

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФИО: Смирнов Сергей Николаевич

Должность: врио ректора

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Дата подписания: 09.08.2023 12:27:04

Уникальный программный ключ:

69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

28 апреля 2021 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## Методы синтеза органических соединений

**Направление подготовки**

04.03.01 Химия

**Направленность (профиль)**

Перспективные материалы: синтез и анализ

Для студентов 3 курса очной формы обучения

Составитель: к.х.н., доцент Темникова С.А. \_\_\_\_\_

Тверь, 2021

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины:**

К числу наиболее актуальных проблем современного естествознания в настоящее время относится синтез многофункциональных органических молекул, обладающих полезными свойствами для практического применения. Этому способствуют широкие возможности разнообразных инновационных технологий в плане компьютерного дизайна молекул и их спектрального анализа. С развитием теоретических представлений и экспериментальной базы органической химии исследователи перешли к синтезу принципиально новых классов соединений, отсутствующих в природе. Одновременно также разрабатывались методы синтеза сложных природных веществ.

Необходимость введения дисциплины «Методы синтеза органических соединений» в учебный план обусловлена тем, что будущий химик должен не только владеть теоретическим материалом по органической химии, но и освоить важнейшие приемы эксперимента, уметь разработать схему синтеза, произвести необходимые расчеты и осуществить синтез органических соединений различных классов.

**Целью** изучения дисциплины является формирование у студентов компетенций, позволяющих разрабатывать схему синтеза и осуществлять синтез органических соединений, выделять и идентифицировать продукты.

#### **Задачи:**

- изучение основных приёмов планирования синтеза;
- освоение техники эксперимента, методов выделения, очистки и идентификации целевого соединения;
- развитие практических навыков планирования и осуществления синтеза органических соединений;
- формирование у студентов основ профессионального мышления и безопасной работы при синтезе и анализе органических соединений.

Лекционному курсу сопутствуют лабораторные занятия с целью закрепления соответствующих разделов теоретического материала и приобретения практических навыков при решении проблем, связанных с разработкой схем синтеза органических соединений, осуществлением синтеза, выделением и анализом полученных соединений.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Учебная дисциплина «Методы синтеза органических соединений» входит в Элективные дисциплины 1 Части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. «Дисциплины» учебного плана.

Содержательно в ней рассматриваются различные подходы к планированию синтеза, важнейшие методы синтеза органических соединений, способы выделения, анализа и идентификации органических соединений. В процессе лабораторных занятий студенты овладевают способами

самостоятельного планирования и осуществления синтеза органических соединений различных классов.

Для успешного освоения дисциплины студентам необходимы знания, умения и навыки, полученные при освоении дисциплин «Органическая химия», «Эксперимент в органической химии». Освоение данной дисциплины будет способствовать успешному усвоению материала последующих дисциплин: «Прикладная органическая химия», «Теоретические основы органической химии».

**3. Объем дисциплины: 3 зачетные единицы, 108 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 18 часов, лабораторные работы 36 часов;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы – 10 часов;

**самостоятельная работа: 44 часа.**

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР  ПК-1.2 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР  ПК-1.3 Готовит объекты исследования
ПК-2 Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы	ПК-2.1 Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)  ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения:**

зачет в 6-м семестре.

**6. Язык преподавания русский.**

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа, в том числе контроль (час.)
		Лекции	Лабораторные работы	Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)	
<b>Тема 1. Современное состояние и перспективы развития органического синтеза.</b> Принципы и проблемы органического синтеза. Основные тенденции развития органического синтеза. Практическая направленность и фундаментальное значение. Методология органического синтеза. Стратегия синтеза. Роль планирования в синтезе. Варианты стратегии. Линейный и конвергентный подходы. Органические реакции и синтетические методы. Оптимизация классических и разработка новых синтетических методов. Ретросинтетический анализ.	16	4	-	2	10

<p><b>Тема 2. Методы современного органического синтеза.</b>  Органическая реакция и синтетический метод  Способы образования новой С–С связи.  Сокращение углеродной цепи.  Реакции циклизации и раскрытия циклов.  Перегруппировки.  Введение и обмен функциональных групп.</p>	26	8	4	2	12
<p><b>Тема 3. Методология эксперимента.</b>  Планирование, подготовка и проведение эксперимента.  Качество реагентов и растворителей. Стандартное оборудование. Ведение лабораторного журнала.  Методы выделения и очистки органических веществ.  Определение важнейших констант органических соединений.  Правила безопасной работы в химической лаборатории органического синтеза.</p>	28	4	10	2	12
<p><b>Тема 4. Выполнение синтетических работ по основным направлениям органического синтеза.</b>  Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду.  Реакции ацилирования.  Электрофильное замещение в ароматическом ряду.  Реакции диазотирования и азосочетания.  Синтезы с помощью реактива Гриньяра.</p>	38	2	22	4	10
<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>44</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
<p><b>Тема 1. Современное состояние и перспективы развития органического синтеза.</b>            Принципы и проблемы органического синтеза.            Основные тенденции развития органического синтеза. Практическая направленность и фундаментальное значение.            Методология органического синтеза. Стратегия синтеза.            Роль планирования в синтезе. Варианты стратегии. Линейный и конвергентный подходы.            Органические реакции и синтетические методы.            Оптимизация классических и разработка новых синтетических методов.            Ретросинтетический анализ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p><b>Тема 2. Методы современного органического синтеза.</b>            Органическая реакция и синтетический метод            Способы образования новой С–С связи.            Сокращение углеродной цепи.            Реакции циклизации и раскрытия циклов.            Перегруппировки.            Введение и обмен функциональных групп.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

