

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Институт фундаментальной и прикладной химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев
«21» мая 2024 г.

Рабочая программа
«Современный органический синтез»

Направление подготовки
04.03.01 Химия

Направленность (профиль)
«Медицинская и фармацевтическая химия»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании института
протокол № 9 от «18» апреля 2024 года

Программа одобрена
НМК факультета биологии и экологии
протокол № 6 от «29» апреля 2024 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов фундаментальных знаний по современным аспектам проведения органического синтеза, концепциям выбора оптимального пути к построению целевых структур, методам анализа и контроля реакционных процессов.

Курс вырабатывает у студентов современные представления о закономерностях протекания химических процессов, научных теориях, химических превращениях веществ в различных условиях.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современный органический синтез» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 (Б1.В.13).

Курс тесно связан и опирается на такие дисциплины, как «Органическая химия», «Биохимия», а также «Химическая технология».

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины используются обучающимися при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин, необходимы для выполнения выпускной работы, в научно-производственной и проектной деятельности, а также для продолжения обучения в магистратуре по направлению «Физико-органическая и фармацевтическая химия».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-1 Способен проводить НИР и НИОКР, 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.	Знать: – методы синтеза и свойства большого числа ароматических и не ароматических соединений; – методы конвергентного и линейного синтеза. Уметь: – предсказывать рациональные пути синтеза продуктов тонкого органического синтеза; – строить «древо» синтеза для выбора оптимального пути получения сложных органических веществ. Владеть навыками: – расчета эффективности синтетических маршрутов по целевым показателям: экономичности, экологичности, энергоэффективности.

	<p>ПК-1.2 Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР.</p>	<p>Знать: – основную нормативную документацию, используемую для составления отчетов по научно-исследовательской и опытно-конструкторной работам.</p> <p>Уметь: – анализировать имеющиеся данные при составлении планов НИР и НИОКР.</p> <p>Владеть навыками: – составления заявок на проведение НИР и НИОКР.</p>
	<p>ПК-1.3 Выбирает технические средства реализации и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.</p>	<p>Знать: – специальные синтетические методы, применяющиеся в современной органической химии; механизмы, стереохимию и основные закономерности протекания некоторых синтетически важных реакций.</p> <p>Уметь: – производить синтетический и ретросинтетический анализ органических веществ сложного строения, с целью поиска наиболее оптимальных способов их лабораторного синтеза.</p> <p>Владеть навыками: – экспериментального проведения многостадийных синтезов различных соединений.</p>
	<p>ПК-1.4 Готовит объекты исследования.</p>	<p>Знать: – физико-химические свойства веществ, обуславливающие выбор методов работы с ними; – способы модулирования основных физических характеристик газообразных, жидких, твердых веществ.</p> <p>Уметь: – оценивать чистоту и иные характеристики качества исходных химических реактивов; – подбирать оптимальные методы очистки используемых реактивов и подготовки объектов исследования.</p> <p>Владеть навыками: – однократного и многократного отбора проб газообразных, жидких или твердых объектов; – разбавления или концентрирования образцов до требуемых концентраций.</p>

<p>ПК-2 Способен осуществлять разработку методов получения и контроля соединений с целевыми характеристиками под руководством специалиста более высокой квалификации.</p>	<p>ПК-2.1 Способен проектировать направленный синтез органических соединений с заданным набором свойств в рамках поставленной задачи.</p>	<p>Знать: – существующие методы окисления и восстановления органических соединений, методы создания С-С-связей, кратных связей, основные методы введения различных функциональных групп и использовать все выше перечисленное при разработке стратегии синтеза конкретного сложного органического соединения.</p> <p>Уметь: – осуществлять планирование синтеза органических и металлоорганических соединений исходя их имеющихся реактивов и оборудования.</p> <p>Владеть навыками: – теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств органических соединений.</p>
	<p>ПК-2.2 Способен осуществлять направленный синтез органических соединений по заданию специалиста более высокой квалификации.</p>	<p>Знать: – методы контроля реакций, способы выделения и очистки целевых продуктов.</p> <p>Уметь: – классифицировать реакционные центры органических соединений – функциональных производных углеводов – и приводить соответствующие реакции; – осуществлять переход от одних классов соединений к другим, основываясь на методах синтеза и химических свойствах органических соединений; – составлять стандартную схему синтеза нужного органического соединения.</p> <p>Владеть навыками: – экспериментальными методами тонкого органического синтеза.</p>
	<p>ПК-2.3 Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления структуры органических соединений.</p>	<p>Уметь: – проводить качественный и количественный анализ органических соединений с использованием современных химических и физико-химических методов анализа; – осуществлять выделение органического вещества из смеси; – определять важнейшие физические константы органических веществ.</p> <p>Владеть навыками: – определения физико-химических свойств и установления структуры органических соединений.</p>

