, а также использования для их решения методов изученных наук

**ОПК-7** - готовность к участию в проведении научных исследований, начиная от планирования проводимых экспериментов до обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов

**Профессиональные компетенции (ПК):**

**ПК-2** готовность к использованию синтетических и приборно-аналитических навыков, позволяющих работать в различных областях современной технологии, связанных с решением материаловедческих задач



## 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", профили подготовки "Функциональные материалы и наноматериалы" и «Медицинские и биоматериалы». 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.

**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.

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. В этой связи при освоении курса «Органической химии» у обучающихся должны быть сформированы следующие **знания**:

- 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 органических соединений;

**умения:**

- на основе полученных теоретических данных планировать пути синтеза органических соединений из простых составляющих;
- грамотно вести препаративные синтезы согласно предложенным методикам;
- выбрать наиболее рациональные методы синтеза заданных структур;
- самостоятельно повышать свой уровень знаний.

**навыки:**

- 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,
- использовать полученные знания для планирования схем синтеза различного типа соединений;
- использовать приобретенные теоретические и практические знания для получения материалов с заданными свойствами для развития фарминдустрии и медицины.
- навыками оформления полученных результатов в виде научных публикаций
- хранения и обработки научных результатов

**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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания ОК-7 Способность к самоорганизации и самообразованию

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (уровень)	Знать: содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности.	Не знает содержания процессов самоорганизации и самообразования, некоторых особенностей и технологий реализации, но не может обосновать их соответствие запланированным целям профессионального совершенствования.	Демонстрирует частичное знание содержания процессов самоорганизации и самообразования, некоторых особенностей и технологий реализации, но не может обосновать их соответствие запланированным целям профессионального совершенствования.	Демонстрирует знание содержания и особенностей процессов самоорганизации и самообразования, но дает неполное обоснование соответствия выбранных технологий реализации процессов профессионального роста.	Владеет полной системой знаний о содержании, особенностях процессов самоорганизации и самообразования, аргументированно обосновывает принятые решения при выборе технологий их реализации с учетом целей профессионального и личностного развития.
		Не знает технологии самоорганизации и самообразования	Недостаточно хорошо знает технологии самоорганизации и самообразования	Знает с некоторыми пробелами технологии самоорганизации и самообразования	Показывает хорошие знания технологий самоорганизации и самообразования
Второй этап (уровень)	Уметь: планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе	При планировании и установлении приоритетов целей профессионально	При планировании и установлении приоритетов целей профессионально	Планируя цели деятельности с учетом условий их достижения,	Демонстрирует обоснованный выбор приемов саморегуля

	способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; осуществления деятельности.	ной деятельности не учитывает внешние и внутренние условия их достижения.	й деятельности не полностью учитывает внешние и внутренние условия их достижения.	дает не полностью аргументированное обоснование соответствия выбранных способов выполнения деятельности намеченным целям.	ции при выполнении и деятельности в условиях неопределенности
		Не умеет пользоваться приемами организации собственной познавательной деятельности, осознавая перспективы профессионального развития, но не давая аргументированное обоснование адекватности отобранной для усвоения информации целям самообразования	Умеет пользоваться отдельными приемами организации собственной познавательной деятельности, осознавая перспективы профессионального развития, но не давая аргументированное обоснование адекватности отобранной для усвоения информации целям самообразования	Умеет пользоваться системой приемов организации процесса самообразования только в определенной сфере деятельности	Умеет строить процесс самообразования с учетом внешних и внутренних условий реализации.
Третий этап (уровень)	Владеть: навыками самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для выполнения профессиональной деятельности.  технологиями организации процесса самообразования; приемами целеполагания во временной перспективе, способами	Не владеет приемами саморегуляции, но допускает существенные ошибки при их реализации, не учитывая конкретные условия и свои возможности при принятии решений.	Владеет отдельными приемами саморегуляции, но допускает существенные ошибки при их реализации, не учитывая конкретные условия и свои возможности при принятии решений.	Демонстрирует возможность обоснованность реализации приемов саморегуляции при выполнении деятельности в конкретных заданных условиях.	Готов и умеет формировать приоритетные цели деятельности, давая полную аргументацию принимаемым решениям при выборе способов выполнения деятельности.
		Не владеет отдельными методами и	Владеет отдельными методами и	Владеет системой отбора	Демонстрирует возможность

	планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности.	приемами отбора необходимой для усвоения информации, давая не полностью аргументированное обоснование ее соответствия целям самообразования	приемами отбора необходимой для усвоения информации, давая не полностью аргументированное обоснование ее соответствия целям самообразования	содержания обучения в соответствии с намеченными и целями самообразования, но при выборе методов и приемов не полностью учитывает условия и личностные возможности овладения этим содержанием	ь переноса технологии организации и процесса самообразования, сформированной в одной сфере деятельности, на другие сферы, полностью обосновывая выбор используемых методов и приемов.
--	--	---	---	---	---

**ОПК-1 способность использовать современные методы химии, физики, математики, механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (уровень)	Знать: теоретические основы общей химии и органической химии, основные теоретические положения углубленных разделов органической химии	Затрудняется в определении базовых понятий и формулировках 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
		Затрудняется в определении базовых понятий и формулировке основных методов	Имеет представление о содержании отдельных разделов специальных глав	Имеет представление о содержании основных разделов специальных глав	Имеет четкое, целостное представление о содержании основных разделов специальных

		синтеза и химических свойств органических соединений, содержащих функциональные группы	органической химии, но допускает неточности в формулировках	органической химии, знает терминологию, основные закономерности и понимает сущность общих свойств и методов синтеза	глав органической химии, знает терминологию, основные закономерности и понимает сущность общих свойств и методов синтеза, знает механизмы основных органических реакций
Второй этап (уровень)	Уметь: решать типовые учебные задачи по основным разделам органической химии, спланировать схему синтеза и предсказать химические свойства органических соединений.  определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов математических и естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач	Не полностью 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
		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 смежные с химией математических и естественнонаучных дисциплин, необходимые для решения поставленной задачи химической или материаловедческой направленности, но допускает отдельные неточности	Способен указать специальные смежные 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.)

Третий этап (уровень)	Владеть: навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых естественнонаучных дисциплин	1. Владеет навыками поиска учебной литературы, в т.ч., с использованием электронных ресурсов, частично владеет основной терминологией и понятийным аппаратом органической химии	Владеет навыками воспроизведения освоенного учебного материала, в целом владеет основной терминологией и понятийным аппаратом органической химии	Владеет навыками самостоятельного изучения отдельных разделов учебной литературы, владеет основной терминологией и понятийным аппаратом органической химии	Владеет навыками критического анализа учебной информации, уровень владения терминологией и понятийным аппаратом позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам органической химии
	навыками экспериментальной работы в области органической химии	2. Владеет минимальными навыками и приемами экспериментальной работы в области органической химии	Владеет базовыми навыками и приемами экспериментальной работы в области органической химии	Владеет базовыми и дополнительными навыками и приемами экспериментальной работы в области органической химии	Демонстрирует возможность переноса приемов и навыков экспериментальной работы в области органической химии на более сложные задачи и синтезы

**ОПК-2 способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния и механики материалов, позволяющие эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (уровень)	Знать: основные теоретические положения в области органической химии и дополнительные	1. Затрудняется в определении базовых понятий и формулировках основных законов химии, строения	Имеет представление о содержании отдельных разделов, знает терминологию, основные законы и положения	Имеет представление о содержании основных разделов, знает терминологию, основные законы и	Имеет четкое, целостное представление о содержании основных разделов, знает терминологию, основные

	х разделов органической химии	органических молекул и химических свойств основных классов органических соединений	органической химии, но допускает неточности в формулировках.	положения органической химии	законы и положения органической химии
Второй этап (уровень)	Уметь: применять знания естественнонаучных дисциплин для анализа и обработки результатов экспериментов по органической химии	1. Умеет использовать стандартные методики обработки результатов химических экспериментов, рекомендованные специалистом более высокой категории	Умеет оценивать условия применимости стандартных методик анализа и обработки результатов химического эксперимента, допуская ошибки в отдельных случаях	Умеет оценивать адекватность и физическую корректность моделей, используемых при обработке результатов химического эксперимента	Умеет проводить корректную модификацию моделей и методик обработки данных эксперимента, правильно определять область применимости используемых методик
Третий этап (уровень)	Владеть: навыками использования теоретических основ базовых разделов естественнонаучных дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач навыками экспериментальной работы в области органической химии	Имеет общие представления о возможности практического использования теоретических основ естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, но не в состоянии их конкретизировать применительно к поставленной задаче	Способен предложить примеры использования теоретических представлений отдельных разделов естественнонаучных дисциплин для решения задач профессиональной деятельности	Владеет навыками применения теоретических моделей при интерпретации результатов в отдельно взятой области химии и/или наук, но допускает отдельные неточности	Владеет навыками применения теоретических моделей при планировании работ в профессиональной сфере деятельности и грамотной интерпретации полученных результатов

**ОПК-5 способность формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, а также использования для их решения методов изученных наук**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап	Знать: основные	1. Затрудняется в определении	Имеет представление о	Имеет представление	Имеет четкое, целостное



(уровень)	теоретические положения в области органической химии и дополнительных разделов органической химии	базовых понятий и формулировок основных законов химии, строения органических молекул и химических свойств основных классов органических соединений	содержании отдельных разделов, знает терминологию, основные законы и положения органической химии, но допускает неточности в формулировках.	о содержании основных разделов, знает терминологию, основные законы и положения органической химии	представление о содержании основных разделов, знает терминологию, основные законы и положения органической химии
Второй этап (уровень)	Уметь: Формулировать задачи, необходимые для реализации профессиональных функций, а также использовать для их решения методы изученных наук о материалах	Умеет формулировать задачи, необходимые для реализации профессиональных функций, а также использовать для их решения методы изученных наук о материалах только под руководством специалиста более высокой категории	Умеет формулировать задачи, необходимые для реализации профессиональных функций, а также использовать для их решения методы изученных наук о материалах, допуская ошибки в отдельных случаях	Умеет формулировать задачи, необходимые для реализации профессиональных функций, а также использовать для их решения методы изученных наук о материалах	Умеет формулировать задачи, необходимые для реализации профессиональных функций, а также использовать для их решения методы изученных наук о материалах и проводить коррекцию методик, правильно определять область применения и использовать методы
Третий этап (уровень)	Владеть: Навыками использования методов изученных наук о материалах для формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций	Имеет общие представления о навыках использования методов изученных наук о материалах для формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций	Способен предложить примеры использования навыков использования методов изученных наук о материалах для формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций	Владеет Навыками использования методов изученных наук о материалах для формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, но допускает отдельные неточности	Владеет Навыками использования методов изученных наук о материалах для формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций и грамотной интерпретации полученных результатов

**ОПК-7      готовность к участию в проведении научных исследований, начиная от планирования проводимых экспериментов до обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (уровень)	Знать: Современные методы синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов	Затрудняется в определении современных методов синтеза и исследования материалов и способов интерпретации и представления результатов	Имеет представление о содержании отдельных разделов современных методов синтеза и исследования материалов и способов интерпретации и представления результатов, но допускает неточности в формулировках.	Имеет представление о содержании основных разделов современных методов синтеза и исследования материалов и способов интерпретации и представления результатов	Имеет четкое, целостное представление о содержании основных разделов современных методов синтеза и исследования материалов и способов интерпретации и представления результатов
Второй этап (уровень)	Уметь: Выбирать и применять в профессиональной деятельности современные методы синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов	Не уверенно выбирает и применяет в профессиональной деятельности современные методы синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов	Умеет оценивать условия применимости стандартных методов синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов, допуская ошибки в отдельных случаях	Умеет оценивать адекватность и физическую корректность методов синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов	Умеет проводить корректную модификацию методов синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов
Третий этап (уровень)	Владеть: Навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных	Имеет общие представления о возможности практического использования навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения,	Способен предложить примеры использования навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения и	Владеет навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных	Владеет навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных

	результатов	оформления и публичного представления полученных результатов	публичного представления полученных результатов	результатов	результатов и грамотной интерпретации полученных результатов
--	-------------	--	---	-------------	--