<p><b>Тема 3. Методология эксперимента.</b>  Планирование, подготовка и проведение эксперимента.  Качество реагентов и растворителей. Стандартное оборудование. Ведение лабораторного журнала.  Методы выделения и очистки органических веществ.  Определение важнейших констант органических соединений.  Правила безопасной работы в химической лаборатории органического синтеза.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p><b>Тема 4. Выполнение синтетических работ по основным направлениям органического синтеза.</b>  Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду.  Реакции ацилирования.  Электрофильное замещение в ароматическом ряду.  Реакции diazotирования и азосочетания.  Синтезы с помощью реактива Гриньяра.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

**IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

**РАССЧЕТ БАЛЛОВ**  
**по дисциплине «Методы синтеза органических соединений»**  
**1 модуль**

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ПК-1.1	Лекции 1-2	<b>10 баллов</b>
2	ПК-1.1 ПК-1.3 ПК-2.1	Контрольное задание №1 «Ретросинтетический анализ»	<b>10 баллов</b>
3	ПК-2.2	Контрольное задание №2 «Конструктивные и деструктивные реакции. Составление схем синтезов»	<b>15 баллов</b>
4		Самостоятельная работа. Решение упражнений по ретросинтетическому анализу. Составление схем синтезов. Расчет синтеза.	<b>15 баллов</b>
		<b>Итого за 1 модуль</b>	<b>50</b>

**2 модуль**

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ПК-1.1	Лекции 3-8	-
2	ПК-1.1 ПК-1.3 ПК-2.1 ПК-2.2	Лабораторная работа № 1 Лабораторная работа № 2 Лабораторная работа № 3 Лабораторная работа № 4	<b>5 баллов</b> <b>10 баллов</b> <b>10 баллов</b> <b>10 баллов</b>
3		Самостоятельная работа. Аналитические обзоры литературы по современным направлениям органического синтеза	<b>15 баллов</b>
		<b>Итого за 2 модуль</b>	<b>50</b>
		<b>Итого за семестр</b>	<b>100 баллов</b>



## Текущий контроль успеваемости

Контрольные задания по теме  
«Ретросинтетический анализ»

*Пример*

Используя трансформации расчленения и изменения функциональных групп, составьте план синтеза следующих соединений:

- 2-фенилбутин-3-ол-2;
- гександион-2,5;
- 3-фенилпропановая кислота;
- 5-оксо-5-фенилпентаналь;
- 4-метилгексанол-3.

Контрольные задания по теме  
«Расчет синтеза органического соединения»

*Пример*

1. Рассчитайте синтез 2,4,6-триброманилина и выход продукта на 0,02 моль анилина по приведённой ниже методике (Храмкина М.Н. Практикум по органической химии. Л.: Химия, 1988).

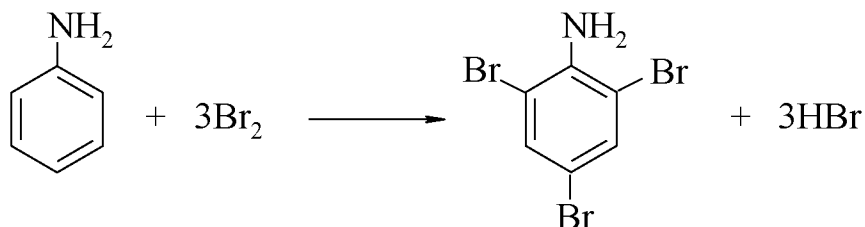
2. Рассчитайте синтез 2,4,6-триброманилина для получения 20 грамм вещества по приведённой ниже методике

Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду

Бромирование

Синтез 2,4,6-триброманилина

*Основная реакция:*



*Реактивы, посуда и приборы:*

Анилин	2,55 г	Колба плоскодонная широкогорлая (250 мл)
(свежеперегнаный)	(2,5 мл)	Стакан (100 мл)
Бром	15 г	Воронка капельная
	(4,8 мл)	Баня водяная
Бромид калия	9 г	Колба коническая (150 мл)

Этанол	150 мл	Холодильник обратный
Соляная кислота ( $\rho=1,19$ г/мл)		Колба Бунзена
Гидроксид калия (10%-ный раствор)		Воронка Бюхнера Баня песчаная

*Сборка приборов:*

1. Прибор для синтеза состоит из плоскодонной широкогорлой колбы и капельной воронки.
2. Прибор для кристаллизации, состоящий из конической колбы и обратного холодильника.