	<p>ПК-2.4 Способен изучать реакцию способность органических соединений с применением типовых экспериментальных и расчётных методов.</p>	<p>Знать: – основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы.</p> <p>Уметь: – выполнять термодинамические расчеты, расчеты химического равновесия, равновесия в растворах, тепловых эффектов химических реакций; анализировать фазовые равновесия на основе диаграмм состояния. – выполнять расчеты констант скоростей реакций и энергии активации.</p> <p>Владеть навыками: – самостоятельной экспериментальной работы с лабораторным оборудованием и оценки её результатов измерений.</p>
<p>ПК-3 Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские, опытно-конструкторские работы и испытания.</p>	<p>ПК-3.1 Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных).</p>	<p>Знать: – основные международные базы данных и патентные базы; – основные приемы поиска в больших базах данных; – основные научные издательства, выпускающие журналы и книги химической направленности.</p> <p>Уметь: – проводить самостоятельный поиск химической информации с использованием различных источников (научно-популярных изданий, компьютерных данных, ресурсов Internet).</p> <p>Владеть навыками: – подготовки документации, проектов планов и программ проведения исследований по заданной тематике; – использования основными пакетами прикладных компьютерных программ.</p>
	<p>ПК-3.2 Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме.</p>	<p>Знать: – принципы анализа информации, основные справочные системы, профессиональные базы данных; – требования информационной безопасности.</p> <p>Уметь: – пользоваться справочной и монографической литературой в области органической химии.</p> <p>Владеть навыками: – методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами.</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад.ч.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение. Стратегия органического синтеза.	8	3		8	1.5		4	Опрос. Отчет о практической работе
2	Типы углеродных скелетов и основные пути их построения.	8	3		8	1.5		4	Опрос. Отчет о практической работе
3	Функционализация органических веществ.	8	3		4	1.5		4	Опрос. Отчет о практической работе
4	Сtereo- и региоселективные реакции.	8	3		4	1.5		4	Задания для самостоятельной работы
						1	0,3	12,7	Зачет
	ИТОГО		12		24	7	0,3	28,7	

4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Место проведения занятий в форме практической подготовки
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение. Стратегия органического синтеза.	8			8				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
2	Типы углеродных скелетов и основные пути их построения.	8			8				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
3	Функционализация органических веществ.	8			4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
4	Сtereo- и региоселективные реакции.	8			4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
	ИТОГО				24				

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение. Стратегия органического синтеза

- 1.1. Введение. Стратегия органического синтеза.
- 1.2. Выбор оптимального пути синтеза. Линейные и конвергентные схемы.
- 1.3. Синтоны и синтетические эквиваленты. Защита и защитные группы.

2. Типы углеродных скелетов и основные пути их построения

- 2.1. Реакции конденсации.
- 2.2. Металлорганический синтез.
- 2.3. Реакции теломеризации, циклизации.
- 2.4. Карбеновый синтез.

3. Функционализация органических веществ

- 3.1. Характеристика химического, электронного и пространственного строения главных функциональных групп.
- 3.2. Взаимное влияние функций и отражение его в свойствах гетерофункциональных соединений.
- 3.3. Основные пути перехода от одних функций к другим.

4. Стере- и региоселективные реакции

- 4.1. Понятие о стере- и региоселективных реакциях.
- 4.2. Катализ стере- и региоселективный.
- 4.3. Использование элементоорганических соединений в органическом синтезе (соединения фосфора, кремния, бора, меди, лития, магния).

Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1. Восстановительная внутримолекулярная циклизация солей N-(2-нитро-4-R-арил)пиридиния. Синтез соединения, определение выхода, очистка соединения, определение температуры плавления, доказательство строения с помощью ИК- и ¹H-ЯМР-спектроскопии.