**ПК-2 - готовность к использованию синтетических и приборно-аналитических навыков, позволяющих работать в различных областях современной технологии, связанных с решением материаловедческих задач**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (уровень) -	Знать: стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ	Затрудняется в выборе метода применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств указанного вещества, не знает требований к оформлению результатов эксперимента и норм ТБ	Имеет общее представление о методах применения современной аппаратуры при изучении свойств отдельных классов веществ, правилах безопасного обращения с ними и способах представления результатов эксперимента	Знает стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований и исследования свойств различных групп веществ и материалов; правила ТБ при работе с ними, основные требования к оформлению результатов эксперимента, но допускает отдельные неточности	Знает стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств различных групп веществ и материалов; правила техники безопасности при работе с ними, основные требования к оформлению результатов эксперимента
	физико-химические методы установления структуры органических соединений;	Затрудняется в определении базовых понятий и формулировке принципов физико-химических методов установления структуры органических соединений	Имеет представление о содержании базовых понятий и формулировке принципов физико-химических методов установления структуры органических соединений, но допускает неточности при формулировке	Имеет представление о содержании базовых понятий и формулировке принципов физико-химических методов установления структуры органических соединений, знает терминологию, основные закономерности	Имеет четкое, целостное представление о содержании базовых понятий и формулировке принципов физико-химических методов установления структуры органических соединений, знает терминологию, основные

				и и понимает сущность их	закономерност и и понимает сущность их
Второй этап (уровень)	Уметь: проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры	Умеет проводить некоторые химические эксперименты с использованием современной аппаратуры	Умеет проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры, но допускает отдельные ошибки.	Умеет проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры; осуществляет идентификацию и исследование свойств полученных веществ и материалов. Умеет оформлять результаты эксперимента с небольшим количеством замечаний	Умеет выполнять демонстративны е опыты по химии с использованием современной аппаратуры; проводить комплексный анализ и исследование свойств полученных веществ и материалов. Умеет оформлять результаты эксперимента в соответствии с заявленными требованиями
	выбрать наиболее рациональные методы синтеза заданных структур;	Не может указать на необходимость привлечения специальных разделов математики и естественнонау чных дисциплин для решения конкретной проблемы в профессиональ ной сфере деятельности, но не в состоянии конкретизиров ать постановку задачи	Способен указать специальные разделы смежных с химией математических и естественнонауч ных дисциплин, необходимые для решения поставленной задачи химической или материаловедчес кой направленности, но допускает отдельные неточности	Способен указать специальные разделы смежных с химией математически х и естественнонауч ных дисциплин, необходимые для решения поставленной задачи химической или материаловедч еской направленност и	Может обосновать необходимость привлечения сведений из дополнительны х разделов математики и естественнонауч ных дисциплин и ранжировать их по степени значимости для решения поставленной задачи (необходимые, вспомогательн ые, иллюстративн ые и др.)
Третий этап (уровень)	Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Владеет некоторыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Владеет базовыми навыкам и использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и изучения свойств	Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и изучения свойств веществ

				отдельных классов веществ (материалов), правильного протоколирования опытов	и материалов, правильного протоколирования опытов
	использовать приобретенные теоретические и практические знания для получения материалов с заданными свойствами для развития фарминдустрии и медицины. - навыками оформления полученных результатов в виде научных публикаций - хранения и обработки научных результатов	2. Владеет минимальными навыками и приемами экспериментальной работы в области органической химии	Владеет базовыми навыками и приемами экспериментальной работы в области органической химии	Владеет базовыми и дополнительными навыками и приемами экспериментальной работы в области органической химии	Демонстрирует возможность переноса приемов и навыков экспериментальной работы в области органической химии на более сложные задачи и синтеза

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания 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).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности.	ОК-7- способность к самоорганизации и к самообразованию	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа

	теоретические основы общей химии и органической химии, основные теоретические положения углубленных разделов органической химии	ОПК-1 способность использовать современные методы химии, физики, математики, механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа
	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)	ОПК-2- способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния и механики материалов, позволяющие эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа
	основные теоретические положения в области органической химии и дополнительных разделов органической химии	ОПК-5 - способность формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, а также использования для их решения методов изученных наук	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа
	Современные методы синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов	ОПК-7 - готовность к участию в проведении научных исследований, начиная от планирования проводимых экспериментов до обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов	Отчет по лабораторной работе

	стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ физико-химические методы установления структуры органических соединений;	ПК-2 готовность к использованию синтетических и приборно-аналитических навыков, позволяющих работать в различных областях современной технологии, связанных с решением материаловедческих задач	Отчет по лабораторной работе
2-й этап Умения	планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; осуществления деятельности.	ОК-7- способность к самоорганизации и к самообразованию	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа
	решать типовые учебные задачи по основным разделам органической химии, спланировать схему синтеза и предсказать химические свойства органических соединений. определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов математических и естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач	ОПК-1 способность использовать современные методы химии, физики, математики, механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа, Лабораторная работа, отчет
	применять знания естественнонаучных дисциплин для анализа и обработки результатов экспериментов по органической химии	ОПК-2- способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа

		высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния и механики материалов, позволяющие эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов	
	Формулировать задачи, необходимые для реализации профессиональных функций, а также использовать для их решения методы изученных наук о материалах	ОПК-5 - способность формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, а также использования для их решения методов изученных наук	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа
	Выбирать и применять в профессиональной деятельности современные методы синтеза и исследования материалов и способы интерпретации и представления результатов	ОПК-7 - готовность к участию в проведении научных исследований, начиная от планирования проводимых экспериментов до обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов	Лабораторная работа, отчет по лабораторной работе
	проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры	ПК-2 готовность к использованию синтетических и приборно-аналитических навыков, позволяющих работать в различных областях современной технологии, связанных с решением материаловедческих задач	Лабораторная работа, отчет по лабораторной работе
3-й этап Владеть навыками	навыками самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для выполнения профессиональной деятельности. технологиями организации процесса самообразования; приемами целеполагания	ОК-7- способность к самоорганизации и к самообразованию	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа



	во временной перспективе, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности.		
	навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых естественнонаучных дисциплин навыками экспериментальной работы в области органической химии	ОПК-1 способность использовать современные методы химии, физики, математики, механики, биологии на уровне, необходимом для приобретения новых знаний с их использованием и решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций и имеющих естественнонаучное содержание	Отчет по лабораторной работе
	навыками использования теоретических основ базовых разделов естественнонаучных дисциплин при решении конкретных химических и материаловедческих задач, навыками экспериментальной работы в области органической химии	ОПК-2- способность использовать практические навыки экспериментальной работы в областях неорганической, аналитической, органической и физической химии; химии и физики высокомолекулярных соединений; структурной химии и кристаллохимии; общей физики; физики конденсированного состояния и механики материалов, позволяющие эффективно работать в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов	Домашняя контрольная работа
	Навыками использования методов изученных наук о материалах для формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций	ОПК-5 - способность формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, а также использования для их решения методов изученных наук	Коллоквиумы, Тесты, Самостоятельная работа, Контрольная работа Домашняя контрольная работа
	Навыками планирования научного исследования,	ОПК-7 - готовность к участию в проведении	Отчет по лабораторной работе

	анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов	научных исследований, начиная от планирования проводимых экспериментов до обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов	
	Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований использовать приобретенные теоретические и практические знания для получения материалов с заданными свойствами для развития фарминдустрии и медицины. - навыками оформления полученных результатов в виде научных публикаций - хранения и обработки научных результатов	ПК-2 готовность к использованию синтетических и приборно-аналитических навыков, позволяющих работать в различных областях современной технологии, связанных с решением материаловедческих задач	Отчет по лабораторной работе

#### 4.3. Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

#### Экзаменационные билеты

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 углеводородов. Пространственное строение органических соединений. Основы спектроскопии. Основы теории оптических методов анализа органических соединений. Виды полос поглощения для различных классов органических соединений в ИК-спектроскопии, 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 углеводородов, восстановление галоидных алкилов, спиртов, карбонильных соединений, реакция Вюрца, декарбоксилирование 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 углеводородов. 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 (адамантан).

**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 HBr 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*-гидроксילирование, получение оптически активных диолов расщеплением эпоксидов. Расщепление связи C=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, бутадиен, пиперилен). Промышленный синтез 1,3-бутадиена 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 Июича и Июича-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, циклопентаденилий-анион, азулен, анулены). Источники ароматических углеводородов. Способы получения аренов: образование в реакциях дегидрирования циклоолефинов, диспропорционирование циклогексена и циклогексадиена («необратимый катализ Зелинского»), тримеризация ацетилена 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. Атропизация 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  $S_N1$ ,  $S_N2$  и  $S_N2-i$ . 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, синтеза с использованием металлорганических соединений. Промышленные способы получения простейших алифатических спиртов. Химические свойства: кислотнo-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 углеводов.** Фенол и его гомологи, нафтолы. Способы получения (щелочное плавление солей сульфокислот, гидролиз галогенпроизводных, синтеза 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,  $\alpha$ -окси.** 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. Энантимеры, рацематы, D-,L-номенклатура. Соединение с двумя асимметричными атомами углерода, диастереомеры, эритро- и трео-формы, мезо-формы. Разделение рацематов (работы Пастера, кинетическое разделение эпоксированием 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 углеводов. 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, дигалоид- 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 алкоголятов 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. Кротоновая 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.

**Образец экзаменационного билета:**

Башкирский государственный университет  
**Инженерный факультет**  
**Кафедра технической химии и материаловедения**

---

Направление «Химия, физика и механика материалов»,  
профиль «Медицинские и биоматериалы»  
Базовая часть  
**«Органическая химия»**

**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

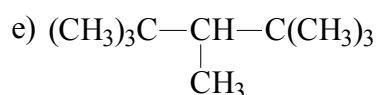
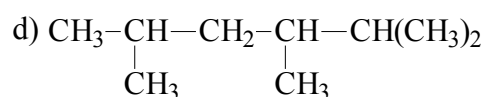
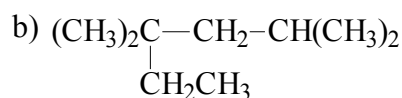
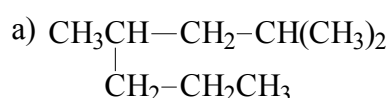
#### Описание задания:

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

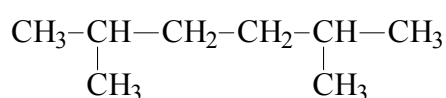
##### Вариант 1

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



- a) метилэтилизопропилметан
- б) 2-метил-5-трет-бутилнонан
- в) гексадекан
- г) α-пропил-α,β,β-триметилэтан
- д) диизоамил

3. Сколько вторичных атомов углерода содержится в следующей структуре:



4. Назовите соединения с учетом абсолютной конфигурации оптически активного центра:

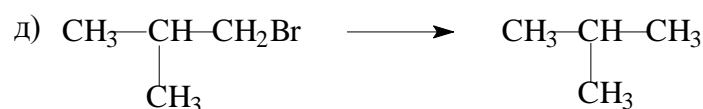
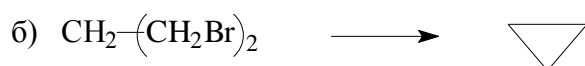


### Самостоятельная работа № 2

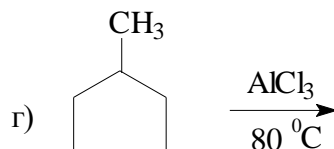
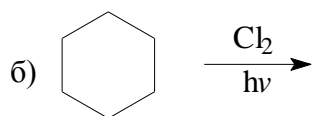
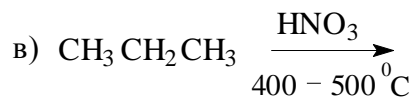
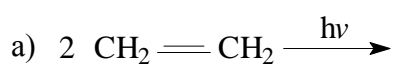
#### Синтез и химические реакции циклических и ациклических насыщенных соединений

##### Вариант 1

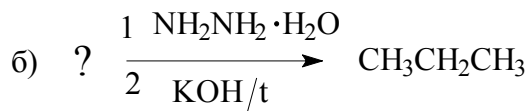
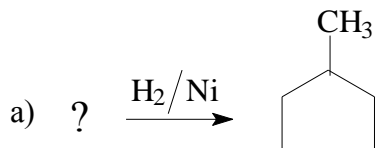
1. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения



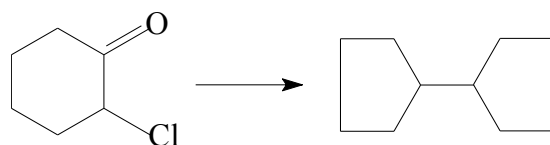
2. Какие продукты реакции получатся в результате следующих превращений



3. Какие исходные соединения были взяты в реакцию



4. Осуществите синтез и назовите полученное соединение



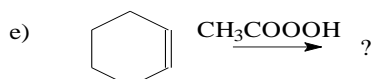
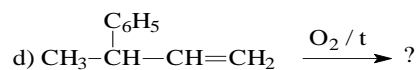
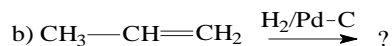
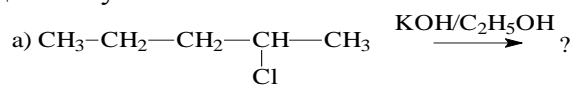


### Самостоятельная работа № 3

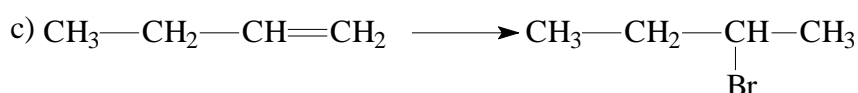
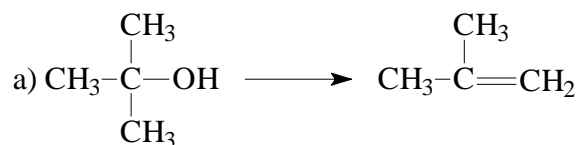
#### Синтез и свойства алкенов

##### Вариант № 1

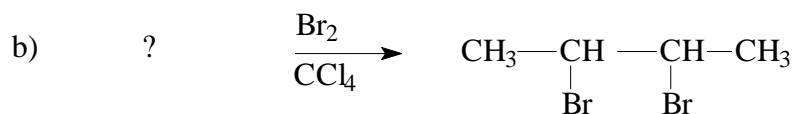
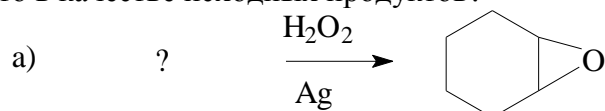
1. Какие продукты реакции получатся?



2. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



3. Что было взято в качестве исходных продуктов?



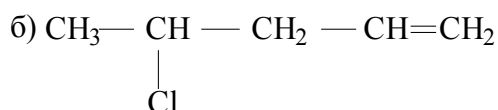
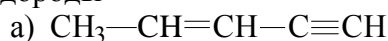
4. Как получить (E)-гексен-3 из 3,4-дибромгексана?

### Самостоятельная работа № 4

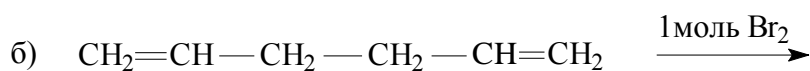
#### Методы получения и химические свойства алкинов и алкадиенов

##### Вариант 1

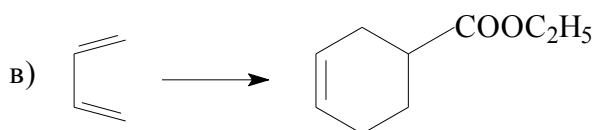
1. Назовите следующие углеводороды



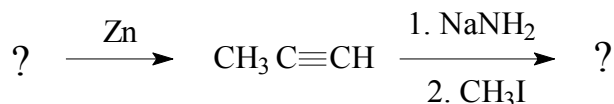
2. Какие продукты реакции образуются в результате следующих превращений:



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



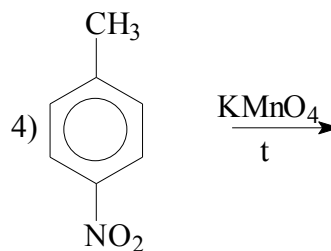
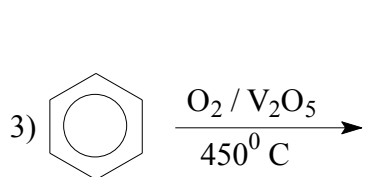
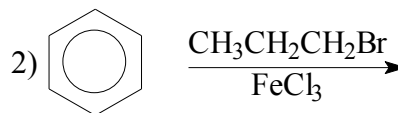
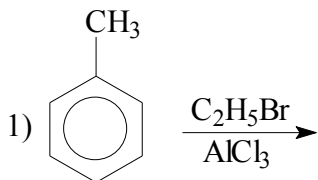
4. Что было взято в качестве исходного соединения, и какой продукт реакции получился?



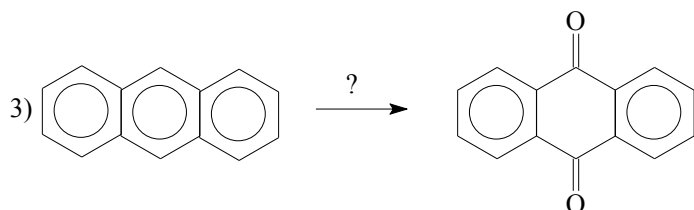
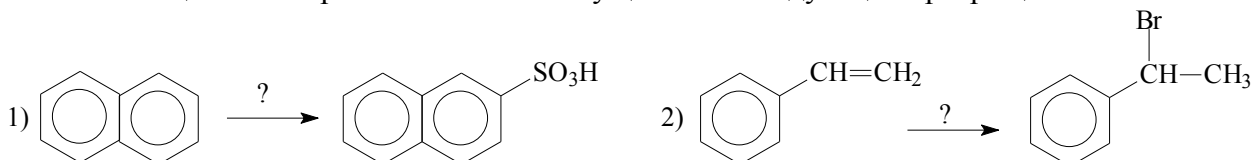
5. Предложите метод синтеза бензола из метана.

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

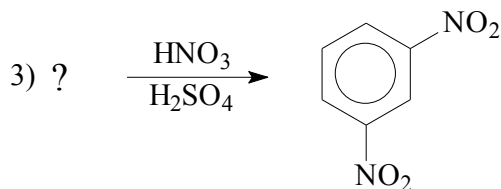
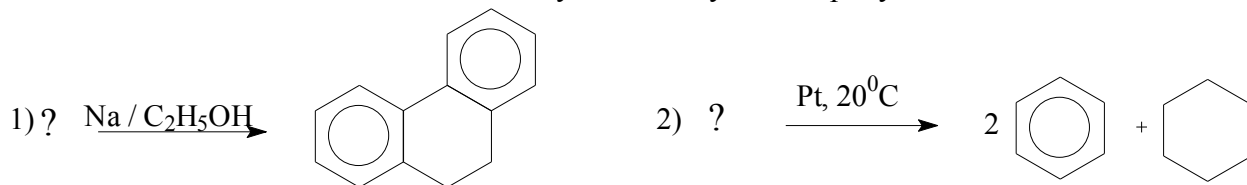
1. Какие продукты реакции получаются?



2. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



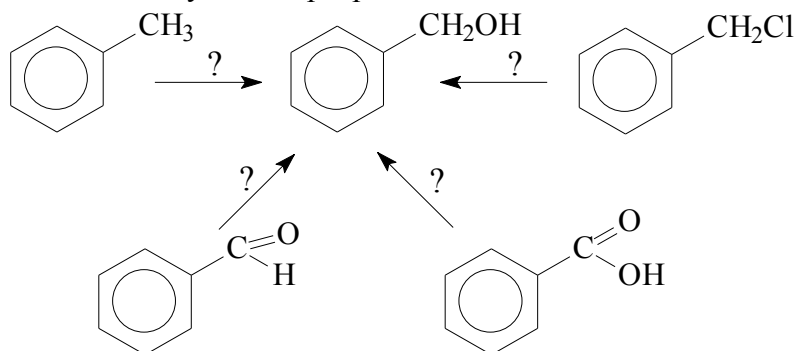
3. Из каких исходных соединений получены следующие продукты?



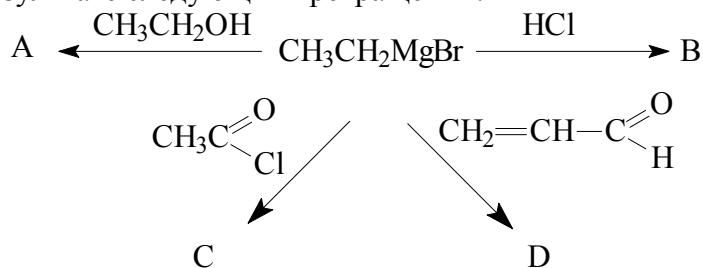
4. Предложите схему синтеза 1,3,5-бензолтрикарбоновой кислоты из ацетилена и хлористого метила.

**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:



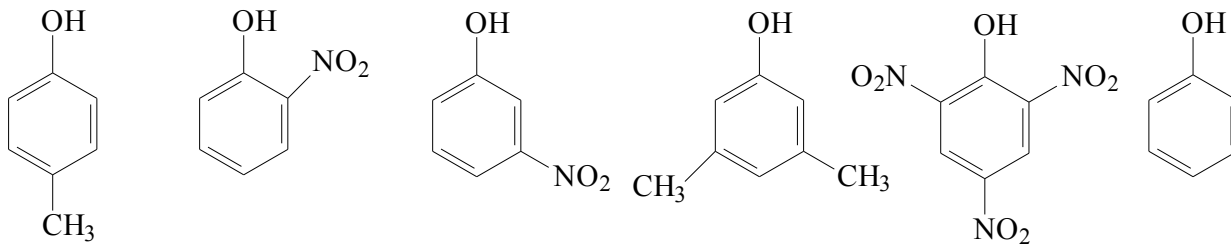
3. Расположите по увеличению кислотных свойств следующие спирты:



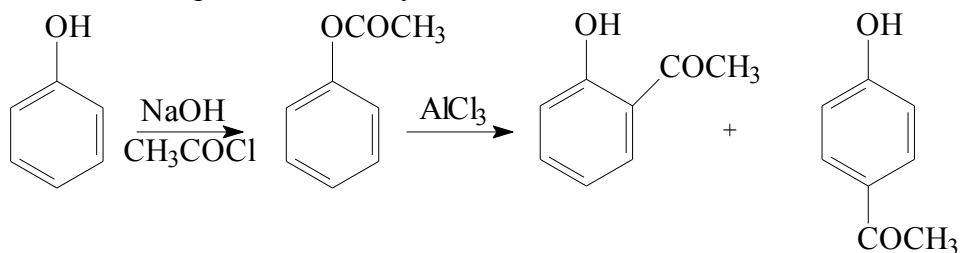
4. Предложите структуру спирта  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ , если он не реагирует с  $\text{CrO}_3$  в кислой среде, но легко образует галоидный алкил. Какой полимер может быть получен с его применением?

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

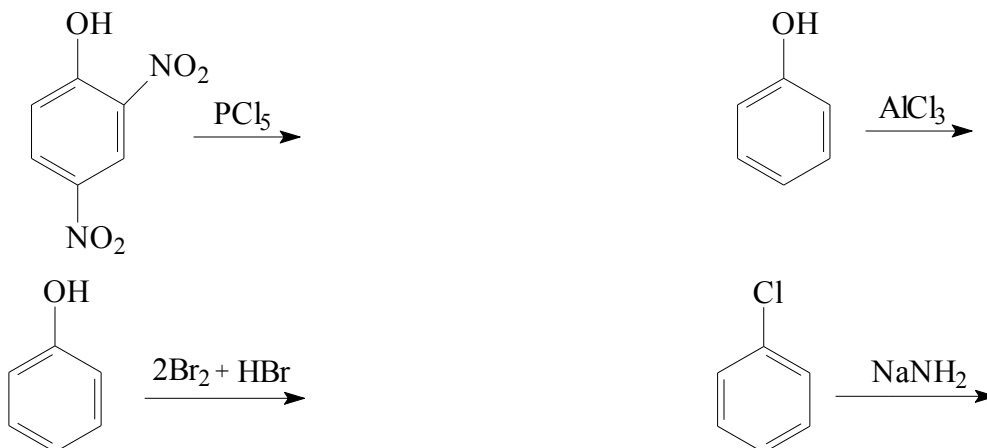
1. Расположите по возрастанию реакционной способности в реакции Вильямсона следующие соединения:



2. Объясните механизм образования следующих соединений:



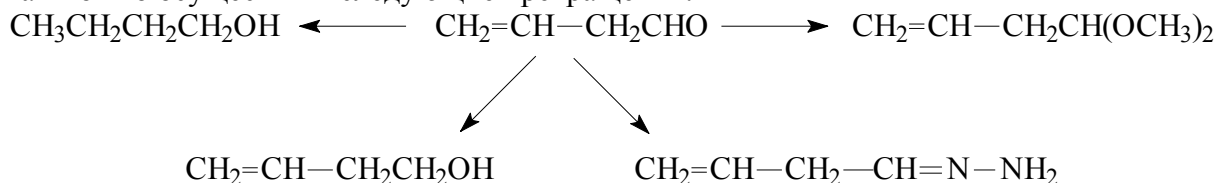
3. Какие соединения образуются в результате следующих превращений?