*Выполнение синтеза:* (Работу проводить в вытяжном шкафу!)

В широкогорлой плоскодонной колбе (прибор 1) вместимостью 250 мл растворяют 2,5 мл анилина в 75 мл воды, содержащей 2,5 мл концентрированной соляной кислоты. В стакане растворяют в 50 мл воды 9 г бромида калия и 4,8 мл брома при перемешивании. Полученный прозрачный раствор выливают в капельную воронку, помещенную над реакционной колбой. Постепенно, по каплям приливают его в течение 30 мин в реакционную смесь при энергичном помешивании. Реакция должна проходить при комнатной температуре. После окончания реакции окраска брома исчезает и выпадает осадок триброманилина. Его отделяют на воронке Бюхнера, промывают на фильтре 10%-ным раствором гидроксида калия, а затем большим количеством воды. Еще влажный триброманилин очищают от примесей кристаллизацией из горячего спирта (около 150 мл) (прибор 2). Для кристаллизации спиртовой раствор помещают в ледяную баню на 1 ч, а затем осадок отделяют на воронке Бюхнера и сушат на воздухе.

Выход 7 г (77% от теоретического).

2,4,6-Триброманилин — бесцветное кристаллическое вещество; растворим в эфире, хлороформе, трудно растворим в этиловом спирте, нерастворим в воде.  $T_{пл}=119-120^{\circ}\text{C}$ .

## Промежуточная аттестация

### Вопросы к зачёту

1. Основные тенденции развития органического синтеза.
2. Ретросинтетический анализ. Понятие о синтонах.
3. Роль планирования в синтезе. Линейный и конвергентный подходы.
4. Органические реакции и синтетические методы. Примеры.
5. Взаимопревращения функциональных групп. Примеры синтезов.
6. Защита функциональных групп. Примеры синтезов.
7. Селективность органических реакций.
8. Способы образования новой С–С связи.
9. Сокращение углеродной цепи.
10. Перегруппировки. Перегруппировки с сохранением углеродного скелета.
11. Перегруппировки с расщеплением углеродного скелета.
12. Построение циклических структур. Специфика задач при синтезе циклических структур.
13. Методы выделения и очистки органических веществ.
14. Стандартное оборудование для органического синтеза.
15. Способы идентификации органических соединений
16. Расчет синтеза органического соединения.

### РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

Распределение тем дисциплины, форм оценивания работы студентов  
по модулям

Максимальное количество баллов – 100

Модуль 1

Формы работы	Баллы за работу	Общее кол-во баллов
Лекции 1-2	10	50
Контрольное задание №1 «Ретросинтетический анализ»	10	

Контрольное задание №2 «Конструктивные и деструктивные реакции. Составление схем синтезов»	15	
Самостоятельная работа. Решение упражнений по ретросинтетическому анализу. Составление схем синтезов. Расчет синтеза.	15	

## Модуль 2

Формы работы	Баллы за работу	Общее кол-во баллов
Лекции 8-9	-	50
Лабораторная работа №1 «Планирование синтеза» (Индивидуальное задание)	5	
Лабораторная работа №2 «Подготовка исходных соединений и оборудования» (Работа в парах)	10	
Лабораторная работа №3 «Синтез органического соединения» (Работа в парах по заданиям)	10	
Лабораторная работа №4 «Выделение, очистка и идентификация полученного соединения» (Работа в парах)	10	
Самостоятельная работа. Аналитические обзоры литературы по современным направлениям органического синтеза	15	

### Примеры заданий для промежуточного контроля

Задание 1. Предложите варианты расчленения целевой молекулы 3-гидрокси-3-фенилпентина-1 по связям С–С. Выберите оптимальный путь и дайте объяснения.

Задание 2. Предложите схему синтеза *цис*-β-бензоилакриловой кислоты из метана и толуола.

Задание 3. Синтезы без изменения длины и строения углеродного скелета. Предложите схему синтеза: а) бутиламина из бутанола -1; б) пропаналя из 2-хлорпропана.

Задание 4. Синтезы с увеличением длины углеродной цепи на один атом углерода.

Спланируйте синтез пропанола-1, используя в качестве исходного органического соединения этан и любые неорганические реагенты.

Задание 5. Синтезы с увеличением длины углеродной цепи на любое число атомов углерода.

Из 1-бромпропана синтезируйте дипропилкетон.

Задание 6. Синтезы ароматических соединений.

Из бензола и неорганических соединений синтезируйте *o*- и *m*-аминофенолы.

Задание 7. Синтезы ароматических соединений.