Лабораторная работа № 2. Ультразвуковой синтез диариловых эфиров. Постановка проблемы. Планирование и проведение эксперимента. Синтез соединения, определение выхода, очистка соединения, определение температуры плавления, доказательство строения с помощью ИК- и ¹H-ЯМР-спектроскопии.

Лабораторная работа № 3. Микроволновый синтез простых алкилариловых эфиров по Вильямсону. Синтез, определение выхода, очистка соединения, определение температуры плавления, доказательство строения с помощью ИК- и ¹H-ЯМР-спектроскопии.

Лабораторная работа № 4. Получение биодизеля. Постановка проблемы. Планирование и проведение эксперимента.

Лабораторная работа № 5. Синтез флуоресцентных углеродных квантовых точек из шпината. Синтез соединения, определение выхода, изучение спектральных (флуоресцентных) характеристик полученного соединения.

Лабораторная работа № 6. Темплатный синтез никелевого макроцикла. Синтез соединения, определение выхода, очистка соединения, определение температуры плавления, доказательство строения с помощью ИК- и ¹H-ЯМР-спектроскопии.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с

назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Лабораторное занятие – выполнение лабораторной работы обеспечивает закрепление полученных теоретических знаний, обеспечивает освоение навыков самостоятельной лабораторной работы. Формулировка выводов по полученным результатам учит умению анализировать и обобщать полученные экспериментальные данные, развивает логическое мышление.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

Электронный учебный курс «Современный органический синтез» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- операционные системы семейства Microsoft Windows;
- офисный пакет приложений Libre Office;
- программа Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- система ЭОС Moodle.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

1. Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uni-yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» <https://www.urait.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант Студента»
<https://www.studentlibrary.ru/>

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Перевалов, В.П. Тонкий органический синтез: проектирование и оборудование производств : учебное пособие для вузов / В.П. Перевалов, Г.И. Колдобский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 312 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-11860-5. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/473022>

б) дополнительная литература

1. Опарин, Р.В. Органический синтез : учебное пособие для среднего профессионального образования / Р.В. Опарин, Т.В. Михалина. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 119 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-13698-2. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/477185>

2. Смит, В.А. Основы современного органического синтеза : учебное пособие / Смит В.А., Дильан А.Д. – 5-е изд. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 753 с. – ISBN 978-5-00101-761-5. – Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. – URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017615.html>

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;

Для проведения лабораторных занятий имеется необходимая специализированная мебель: Лаб. ЛОХ, стол-мойка с сушкой; лабораторное оборудование: встряхиватель - перемешивающее устройство с подогревом, испаритель роторный; насос вакуумный; перемешивающие устройства; печь лабораторная низкотемпературная; прибор для определения точки плавления; рефрактометры; сушилка; термостат; шкафы вытяжные; а также наборы химической посуды и реактивов и др.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Доцент института
фундаментальной и прикладной химии, к.х.н.



А.А. Соколов

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
«Современный органический синтез»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

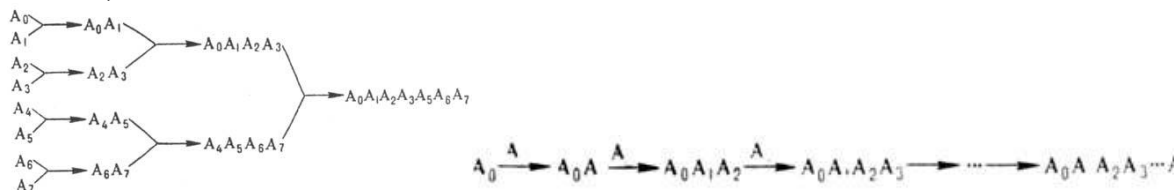
**Задания для самостоятельной работы
(проверка осуществляется путем опроса)**

СР-1-1

1. Для соединения CH_3NO_2 (нитрометан) изобразите структурную формулу, указав в ней направление смещения электронной плотности и формальный заряд на каждом из атомов.
2. Укажите порядок изменения устойчивости радикалов: винильный, бензильный, метильный.
3. Напишите схему образования карбаниона для нитроэтана.
4. Напишите схему перегруппировки для карбокатиона, полученного из изобутилбромида.
5. Дайте определение органическому синтезу.
6. Зависит ли константа скорости реакции от концентрации реагирующих веществ?
7. Опишите способ разделения несмешивающихся жидкостей.
8. Напишите схемы разрыва для всех типов ковалентных связей (по одной ковалентной связи) всеми способами в молекуле этана. Выберите наиболее вероятные, дайте объяснение, приведите примеры реакций.
9. Что такое функциональная группа?
10. Проиллюстрируйте любыми примерами следующие термины: структурные изомеры, геометрические изомеры, хиральные соединения, энантиомеры, диастереомеры.