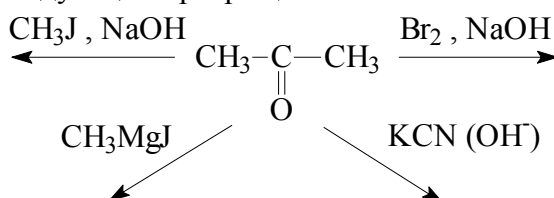
4. Два соединения имеют одинаковую брутто-формулу  $C_9H_{10}O$ . Какое они могут иметь строение, если оба обесцвечивают бромную воду, но одно из них не образует окрашивания с  $FeCl_3$ , а другое, получаемое из первого нагреванием, такое окрашивание дает.

**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:
- двух молей пропионового альдегида в среде NaOEt при нагревании;
  - ацетона и уксусного альдегида в щелочной среде.
4. Осуществите синтез метилвинилкетона из пропановой кислоты.

### Задания для контрольной работы

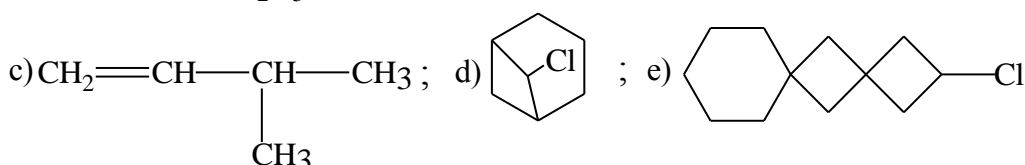
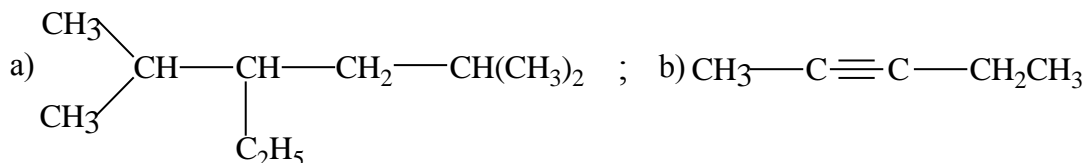
Описание контрольной работы:

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.

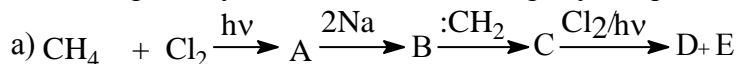
*Пример варианта контрольной работы:*

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

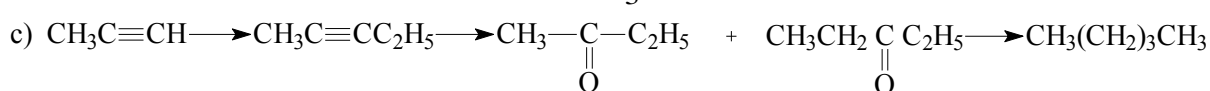
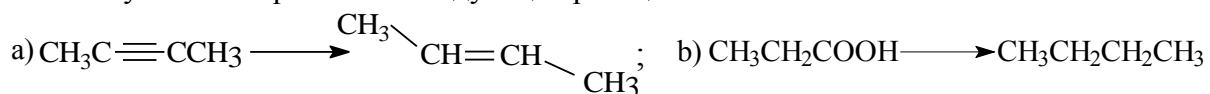
1. Назовите соединения:



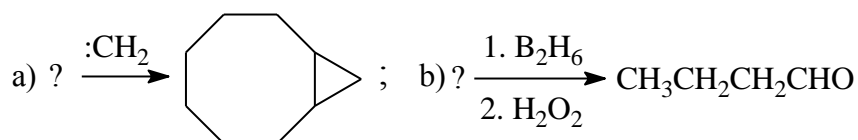
2. Предложите метод получения 2,3-диметилбутадиена из бутановой кислоты.
3. Общие положения электрофильного присоединения к алкенам. Обсудить механизм на примере присоединения HBr к 1-метил-циклогексену.
4. Укажите промежуточные и конечный продукты реакций:



5. В каких условиях протекают следующие реакции:



6. Из каких соединений получены конечные продукты?

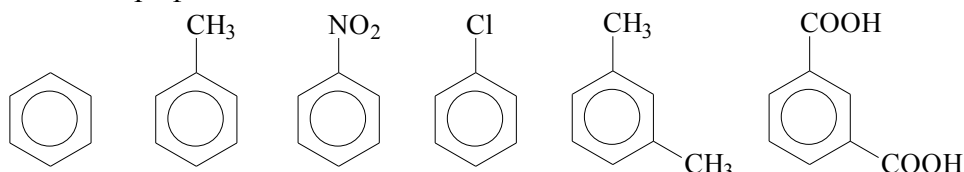


7. Напишите наиболее предпочтительную конформацию пентана по связи C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>.
8. Установите строение соединения формулы C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>, если при взаимодействии его с HBr получается соединение C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Br, дающее единственное нитропроизводное в условиях 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.

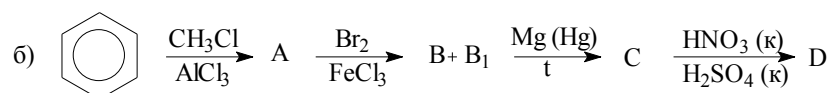
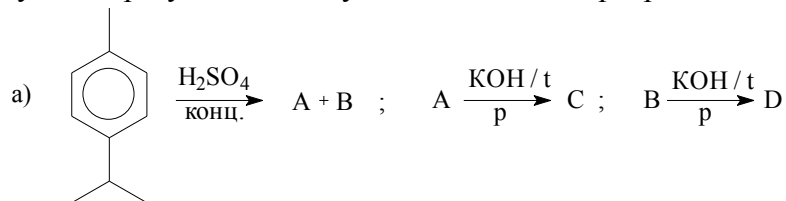
**Контрольная работа № 2**  
**«Химия ароматических соединений»**

**Вариант 1**

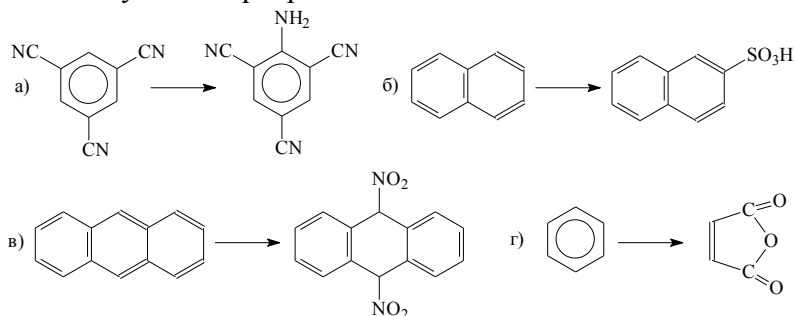
1. Расположите данные соединения в ряд по увеличению реакционной способности в реакциях электрофильного замещения:



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?

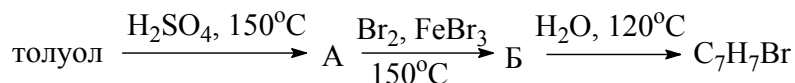


4. Предложите метод синтеза:
  - а) *мета*-нитрохлорбензола из гексана;
  - б) β-нафтола из декалина.
5. Как осуществить следующие превращения:



6. С привлечением резонансных структур объясните, почему метаксилол реагирует с бромом легче, чем толуол, и легче, чем бензол.

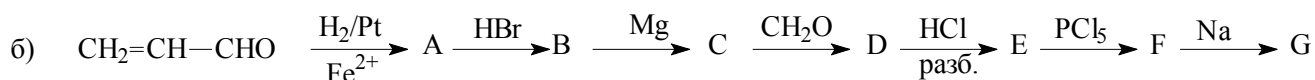
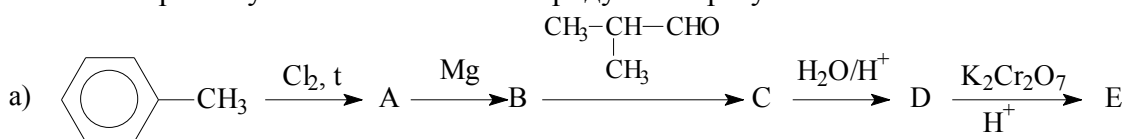
- Какие реакции можно привести в доказательство того, что нафталин проявляет меньшую ароматичность по сравнению с бензолом?
- В результате последовательно протекающих реакций:



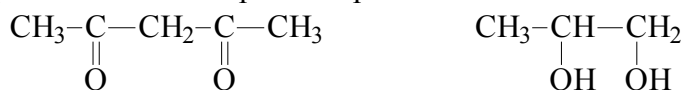
что получилось за соединение, если в ИК-спектре есть полосы 689 см<sup>-1</sup>, 1600 см<sup>-1</sup>, 3080 см<sup>-1</sup>, а в ПМР-спектре сигналы 2.4 с (3H), 7.08 д (2H), 7.24 д (2H)? Объясните, с какой целью использовалась реакция сульфирования.

**Контрольная работа № 3**  
**«Кислородсодержащие соединения»**  
**Вариант 1**

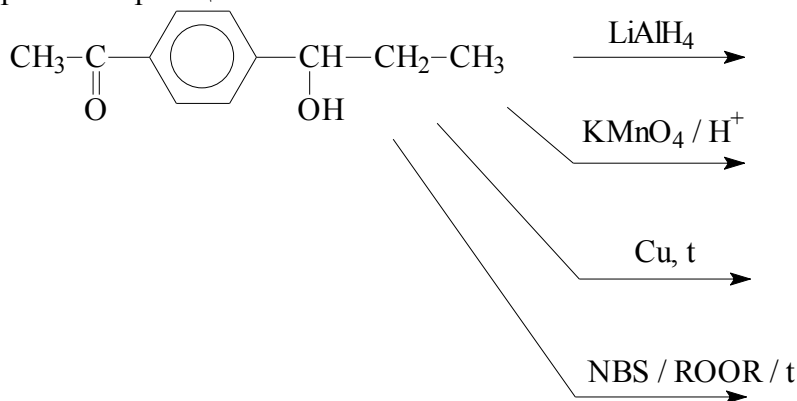
- В раствор жидкого аммиака добавили порциями натрий, а затем, после того как он прореагировал, *n*-хлортолуол. Что получится в результате данной реакции, и каков ее механизм?
- Какие промежуточные и конечные продукты образуются:



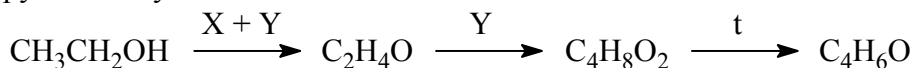
- Характерными реакциями подтвердите строение соединений:



- Как превратить бензиловый спирт в бензиловый эфир бензойной кислоты?
- Закончите уравнения реакций:



- Какое вещество образуется при нагревании смеси диэтилкетона, параформа и демитиламина?
- Определите строение соединения состава C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O, если известно, что оно дает осадок оранжевого цвета с C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NHNH<sub>2</sub>, а при восстановлении LiAlH<sub>4</sub> образует оптически активный спирт. Получите из него 1-бром-3-оксобутан.
- Расшифруйте схему:



Конечное соединение в ИК-спектре имеет полосы поглощения при 1640 см<sup>-1</sup>, 1705 см<sup>-1</sup>, 2870 см<sup>-1</sup>, а в ЯМР <sup>1</sup>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.





2. Методы получения алкенов. Реакции элиминирования галогенводородов, воды, йодгидринов, дегалогенирование, восстановление ацетиленов (стереохимия), реакции Гофмана, Виттига, Хорнера.

3. Химические свойства алкенов:

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, гидроксилирование, 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.