Из ацетилен и любых неорганических реагентов синтезируйте 2-амино-1-фенил-пропандиол-1,3 – промежуточный продукт синтеза антибиотика хлоромитетина. В ходе синтеза используйте один из вариантов конденсации ароматических альдегидов по типу реакции Кольбе-Шмидта.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **1) Рекомендуемая литература**

#### **A. Основная литература**

1. Реутов О.А. Органическая химия: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности "Химия": в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 2-е изд., испр. – М : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 722с., <http://82.179.130.21//Texts/1002354оно.pdf>

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Практикум по органической химии / В.И. Теренин и др.; под редакцией академика РАН Н.С. Зефирова. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
2. Титце Л., Айхер Т. Препаративная органическая химия. М.: Мир, 2009.
3. Смит В.А., Дильман А.Д. Основы современного органического синтеза. М.: Бином, 2009.
4. Смит В., Бочков А., Кейпл Р. Органический синтез. М.: Мир, 2001.
5. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. М.: Химия, 1991.
6. Практикум по органической химии /Под ред. О.Ф. Гинзбурга, А.А. Петрова. М.: Высш. шк., 1989.
7. Райд К. Курс физической органической химии. М.: Мир, 1972.
8. Пальм В. Введение в теоретическую органическую химию. М.: Высш. шк., 1974.
9. Беккер Г. Введение в электронную теорию органических молекул. М.: Мир, 1974.
10. Костиков Р.Р., Беспалов В.Е. Основы теоретической органической химии. Л.: Химия, 1982.

11. Рейнгард В., Хофман В. Механизмы химических реакций. М.: Химия, 1979.
12. Марч Дж. Органическая химия. М.: Мир, 1987–1988. Т. 1–4.
13. Керри Ф., Сандберг Р. Углубленный курс органической химии. М.: Химия, 1981.
14. Джексон Р.А. Введение в изучение механизма органических реакций. М.: Химия, 1978.

## **2) Программное обеспечение**

- а) Лицензионное программное обеспечение:
  - Microsoft Office профессиональный плюс 2013
  - Microsoft Windows 10 Enterprise
  - HyperChem
- б) Свободно распространяемое программное обеспечение
  - Google Chrome

## **3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

- ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

## **4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Виртуальная образовательная среда ТвГУ (<http://moodle.tversu.ru>)
2. Научная библиотека ТвГУ (<http://library.tversu.ru>)

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

### **Учебная программа дисциплины**

#### **Тема 1. Современное состояние и перспективы развития органического синтеза.**

Принципы и проблемы органического синтеза. Основные тенденции развития органического синтеза. Практическая направленность и фундаментальное значение. Методология органического синтеза. Стратегия синтеза. Роль планирования в синтезе. Варианты стратегии. Линейный и конвергентный подходы. Органические реакции и синтетические методы. Оптимизация классических и разработка новых синтетических методов. Ретросинтетический анализ. Примеры синтезов сложных органических соединений.

#### **Тема 2. Методы современного органического синтеза.**

Органическая реакция и синтетический метод. Образование C–C связи: ключевая тактическая проблема органического синтеза. Способы образования новой C–C связи. Металлоорганический синтез: реакции Вюрца-Шорыгина и Вюрца-Фиттига, натрийацетиленовый синтез, реакция Ульмана, реакция Реформатского, магний- и литийорганический синтез. Реакции конденсации: реакции Фаворского, Реппе, Фриделя-Крафтса, реакция хлорметилирования, альдольная и кротоновая конденсация, конденсация Кляйзена-Шмидта, оксинитрильный синтез, реакция Арндта-Эйстера-Вольфа.

Сокращение углеродной цепи. Декарбоксилирование, декарбонилирование, синтезы с участием гидросиламина, отщепление метана, окисление, галоформные реакции, перегруппировка Гофмана, расщепление производных ацетоуксусного эфира, крекинг.

Реакции циклизации и раскрытия циклов. Циклизация без изменения количества атомов углерода: реакция Дикмана, внутримолекулярная реакция Вюрца, декарбоксилирование солей двухосновных кислот. Реакции циклоприсоединения с удлинением цепи: внутримолекулярные циклизации - реакция Фриделя-Крафтса, реакция Бишлера-Напиральского, синтез Скраупа,

синтез индолов. Межмолекулярная конденсация: реакции с участием диаминов и гликолей. Реакции циклоприсоединения. Раскрытие циклов.

Перегруппировки. Перегруппировки с сохранением углеродного скелета: аллильная перегруппировка, перемещение тройной связи и функциональной группы, реакция Вильгеродта, перегруппировка Фаворского. Перегруппировки с построением углеродного скелета: перегруппировки Фриса и Кляйзена, бензидиновая перегруппировка. Перегруппировки с расщеплением углеродного скелета: гофмановское расщепление амидов кислот, перегруппировка Бекмана, реакция Шмидта. Перегруппировки с перестройкой углеродного скелета: перегруппировка Вагнера-Меервейна, пинаколиновая перегруппировка, ретропинаколиновая перегруппировка, изомеризация углеводов.

Введение и обмен функциональных групп. Введение двойной и тройной углерод-углеродной связей, введение атомов галогена, введение гидроксильной, карбонильной, карбоксильной, сложноэфирной и нитрильной групп, синтез галогенангидридов и ангидридов карбоновых кислот, введение нитрогруппы, аминогруппы, сульфогруппы.

### **Тема 3. Методология эксперимента.**

Планирование, подготовка и проведение эксперимента. Качество реагентов и растворителей. Стандартное оборудование. Ведение лабораторного журнала.