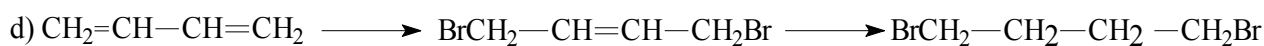
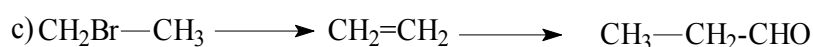
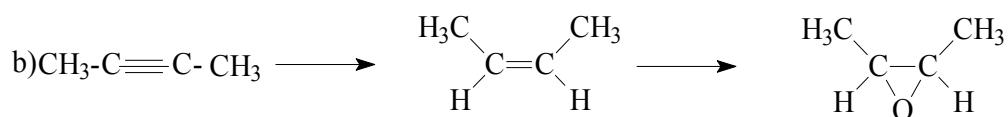
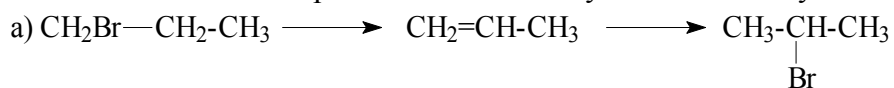
#### Алкины

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 Репе, окисление алкинов).
4. Кислый характер ацетиленов с концевой тройной связью, синтезы с использованием этого свойства ацетиленов.

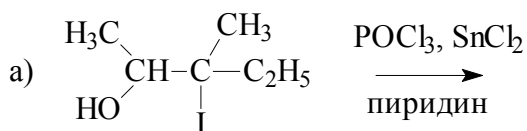
#### Задачи к коллоквиуму № 2

##### Вариант 1

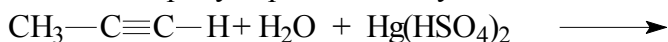
1. Предложить метод получения метилацетилена из метана с применением неорганических реагентов.
2. С помощью каких реагентов можно осуществить следующие превращения:



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»

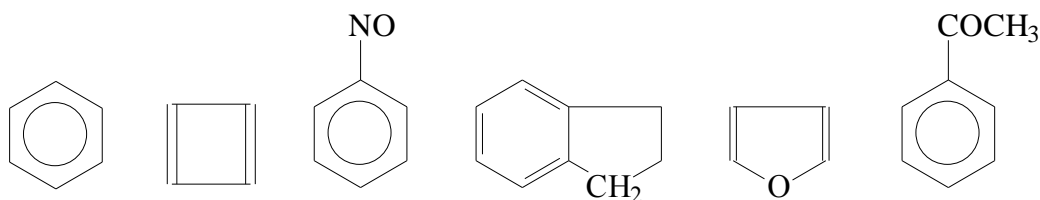
1. Правило ароматичности Хюккеля. Бензол, установление его структуры, подтверждение строения химическими и физическими методами.
2. Небензоидные ароматические системы, анулены, циклопентадиенилий-анион, тропиллий-катион, дианион циклооктатетраена, азулен.
3. Нафталин, антрацен. Структура, ароматичность, 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

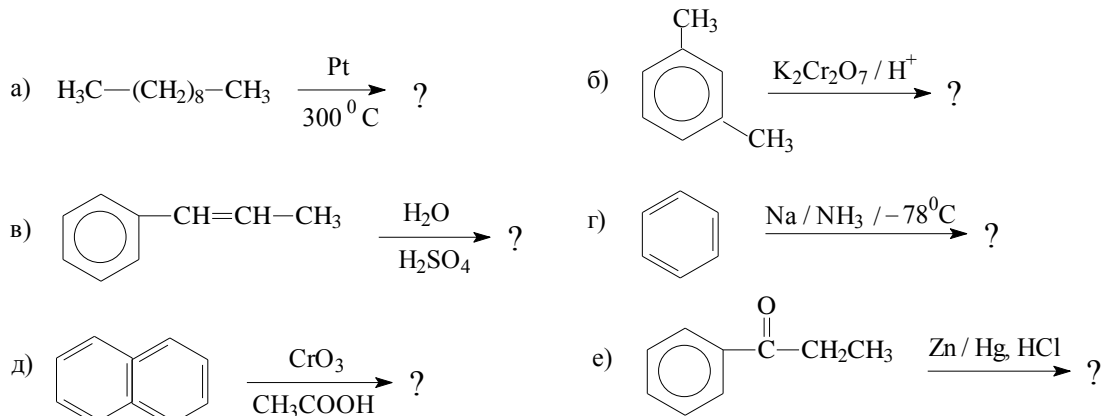
#### на тему «Ароматические соединения»

#### 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;

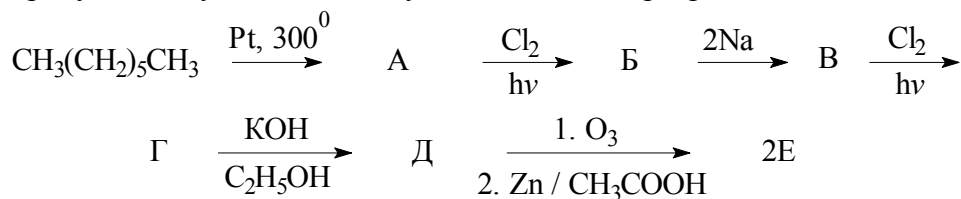
б) предложите метод синтеза 1,2-дифенилэтана из этана.

4. Какими методами можно различить следующие вещества:

а) бензол и циклогексан;

б) стирол и нитробензол?

5. Какие продукты получают 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 алкенилбензолы. Особенности поведения в условиях реакции электрофильного замещения

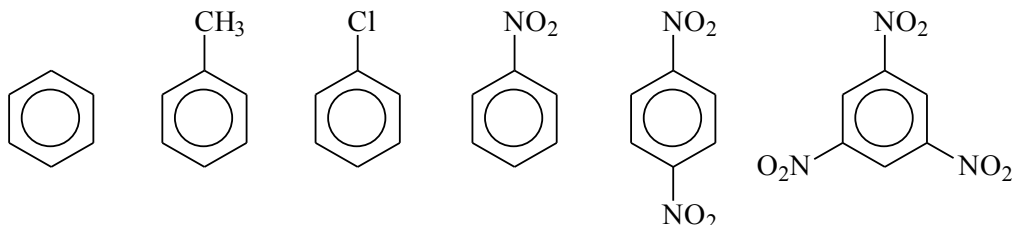
#### IV. Конденсированные ароматические системы

1. Нитрование, алкилирование, ацилирование и сульфирование в нафталине.
2. Ориентация в производных нафталина, объяснение с точки зрения электронных эффектов заместителей.

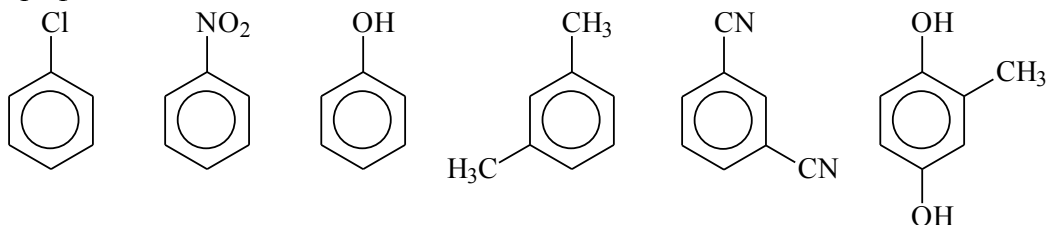
- Особенности реакций электрофильного замещения в антраcene, реакции с азотной и серной кислотой, окислами азота.
- Электрофильное замещение в фенантрене.

**Задачи к коллоквиуму № 4**  
**«Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения**  
**в ароматических соединениях»**  
**Вариант № 1**

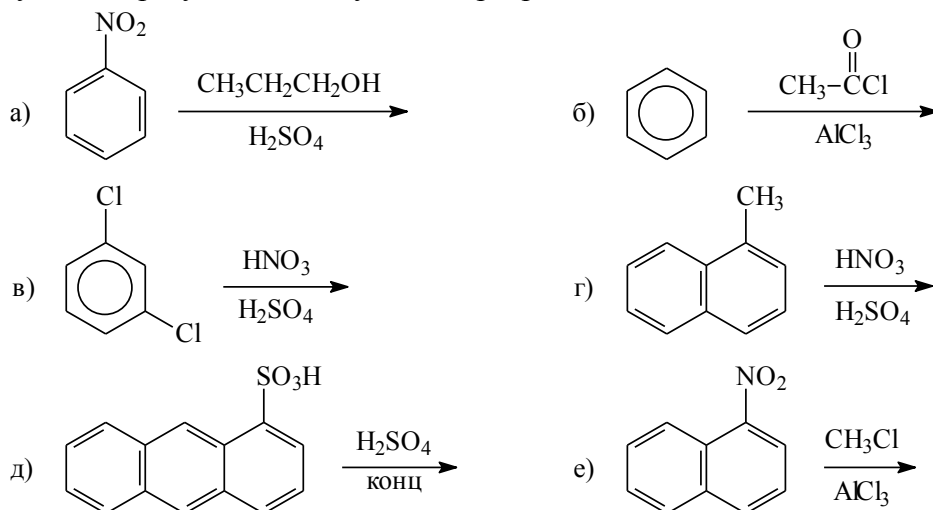
- Расположите в ряд по увеличению активности в реакциях:
  - нуклеофильного замещения



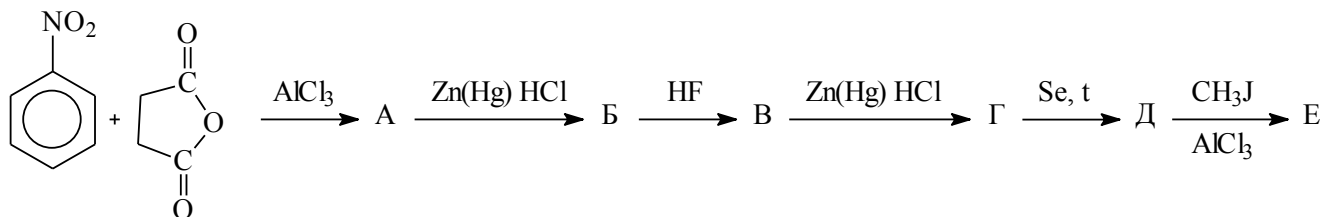
- электрофильного замещения



- Предложите схемы синтеза: а) фенилацетилена из бензола и окиси этилена; б) *мета*-дихлорбензола из бензола.
- Что получится в результате следующих превращений?



- Укажите, какие продукты реакции получают:



- 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

### «Галоидпроизводные алифатического и ароматического ряда»

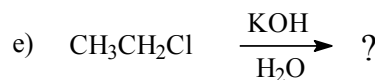
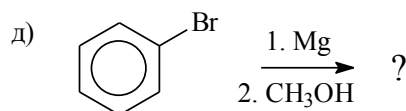
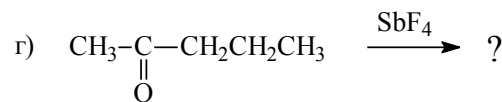
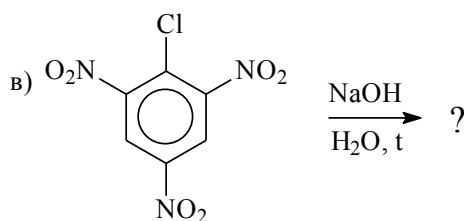
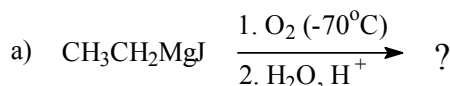
- Моногалогенпроизводные алифатического ряда:
  - классификация, номенклатура и изомерия;
  - методы синтеза моногалогенпроизводных;
  - реакция моногалогенпроизводных (восстановление, образование реагентов Гриньяра, реакция Вюрца);
  - реакции нуклеофильного замещения, протекающие по  $S_N-1$  и  $S_N-2$  типу;
  - реакции отщепления (E-1 и E-2);
  - фторалканы, методы получения и особенности химического поведения.
- Полигалогенпроизводные алканов:
  - методы получения;
  - химические свойства полигалогенпроизводных;
  - полихлорированные, полифторированные производные этилена, поли-меры на их основе.
- Галогенпроизводные с повышенной реакционной способностью.
- Соединения с пониженной реакционной способностью (хлорвинил и хлоропрен).
- Ароматические галогенпроизводные:
  - методы синтеза;
  - реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в ароматических галогенпроизводных.
- Магнийорганические соединения:
  - реакции с соединениями, обладающими C- и O-H-кислотностью;
  - реакции с кислородом, серой, галогенами,  $CO_2$ ;
  - реакции с карбонильными соединениями.
- Литийорганические соединения.
- Цинкоорганические соединения.

### Задачи к коллоквиуму №5

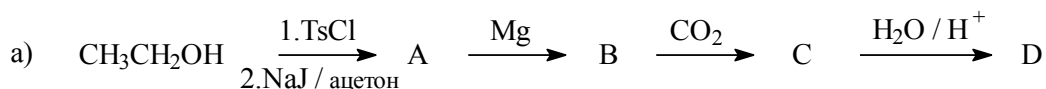
#### «Галоидсодержащие соединения»

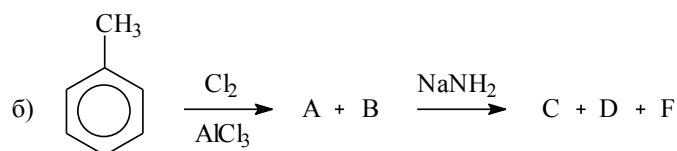
##### Вариант №1

- Что получится в результате следующих превращений:

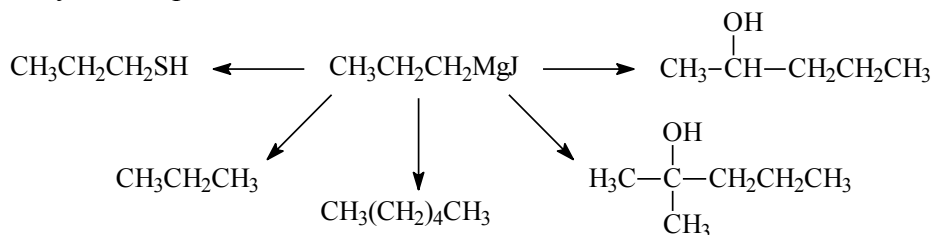


- Предложите метод синтеза изопропилового эфира 2-метилпропионовой кислоты из пропена.
- Закончите следующие цепочки превращений:





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<sup>13</sup>С присутствует только два вида углеродных атомов.

### **КОЛЛОКВИУМ №6** **«Гидроксипроизводные углеводов»**

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

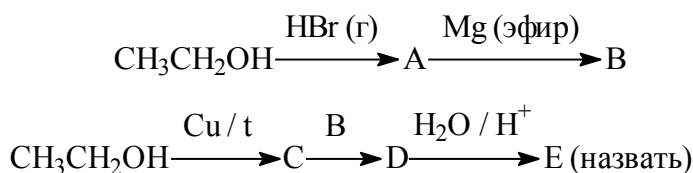
### **Задачи к коллоквиуму** **«Гидроксипроизводные углеводов»**

#### **Вариант 1**

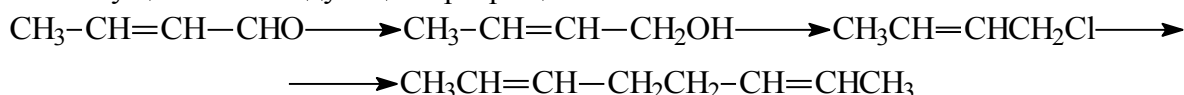
1. Соединение, которое образовалось при пропускании этилена через нагретую серебряную трубку в противотоке кислорода, ввели в реакцию с

фенилмагнибромидом. Что образовалось после разложения реакционной массы подкисленной водой?

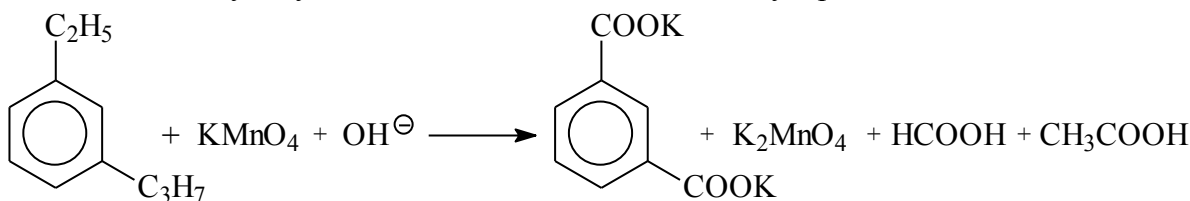
- Предложите метод синтеза бензилового спирта из ацетальдегида.
- Что получится в следующей цепочке превращений?



- Как осуществить следующие превращения:



- Закончите следующую окислительно-восстановительную реакцию:



- 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  $\text{CH}_2\text{O}$ .

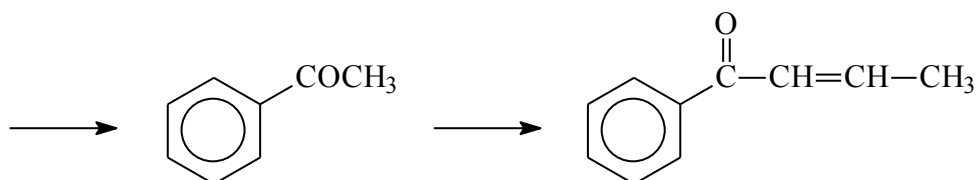
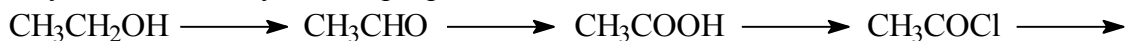
### **КОЛЛОКВИУМ № 7** **«Карбонильные соединения»**

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

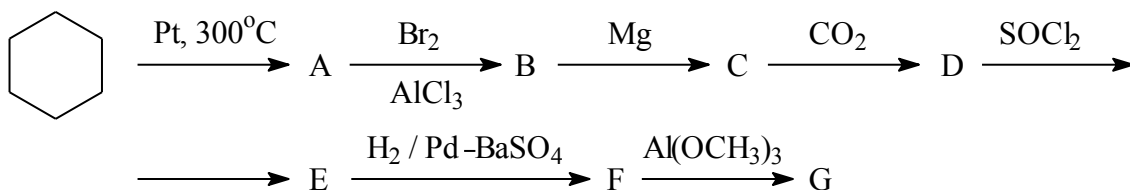


**Задачи к коллоквиуму № 7**  
**«Карбонильные соединения»**  
**Вариант 1**

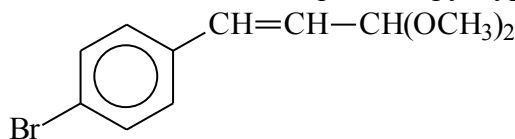
1. При окислении циклопентанола перманганатом при нагревании вместо ожидаемого циклопентанона образовалось соединение, проявляющее кислые свойства. Что это за соединение?
2. Предложите метод синтеза бензоина из толуола.
3. Как осуществить следующие превращения:



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 изложении 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°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 перегонке жидкостей с высокой температурой кипения полезно обернуть насадку лентой из стекловолкна (или асбестовым шнуром). Это предотвратит излишнюю конденсацию, и, таким образом, пары смогут попасть в боковой отвод.

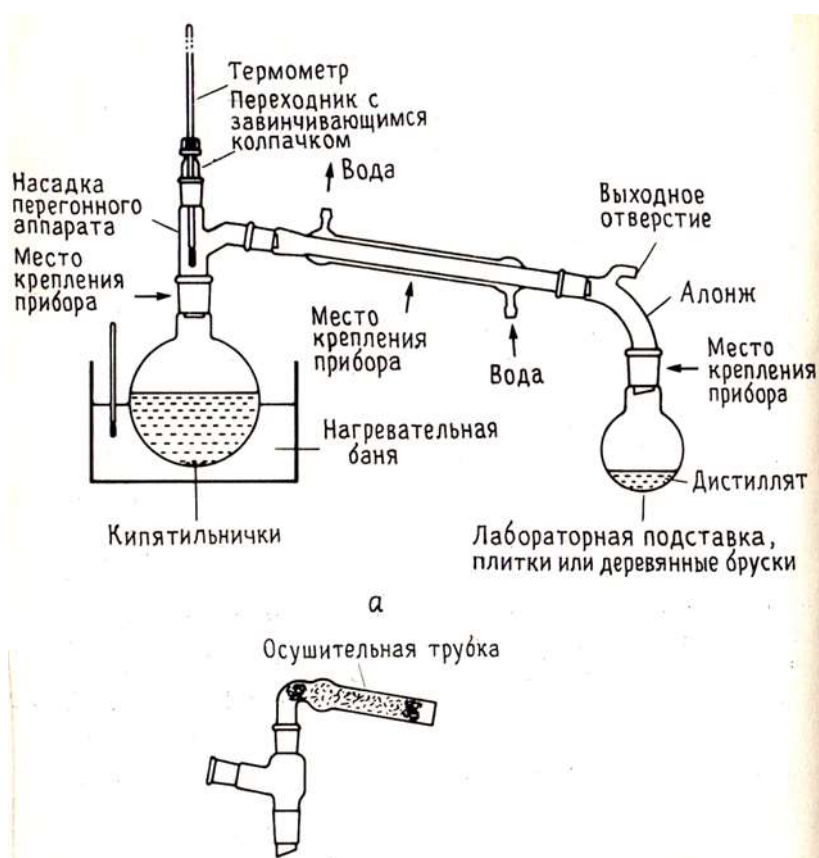


Рис.1. Простая перегонка

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°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°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°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 °C (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 соединялся 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).

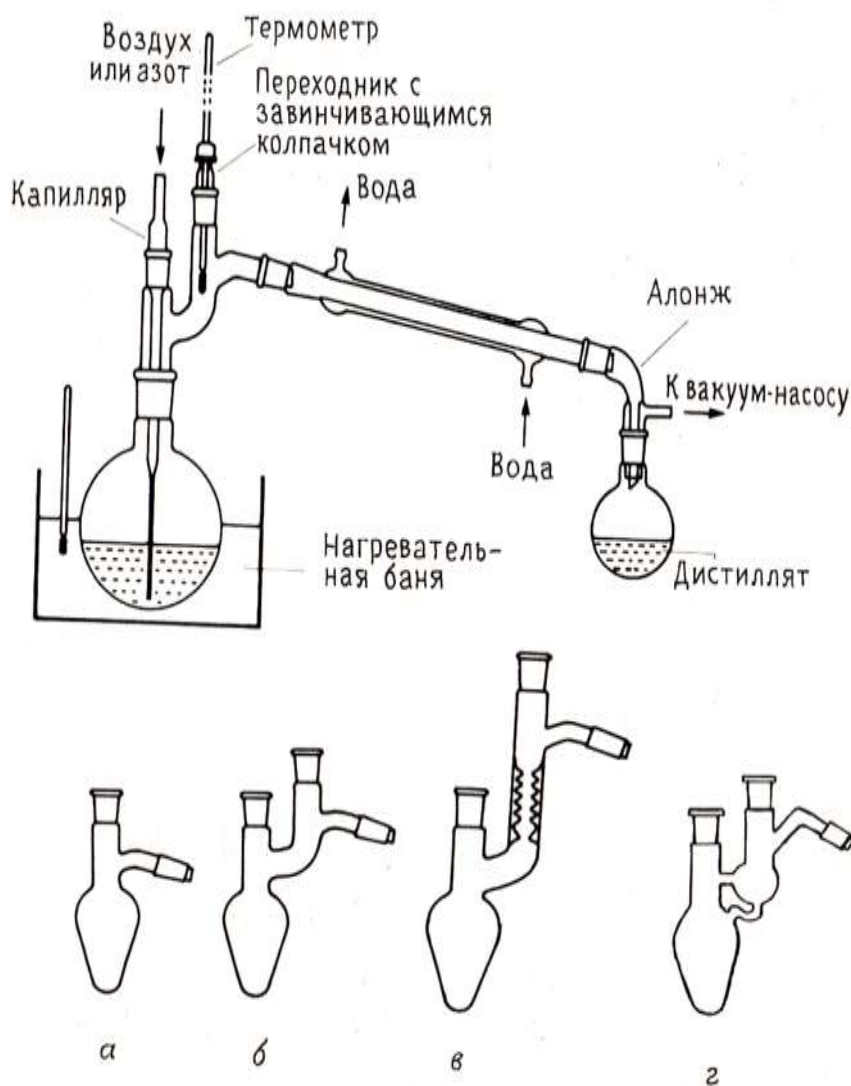


Рис. 2. Перегонка при пониженном давлении  
 Перегонные колбы: а - грушевидная; б - Кляйзена;  
 в - Кляйзена с насадкой Вюрца; г - Арбузова.