Методы выделения и очистки органических веществ. Приборы для экстрагирования. Способы перегонки. Перегонка при атмосферном давлении. Перегонка с водяным паром, перегонка в вакууме. Очистка твердых веществ перекристаллизацией из воды и органических растворителей. Возгонка (сублимация). Определение важнейших констант органических соединений: температура кипения, температура плавления, плотность, показатель преломления.



Правила безопасной работы в химической лаборатории органического синтеза. Первая помощь при ожогах, отравлениях, порезах стеклом. Тушение местных загораний и горящей одежды.

#### **Тема 4. Выполнение синтетических работ по основным направлениям органического синтеза.**

Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду. Общая характеристика методов введения галогена в алифатическую цепь. Обзор методов ацилирования. Механизмы реакций. Синтез галоидных алкилов и алкилацетатов. Обзор методик, планирование эксперимента, синтез и выделение целевого продукта из реакционной смеси, побочные реакции, спектральная характеристика.

Электрофильное замещение в ароматическом ряду. Общая характеристика методов нитрования и галогенирования ароматических соединений. Механизмы реакций. Синтез *n*-нитроацетанилида и *n*-йоданилина. Обзор методик, планирование эксперимента, синтез и выделение целевого продукта из реакционной смеси, побочные реакции, спектральная характеристика. Альтернативные синтезы: нитробезол, *o*- и *n*-нитрофенолы, *n*-нитроанилин, *m*-нитробензойная кислота.

Общая характеристика методов диазотирования и азосочетания. Механизмы реакций. Синтез йодбензола и метилоранжа. Обзор методик, планирование эксперимента, синтез и выделение целевого продукта из реакционной смеси, побочные реакции, спектральная характеристика. Альтернативные синтезы: фенол, *n*-крезол, хлорбензол, метиловый красный, конго красный.

Синтезы с помощью магнийорганических соединений. Типы магнийорганических соединений. Реактивы Гриньяра. Получение реактивов Гриньяра и использование их в органическом синтезе.

## Типовые задания для оценивания результатов сформированности компетенций

Пример задания для оценки знаний, умений, навыков	Шкала оценивания
<p>I. Установите соответствие между продуктом и реагентами, необходимыми для его получения из бензола. Учитывайте порядок введения нового заместителя. Каждой цифре из первого столбца поставьте в соответствие букву из второго столбца.</p> <p>Продукт:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. метил(3-нитрофенил)кетон;</li> <li>2. 3-бромбензальдегид;</li> <li>3. 3-нитробензойная кислота;</li> <li>4. 4-нитробензойная кислота.</li> </ol> <p>Реагенты и порядок их введения:</p> <p>А. <math>\text{CH}_3\text{Cl}</math>, <math>\text{AlCl}_3</math>; <math>\text{KMnO}_4</math>, <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>; <math>\text{HNO}_3</math>, <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>;</p> <p>Б. <math>\text{CH}_3\text{Cl}</math>, <math>\text{AlCl}_3</math>; <math>\text{HNO}_3</math>, <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>; <math>\text{KMnO}_4</math>, <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>;</p> <p>В. <math>\text{CH}_3\text{COCl}</math>, <math>\text{AlCl}_3</math>; <math>\text{HNO}_3</math>, <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>;</p> <p>Г. <math>\text{HNO}_3</math>, <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>; <math>\text{CH}_3\text{COCl}</math>, <math>\text{AlCl}_3</math>;</p> <p>Д. <math>\text{CO}</math>, <math>\text{HCl}</math>, <math>\text{AlCl}_3</math>; <math>\text{Br}_2</math>, <math>\text{FeBr}_3</math>;</p> <p>Е. <math>\text{CH}_3\text{CHO}</math>, <math>\text{AlCl}_3</math>; <math>\text{Br}_2</math>, <math>\text{FeBr}_3</math>.</p> <p>II. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для превращения салициловой кислоты в ацетилсалициловую выберите наиболее подходящий реагент. <ol style="list-style-type: none"> <li>А. ацетальдегид;</li> <li>Б. уксусный ангидрид;</li> <li>В. ацетилацетон;</li> <li>Г. уксусная кислота;</li> <li>Д. этилацетат.</li> </ol> </li> <li>2. В органическом синтезе часто применяют защиту функциональных групп. Для защиты альдегидной группы используют: <ol style="list-style-type: none"> <li>А. образование оксимов;</li> <li>Б. реакцию ацилирования;</li> <li>В. реакцию алкилирования;</li> <li>Г. образование ацеталей;</li> <li>Д. реакцию гидрирования.</li> </ol> </li> <li>3. В органическом синтезе при работе с ароматическими аминами используют <i>N</i>-ацилирование аминогруппы. Это осуществляют с целью: <ol style="list-style-type: none"> <li>А. перевести аминогруппу в электроноакцепторный заместитель;</li> <li>Б. увеличить основность аминогруппы;</li> <li>В. понизить электронодонорные свойства аминогруппы;</li> <li>Г. увеличить склонность ароматического кольца к реакциям окисления;</li> </ol> </li> </ol>	<p>Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 4 балла; три правильных ответа – 3 балла, два правильных ответа – 1 балл, допущено три ошибки – 0 баллов.</p> <p>1 балл – «3» 3 балла – «4» 4 балла – «5»</p> <p>Три тестовых задания с выбором одного правильного ответа. Три правильных ответа – 3 балла, два правильных ответа – 2 балла, один правильный ответ – 1 балл.</p> <p>1 балл – «3» 2 балла – «4» 3 балла – «5»</p>