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 вакуумах.

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, скапливающееся 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.

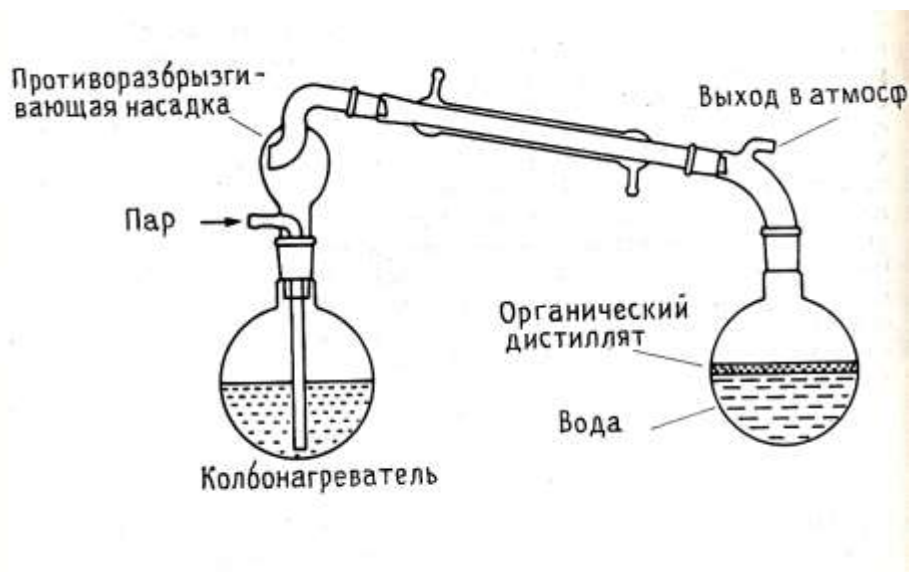


Рис.4 Прибор для перегонки с водяным паром.

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 охладился 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 (серноокислый 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 °С, 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 серноокислый 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 серноокислый натрий  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  - нейтральный, дешёвый осушитель, обладающий высокой способностью к адсорбции воды: при температуре ниже 32,4 °С 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 серноокислую 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 пересчёт 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.

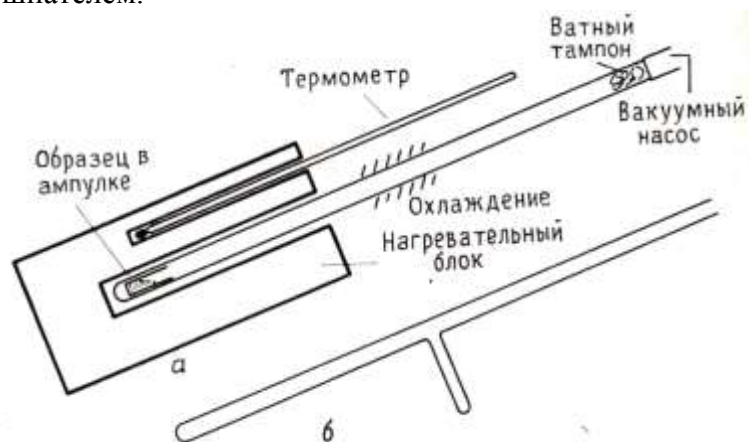


Рис.5. а – сублимация микроколичеств с использованием нагревательного блока, б – трубка для перегонки микроколичеств.

### 2.6. Определение температуры плавления

Для идентификации кристаллического вещества определяют его температуру плавления.

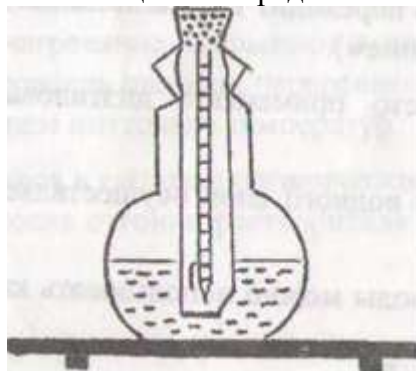


Рис. 6. Прибор для определения точки плавления

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 (съёживаться), 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.

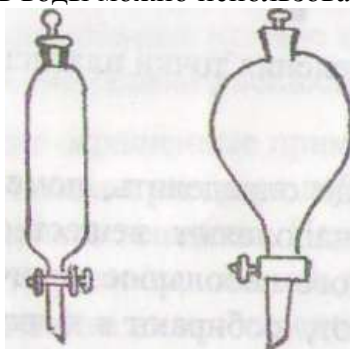


Рис.7 Воронки для экстракции органических веществ

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.

Объём колбы должен соответствовать предполагаемому количеству вещества, содержащемуся в вытяжке. Вытяжка должна занимать не более 2/3 объёма 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, гелевую 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 (используют 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: многоразового использования и одноразовые.



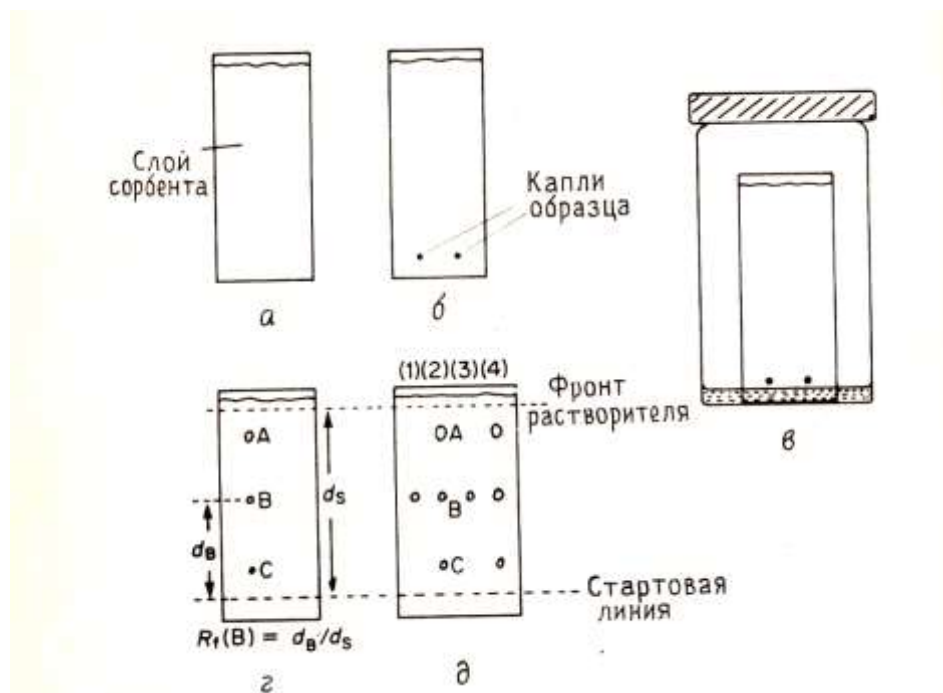


Рис.8. Тонкослойная хроматография.

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 достаточно 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.

### **г) 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 концентрации 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 перекрывание 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.

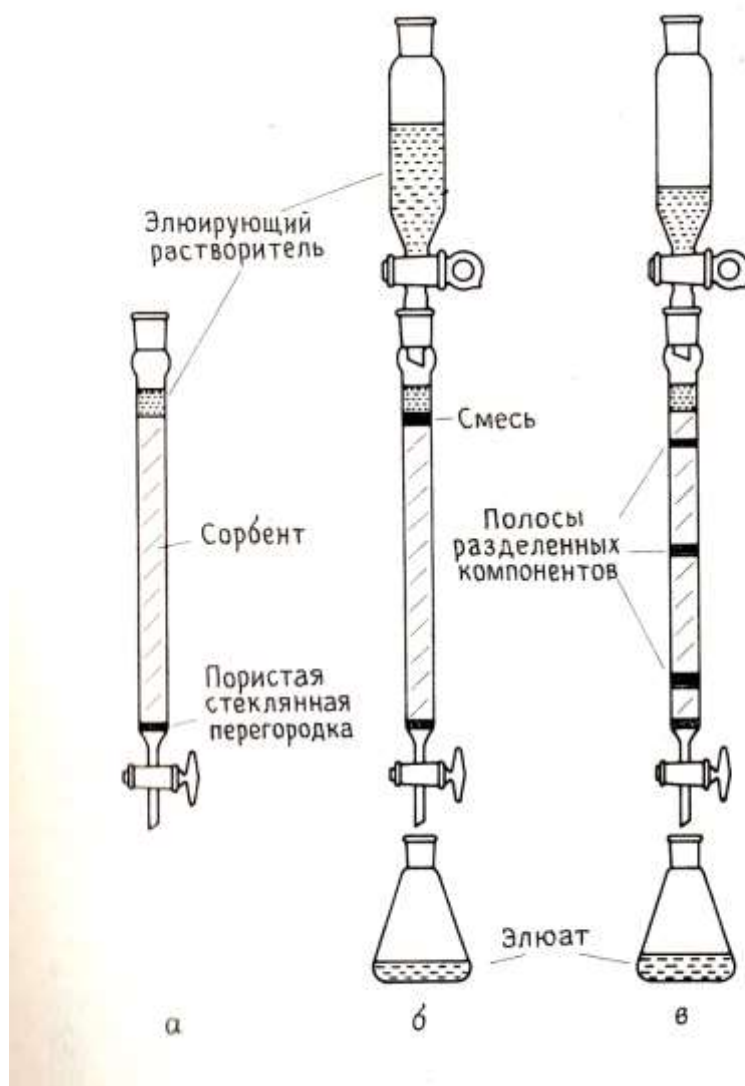


Рис.9. Колоночная хроматография (с «гравитационным» элюированием т. е. под действием собственной силы тяжести)

### 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 (ROH), амины (RNH<sub>2</sub>) или карбоновые кислоты (RCO<sub>2</sub>H), продвигаются медленнее, чем менее полярные соединения, такие, как альдегиды и кетоны (RCOR'), эфиры (R<sub>2</sub>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 непременным 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).

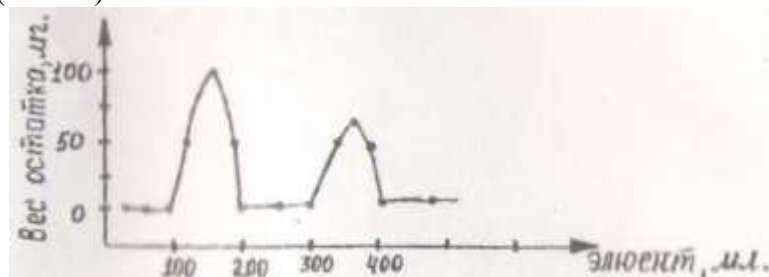


Рис. 10. Пример выходной кривой.

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 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).

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 прорыв 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  $n = 1,5379$ .

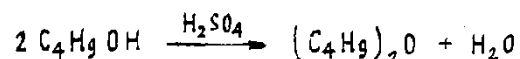
### 3. Ароматические соединения, методы получения, реакции замещения в ароматическом кольце и другие реакции аренов

#### 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.

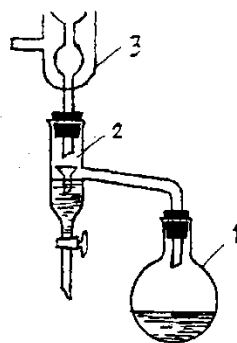
В круглодонную колбу вместимостью 200 мл с водоотделителем и обратным холодильником наливают 20 г н-бутилового спирта и при размешивании прибавляют 5,6 мл концентрированной серной кислоты. Затем вносят "кипелки" и смесь осторожно кипятят. Через 3-3,5 ч измеряют количество выделившейся воды. Нагревание 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.

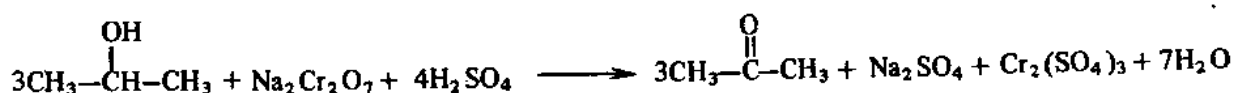
Эфиры перегонать досуха нельзя, так как они содержат перекиси, которые при перегонке досуха могут взорваться.