<p>Д.увеличить склонность ароматического кольца к реакциям замещения.</p> <p>III. Оцените реакционную способность анизола (метоксибензол) в реакциях электрофильного замещения по сравнению с бензолом.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. анизол менее реакционноспособен, чем бензол вследствие электроноакцепторного действия метокси-группы;</li> <li>2. анизол более реакционноспособен, чем бензол вследствие электронодонорного действия метокси-группы;</li> <li>3. анизол менее реакционноспособен, чем бензол вследствие дестабилизации промежуточно образующегося <math>\sigma</math>-комплекса;</li> <li>4. анизол более реакционноспособен, чем бензол вследствие проявления метоксигруппой <math>-I</math>- и <math>-M</math>-эффектов;</li> <li>5. анизол более реакционноспособен, чем бензол вследствие стабилизации промежуточно образующегося <math>\sigma</math>-комплекса за счёт <math>+M</math>-эффекта метоксигруппы.</li> </ol>	<p>Задание с выбором двух правильных ответов. Верный ответ – 2 балла.</p>
<p>I. Для реакций, протекающих по бимолекулярному механизму нуклеофильного замещения, характерно:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>А. скорость реакции определяется концентрацией субстрата и концентрацией реагента;</li> <li>Б. скорость реакции определяется только концентрацией субстрата</li> <li>В. наличие полярного апротонного растворителя;</li> <li>Г. наличие полярного протонного растворителя;</li> <li>Д. наличие неполярного апротонного растворителя;</li> <li>Е. обращение конфигурации продукта реакции;</li> <li>Ж. это синхронный одностадийный процесс;</li> </ol> <p>3. образование устойчивого карбокатиона на скорость лимитирующей стадии. Выберите четыре правильных ответа.</p> <p>II. Для реакции этерификации характерны следующие утверждения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>А. протекает при наличии основного катализатора;</li> <li>Б. протекает при наличии катализатора – концентрированной серной кислоты;</li> <li>В. реакция идет по механизму электрофильного присоединения;</li> <li>Г. реакция идет по механизму отщепления-присоединения;</li> <li>Д. является обратимой реакцией;</li> <li>Е. требует нагревания;</li> <li>Ж. сопровождается отщеплением протона от молекулы кислоты;</li> </ol> <p>3. сопровождается отщеплением группы <math>-OH</math> от молекулы кислоты. Выберите четыре правильных ответа.</p>	<p>Имеется полное верное решение, включающее четыре правильных ответа – 4 балла; три правильных ответа – 3 балла, два правильных ответа – 1 балл, допущено три ошибки – 0 баллов. 1 балл – «3» 3 балла – «4» 4 балла – «5»</p> <p>Имеется полное верное решение, включающее четыре правильных ответа – 4 балла; три правильных ответа – 3 балла, два правильных ответа – 1 балл, допущено три ошибки – 0 баллов. 1 балл – «3» 3 балла – «4» 4 балла – «5»</p>

Пример задания для оценки знаний, умений, навыков	Шкала оценивания
<p>I. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа.</p> <p>1. Для реакции этерификации необходимо использовать следующие реагенты:</p> <p>А. уксусный ангидрид, пропанол-2, <math>H_2SO_{4\text{конц.}}</math>;</p> <p>Б. уксусная кислота, пропанол-2, <math>H_2SO_{4\text{конц.}}</math>;</p> <p>В. хлористый ацетил, уксусный альдегид, <math>H_2SO_{4\text{конц.}}</math>;</p> <p>Г. уксусная кислота, пропанол-1, <math>NaOH_{\text{конц.}}</math>;</p> <p>Д. уксусный ангидрид, пропанол-1, <math>NaOH_{\text{конц.}}</math>.</p> <p>2. Для очистки и идентификации бензойной кислоты используют соответственно:</p> <p>А. метод перегонки при атмосферном давлении и определение показателя преломления;</p> <p>Б. метод возгонки и определение показателя преломления;</p> <p>В. метод перекристаллизации и определение температуры плавления;</p> <p>Г. метод перекристаллизации и определение температуры кипения;</p> <p>Д. метод экстракции и определение молекулярной рефракции.</p> <p>3. Для осуществления перегонки при атмосферном давлении необходимо использовать оборудование:</p> <p>А. круглодонная колба, насадка Кляйзена, прямой холодильник, аллонж, приёмники, термометр;</p> <p>Б. колба Кляйзена, обратный холодильник, аллонж, приёмники, термометр;</p> <p>В. колба Вюрца, холодильник Либиха, насадка Дина-Старка, термометр, приёмники;</p> <p>Г. круглодонная колба, насадка Вюрца, холодильник Либиха, аллонж, приёмники, термометр;</p> <p>Д. круглодонная колба, насадка Вюрца, обратный холодильник, аллонж, приёмники, термометр.</p> <p>II. Установите соответствие между группой органических веществ и реагентом, позволяющим их отличить. Каждой цифре из первого столбца поставьте в соответствие букву из второго столбца.</p> <p>Группа веществ:</p> <p>1. третичные спирты;</p> <p>2. метилкетоны;</p> <p>3. многоатомные спирты;</p> <p>4. фенолы.</p> <p>Реагент:</p> <p>А. Дениже;</p> <p>Б. Фелинга;</p> <p>В. Джонса;</p> <p>Г. <math>Cu(OH)_2</math>;</p> <p>Д. <math>FeCl_3</math>;</p> <p>Е. нитропруссид натрия в щелочной среде.</p>	<p>Три тестовых задания с выбором одного правильного ответа. Три правильных ответа – 3 балла, два правильных ответа – 2 балла, один правильный ответ – 1 балл.</p> <p>1 балл – «3»</p> <p>2 балла – «4»</p> <p>3 балла – «5»</p> <p>Имеется полное верное решение, включающее правильный ответ – 4 балла; три правильных ответа – 3 балла, два правильных ответа – 1 балл, допущено три ошибки – 0 баллов.</p> <p>1 балл – «3»</p> <p>3 балла – «4»</p> <p>4 балла – «5»</p>

<p>Тестовые задания с выбором одного правильного ответа.</p> <p>1. Метод экстракции используется для:</p> <p>А. разделения смеси твёрдых веществ;</p> <p>Б. разделения несмешивающихся жидкостей;</p> <p>В. очистки газообразных веществ;</p> <p>Г. высушивания газов;</p> <p>Д. извлечения вещества.</p> <p>2. Метод перегонки основан на:</p> <p>А. различии в химических свойствах разделяемых веществ;</p> <p>Б. различии температур плавления смеси веществ;</p> <p>В. близости дипольных моментов разделяемых веществ;</p> <p>Г. различии температур кипения разделяемых веществ;</p> <p>Д. сходстве химических свойств разделяемых веществ.</p> <p>3. Колба Кляйзена используется при проведении процесса:</p> <p>А. возгонка;</p> <p>Б. высушивание;</p> <p>В. определение температуры плавления;</p> <p>Г. перегонка в вакууме;</p> <p>Д. перегонка при атмосферном давлении.</p>	<p>Три тестовых задания с выбором одного правильного решения. Три правильных ответа – 3 балла, два правильных ответа – 2 балла, один правильный ответ – 1 балл.</p> <p>1 балл – «3»</p> <p>2 балла – «4»</p> <p>3 балла – «5»</p>
--	---

Пример задания для оценки знаний, умений, навыков	Шкала оценивания
<p>Тестовые задания с выбором одного правильного ответа.</p> <p>1. При очистке диэтилового эфира необходимо:</p> <p>А. использовать перегонку с водяным паром;</p> <p>Б. предварительно проверить эфир на присутствие перекисей;</p> <p>В. в качестве нагревательного прибора использовать масляную баню;</p> <p>Г. в качестве нагревательного прибора использовать газовую горелку;</p> <p>Д. использовать перегонку в вакууме.</p> <p>2. При работе с легковоспламеняющимися жидкостями недопустимо:</p> <p>А. использовать песчаную баню;</p> <p>Б. использовать колбонагреватель;</p> <p>В. отходы сливать в канализационную сеть;</p> <p>Г. отходы собирать в специальные ёмкости для слива;</p> <p>Д. использовать водяную баню.</p> <p>3. При работе в лаборатории органического синтеза допускается:</p> <p>А. использовать для нагревания толстостенную стеклянную посуду;</p> <p>Б. применять плоскодонные колбы для нагревания при температуре выше 100°C;</p> <p>В. для тушения легковоспламеняющихся жидкостей использовать противопожарные одеяла, песок и углекислотные огнетушители;</p> <p>Г. для тушения легковоспламеняющихся жидкостей использовать воду;</p> <p>Д. перегонять дорогостоящие растворители досуха.</p>	<p>Три тестовых задания с выбором одного правильного решения. Три правильных ответа – 3 балла, два правильных ответа – 2 балла, один правильный ответ – 1 балл.</p> <p>1 балл – «3»</p> <p>2 балла – «4»</p> <p>3 балла – «5»</p>
<p>Тестовые задания с выбором одного правильного ответа.</p> <p>1. Легковоспламеняющимися жидкостями являются все соединения ряда:</p> <p>А. диэтиловый эфир, бензойная кислота, этилацетат;</p> <p>Б. ацетон, гексан, четыреххлористый углерод;</p> <p>В. тетрагидрофуран, диэтиловый эфир, бензин;</p> <p>Г. бензин, изопропиловый спирт, бензоат натрия;</p> <p>Д. уксусный ангидрид, триэтиламин, уксусная кислота.</p> <p>2. При возникновении пожара в химической лаборатории необходимо:</p> <p>А. залить место возгорания водой;</p> <p>Б. тотчас открыть все окна;</p> <p>В. тотчас выключить вентиляцию, газ, все нагревательные приборы;</p> <p>Г. возгорание щелочного металла тушить углекислотным огнетушителем;</p>	<p>Три тестовых задания с выбором одного правильного решения. Три правильных ответа – 3 балла, два правильных ответа – 2 балла, один правильный ответ – 1 балл.</p> <p>1 балл – «3»</p> <p>2 балла – «4»</p> <p>3 балла – «5»</p>

Д. при загорании электропроводов тушить их пенным огнетушителем.