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°C.

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°C,  $\rho_4^{30} = 0,7908$ ,  $n_D^{20} = 1,3590$ .

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>2</sup>

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. пропанола с гидроксидом меди (II)
2. пропанона-2 с водородом
3. этанола 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  $\text{HNO}_4$
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 – кетокарбоновых кислот

23. Верны ли следующие утверждения:

А. Алифатические альдегиды вступают в реакцию Канницара 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%

## 1. 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

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>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<i>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</i> аудитория № 402 (Учебный корпус, Мингажева, 100)	Лекции	Учебная мебель, доска.
<i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</i> аудитория № 402 (Учебный корпус, Мингажева, 100)	Практические занятия	Учебная мебель, доска.
<i>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</i> аудитория № 405 (Учебный корпус, Мингажева, 100)	Лекционные, практические занятия	Ноутбук, Мультимедиа проектор Mitsubishi EX 320U Экран Dinon Electric L150*200 MW доска, мел, тряпка
<i>учебная аудитория для занятий семинарского типа:</i> аудитория № 504. Учебная лаборатория  аудитория № 505 Учебная лаборатория (Учебный корпус, Мингажева, 100)	Лабораторный практикум, выполнение лабораторных работ	<b>Аудитория № 504.</b> Лабораторная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, Шкаф вытяжной химический, весы ВК-600, колба нагреватель ПЭ-4120М, озонатор ТЛ-5К, сушильный шкаф, лабораторная посуда, лабораторные штативы <b>Аудитория № 505.</b> Лабораторная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, шкаф вытяжной химический, аквадистиллятор, установки для перегонки и кристаллизации, прибор для электролиза, лабораторные регуляторы напряжения колба нагреватели 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
<i>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</i> аудитория № 403 (Учебный корпус, Мингажева, 100)	Итоговое и промежуточное тестирование	<b>Аудитория № 403</b> Учебная мебель, доска, коммутатор HP V1410-24G, персональный компьютер в комплекте Lenovo ThinkCentre All-In-One - 12 шт. персональный компьютер Моноблок баребон ECS G11-21ENS6B 21.5 G870/2GDDR31333/320G SATA/DVD+RW - 12 шт., сервер №2 Depo Storm1350Q1, коммутатор Hewlett Packard HP V1410-8 G <b>Программное обеспечение:</b> 1. Учебный класс АРМ Win Machine на 24 сетевых учебных лицензий (+2 преподавательских лицензий). Договор №263 от 07.12.2012 г. 2. Учебный Комплект Компас-3D V13 на 50 мест. Проектирование и конструирование в машиностроении (лицензия). Договор №263 от 07.12.2012 г. 3. Учебный Комплект программного обеспечения Расчетно-информационная система Электронный справочник Конструктора, редакция 3 на 50 мест, лицензия. Договор №263 от 07.12.2012 г.
<i>помещения для самостоятельной работы:</i> библиотека, аудитория № 201 (Учебный корпус, Мингажева, 100) Читальный зал, аудитория № 201 (физико-математический корпус)	Самостоятельная подготовка практическим занятиям, коллоквиумам, контрольным работам	<b>Аудитория № 201 (корпус ИФ)</b> PentiumG2130/4Гб/500Гб/21,5"/Кл/мышь ПК в компл. Фермо Intel Intel PentiumG2130/4Гб/500Гб/21,5"/Кл/мышь <b>Аудитория № 201 (главный корпус)</b> PentiumG2130/4Гб/500Гб/21,5"/Кл/мышь -50 шт. ПК в компл. Фермо Intel. Фермо Intel Моноблок №1 Фермо AMD A8-5500 – 50 шт.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Органическая химия на 4 семестр

Очная форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	7/252
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	48
практических/ семинарских	16
лабораторных	80
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	44,5
Учебных часов на подготовку к экзамену	61,8

Форма контроля:

Экзамен 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Основные понятия органической химии. Методы выделения, очистки и идентификации органических соединений. Структурные фрагменты, гомологические ряды, электронные представления, классификация реагентов	2			5	Основная 1, кн. 4 Дополнительная 5, т.2, с. 5-35	Основная 1, кн. 4 Дополнительная 5, т.2, с. 27-35	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, цикlopentана и циклобутана. Особенности химии	8	2	10	8	Основная 1, кн. 3 с.166-194 Дополнительная 9, с. 534-569	Основная 1, кн. 3 с.195-212 Дополнительная 9, с. 534-569 Методички (номера заданий указываются преподавателем)	СР2 Кол1



	циклопропана и макроциклов. Полициклические насыщенные углеводороды, спирааны, 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	2	10	8	Основная 1, кн. 3 с.214-243 Дополнительная 6.,с. 318	Основная 1, кн. 3 с.243-248 Дополнительная 6.,с. 318 Методички (номера заданий указываются преподавателем)	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	8	2	10	8	Основная 1, кн. 3 с.325-408 Дополнительная 9, с. 676-611	Основная 1, кн. 3 с. 325-408 Дополнительная 9, с. 676-611 Методички (номера заданий указываются преподавателем)	СР4 Кол2 Ауд КР№1 (по пп.2-4 программы) ДКР 1

	<p>об изопреноидах, кумуленах. <b>Алкины.</b> Строение, номенклатура. Методы получения дегалогенированием и дегидрогалогенированием. Промышленные методы получения ацетиена. Химические свойства. Реакции присоединения, замещения водорода в концевых ацетиенах, реагенты Йоцыча и Йоцыча-Преображенского. Реакции винилирования (оксосинтез, реакция Реппе, взаимодействие с другими реагентами), реакции циклоприсоединения</p>							
5	<p><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-</p>	6	2	10	9	<p>Основная 1, кн. 3 с. 273-324 Дополнительная 5, т.2, с.422-463 9, с. 676-611</p>	<p>Основная 1, кн. 3 с.273-324 Дополнительная 5, т.2, с.422-463 9, с. 676-611 Методички (номера заданий указываются преподавателем)</p>	<p>СР5 Кол3</p>

	бензолы. Полиароматические системы (бифенил, нафталин, фенантрен).							
6	<p><b>Галогенпроизводные углеводородов.</b></p> <p>Моногалогенпроизводные алифатического ряда. Методы получения присоединением галогеноводородов к кратным связям, замещение гидроксифункции. Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода (<math>S_N2</math>, <math>S_N1</math>, <math>S_N2'</math>, <math>S_{Ni}</math>) 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. 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>	6	2	10	8	Основная 1, кн. 3 с.166-270 Дополнительная 6, с. 298-315	Основная 1, кн. 3 с.166-270 Дополнительная 6, с. 298-315 Методички (номера заданий указываются преподавателем)	Кол4 АКР №2 (п.п.5-6) ДКР №2

	<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. Алюминий 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, полиэтиленгликоль, глицерин. Аллиловые и бензиловые спирты.</p>	4	2	10	8	Дополнительная 5, т.2, с. 367-403	Дополнительная 5, т.2, с. 398-403 Методички (номера заданий указываются преподавателем)	СР6

	Особенности химического поведения, аллильная перегруппировка.							
8	Гидроксипроизводные ароматических углеводородов. 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, флоглолюцин, 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	2	10	8	Дополнительная 5, т.2, с. 383-396	Дополнительная 5, т.2, с. 383-396 Методички (номера заданий указываются преподавателем)	СР7 Кол 5
9	<b>Карбонильные соединения.</b> Строение, номенклатура. Получение окислением алканов, спиртов, олефинов, озонлиз. Гидролиз дигалогенпроизводных, реакция Сомле. Восстановление карбоновых кислот и их	6	2	10	8	Основная 1, кн. 3 с.166-270 Дополнительная 6, с. 298-315	Основная 1, кн. 3 с.166-270 Дополнительная 6, с. 298-315 Методички (номера заданий указываются)	СР8 Кол 6 АКР №3 (п.п. 7-9) ДКР №3

	<p>производных, синтез через реагенты Гриньяра, пиролиз солей карбоновых кислот. Синтез ароматических карбонильных соединений. Химические свойства карбонильных соединений. Реакции с 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>						преподавателем)	
10	Подготовка к экзамену				34,8			
	Контактные часы на аттестацию				3,2			
	<b>Всего часов: 252</b>	48	16	80	108			

Принятые сокращения: лекция – ЛК, лабораторные занятия – ЛР, коллоквиум – КЛ, самостоятельные работы – СР, КР- контрольная работа, решение задач – З.

## Рейтинг-план дисциплины

### Органическая химия

Направление 04.03.02 «Химия, физика, механика материалов, профиль Медицинские и биоматериалы

курс 2 семестр 2

Количество часов по учебному плану 252, в т.ч. аудиторная работа 146ч., самостоятельная работа 61.8ч.

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 Ациклические углеводороды (алканы, алкены, алкины)</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>13</b>		<b>0</b>	<b>13</b>
1. Аудиторная работа: активная работа на лекциях				
2. Тестовый контроль: написание самостоятельных работ	1,0	4	0	4
2.1. номенклатура алканов	1,0	1	0	1,0
2.2. методы синтеза и химичес-кие свойства алканов и цикло-алканов	1,0	1	0	1,0
2.3. синтез и свойства алкенов	1,0	1	0	1,0
2.3 синтез и свойства алкади-енов и алкинов	1,0	1	0	1,0
3.Выполнение лабораторных работ.	1	3		3
4.Коллоквиумы:	3	2	0	6
4.1 Синтез и химические свойства алканов и циклоалканов	3	1	0	3
4.2 Синтез и свойства алкенов, диенов и алкинов	3	1	0	3
<b>Рубежный контроль</b>	<b>7</b>			<b>7</b>
1. Письменная контрольная работа	6	1	0	6
2. Индивидуальная контрольная работа	1	1	0	1
<b>Модуль 2 Химия ароматических углеводородов</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>11</b>		<b>0</b>	<b>11</b>
1. Аудиторная работа, активность работы на лекциях				
2.Тестовый контроль:	1,0	2	0	2

написание самостоятельных работ				
2.1. Синтез и свойства бензола и его производных	1,0	1	0	1,0
2.2. Синтез и свойства поли-циклических ароматических соединений	1,0	1	0	1,0
3...Выполнение лабораторных работ.....	1	2	0	2
64Коллоквиумы	4	2	0	7
4.1 Синтез и свойства бензола и его производных	4	1	0	4
4.2. Полициклические ароматические соединения	3	1	0	3
<b>Рубежный контроль</b>	<b>7</b>		<b>0</b>	<b>7</b>
1.Письменная контрольная работа.	7	1		7
<b>Модуль 3 функциональные производные углеводов</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>11</b>			<b>11</b>
1.Аудиторная работа (активность работы на лекциях)	0			
2.Тестовый контроль:	1,0	2	0	2
написание самостоятельных работ	1,0	1	0	1,0
2.1. Синтез и свойства алифатических спиртов	1,0	1	0	1,0
2.2. Синтез и свойства гидроксипроизводных ароматического ряда	1,0	1	0	1,0
3.Выполнение лабораторных работ.....	1	2		2,0
4.1 Коллоквиумы «Синтез и свойства галогенпроизводных углеводов»	4	2	0	7
	3	1	0	3
4.2 Синтез и свойства гидроксипроизводных	4	1	0	4
<b>Рубежный контроль</b>	<b>8</b>		<b>0</b>	<b>8</b>
1. Письменная контрольная работа	7	1	0	7
2. Индивидуальная контрольная работа	1	1	0	1
<b>Модуль 4. Карбонильные соединения</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>5</b>			<b>5</b>



1. Аудиторная работа (активная работа на лекциях)				
2. Тестовый контроль: написание самостоятельных работ	1,0	1	0	1,0
2.1 Синтез и свойства карбо-нильных соединений	1,0	1	0	1,0
3. Выполнение лабораторных работ.....	1,0	1		1,0
4. Коллоквиум «Синтез и свойства карбонильных соединений»	2	1		2
<b>Рубежный контроль</b>	8		<b>0</b>	8
1. Письменная контрольная работа	7	1	0	7
2. Индивидуальная контрольная работа	1	1	0	1
Не посещение лекций				-6
Не посещение практических занятий				-10
<b>Итоговый контроль</b>				
2. Экзамен	30	1	0	30
<b>Поощрительные баллы:</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
1. Студенческая олимпиада				
2. Публикация статей				
3. Работа со школьниками (кружок, конкурсы, олимпиады)				