3. При работе с химическими реактивами необходимо:

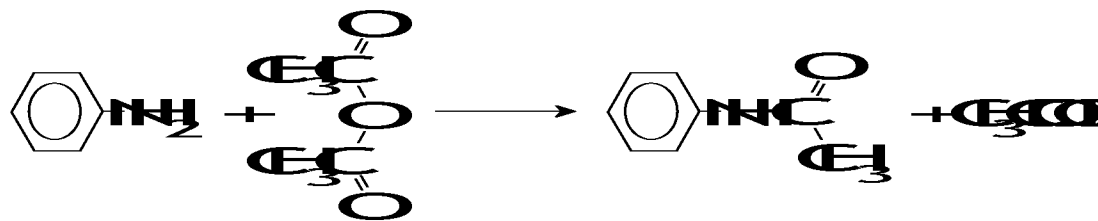
- А. в первую очередь использовать реактивы с нечёткими надписями на склянках;
- Б. твёрдые вещества хранить в узкогорлых склянках;
- В. отходы химических реактивов сливать в канализацию;
- Г. все работы с ядовитыми и сильнодействующими веществами производить в вытяжном шкафу;
- Д. остатки натрия нейтрализуют водой.

## Методические рекомендации по выполнению синтетических работ

Пример

### Синтез ацетанилида

Основная реакция:



Реактивы:

Анилин свежеперегнанный ( $\rho=1,0217$  г/мл) — 4,5 мл;

Уксусный ангидрид ( $\rho=1,082$  г/мл) — 6 мл;

Толуол абсолютный или вода — 20 мл

Этанол для перекристаллизации

Приборы и оборудование:

Колба круглодонная (100 мл), холодильник обратный, термометр, воронка капельная, стакан (100 мл), колба Бунзена, воронка Бюхнера, баня водяная, мешалка с электромотором, электроплитка.

Выполнение синтеза:

Собирают прибор, состоящий из круглодонной колбы, обратного холодильника, капельной воронки. Настраивают работу механической мешалки. В круглодонной колбе смешивают анилин и растворитель (безводный толуол). Содержимое колбы тщательно перемешивают. К полученной эмульсии осторожно, по каплям, при постоянном перемешивании прибавляют из капельной воронки уксусный ангидрид. Реакционную массу нагревают на водяной бане (температура воды 70-80°C) постоянно перемешивая. Нагрев ведут до тех пор, пока содержимое колбы не перейдет в жидкое состояние. После этого колбу охлаждают сначала на воздухе, затем в бане с ледяной водой. Выделившийся ацетанилид отфильтровывают на



воронке Бюхнера, промывают на фильтре небольшим количеством ледяной воды и сушат на воздухе между листами фильтровальной бумаги.

Ацетанилид перекристаллизовывают из воды или 50%-ного этилового спирта.

Выход продукта составляет 69% от теоретического.

Идентифицируют полученное соединение по температуре плавления.

*Ацетанилид (N-фенилацетамид, N-ацетиланилин, фениламид уксусной кислоты, антифебрин) – бесцветное кристаллическое вещество без запаха. Из воды кристаллизуется в виде ромбических листочков. Растворяется в диэтиловом эфире, хлороформе, этаноле (36,9 г в 100 мл этанола), умеренно растворим в воде (0,56 г в 100 мл воды при 25°C и 3,5 г в 100 мл при 80°C). Температура плавления – 114°C.*

Результаты работы представляют в виде таблиц.

Таблица 1

Расчет синтеза

Исходные вещества					Количество вещества			Избыток		
Формула вещества	M, г/моль	T <sub>кип</sub> , °C	n <sub>D</sub> <sup>t</sup>	ρ, г/мл	п, моль	м, г	V, мл	п, моль	м, г	V, мл
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>					0,1			-	-	-
(CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O					0,1			0,05		

Загрузка: анилин –  
уксусный ангидрид –

Объем растворителя (вода или безводный толуол) — 30 мл.

Таблица 2

Константы и выход продукта

Название и формула полученного вещества	Константы вещества			Выход вещества	
	константы	установленные в работе	литературные данные	в граммах	в процентах, % от теоретического

## **VII. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

В ходе изучения дисциплины используется приборная база для проведения экспериментальных, которой располагают лаборатории кафедры органической химии химико-технологического факультета.

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.	Раздел V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Дополнен список основной и дополнительной литературы	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета
2.			