СР-2-1

1. Рассчитайте выход (в %) продукта $\text{A}_1\text{A}_2\text{A}_3\text{A}_4\text{A}_5\text{A}_6\text{A}_7$ по линейной и конвергентной схемам, если выход на каждой стадии составляет 80%.



2. Какое из исходных соединений называют субстратом?
3. Напишите схему образования карбаниона для нитроэтана.
4. Напишите схему перегруппировки для карбокатиона, полученного из изобутилбромида.
5. Дайте определение органическому синтезу.
6. Приведите пример гомогенного катализа в органическом синтезе.
7. Рассмотрите принятую классификацию растворителей.
8. Предложите схему получения толуола, используя любые неорганические вещества.

СР-3-1

1. Осуществите формально-логический анализ подходов к синтезу циклогексанона.
2. Какое из исходных соединений называют субстратом?
3. Напишите схему образования карбаниона для нитроэтана.

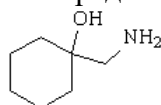
4. Напишите схему перегруппировки для карбокатиона, полученного из изобутилбромида.
5. Представьте «дерево синтеза» (граф) для 2-хлор-1,3-бутадиена исходя из родоначальников гомологических рядов углеводородов.
6. Предложите схему получения толуола, используя любые неорганические вещества.

СР-4-1

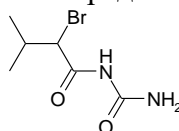
1. Дайте определение трансформа (Tf) в ретросинтетическом анализе.
2. Проведите ретросинтетический анализ и предложите схему синтеза цис-5-гептен-2-она.
3. Приведите пример реакции Дильса-Альдера.
4. Получите синтоны расчленением молекулы гептанона-2 и предложите реагенты, соответствующие этим синтонам.
5. Предложите схему получения толуола, используя любые неорганические вещества.

СР-6-1

1. Приведите пример реакции декарбоксилирования.
2. Проведите ретросинтетический анализ и предложите схему синтеза



3. Изобразите структуру ретрона Дильса-Альдера.
4. Придумать как можно больше вариантов предшественников



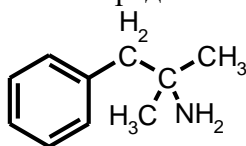
5. Напишите схемы реакций введения в углеродный скелет и удаления двойной связи.

СР-10-1

1. Разбейте спектр электромагнитных колебаний на области и расположите их в сторону уменьшения длины волны и увеличения энергии
2. Какие типы электронных переходов осуществляются в видимой и ультрафиолетовой области
3. Укажите виды деформационных колебаний
4. Рассмотрите семиполярный механизм образования ковалентной связи. Приведите примеры органических соединений.
5. Какие из приведенных ниже физико-химических характеристик будут различны для пары энантиомеров: а) температура кипения; б) температура плавления; в) удельный вес; г) удельное оптическое вращение; д) показатель преломления; е) растворимость в одинаковом растворителе; ж) ЯМР-спектр; з) ИК-спектр; и) время удерживания при газожидкостной хроматографии на колонке с хиральным сорбентом; к) обозначение по *R,S*-номенклатуре; л) дипольный момент.

СР-11-1

1. Напишите схемы реакций введения в углеродный скелет и удаления двойной связи.
2. Дайте определение трансформа (Tf) в ретросинтетическом анализе.
3. Изобразите структуру ретрона Дильса-Альдера.
4. Проведите ретросинтетический анализ и предложите схему синтеза



5. Предложите билдинг-блоки для получения этилбензола.

**Примерные задания для оценки сформированности компетенций
(в рамках самостоятельной работы)**

ПК-1, индикатор ПК-1.1

1. Какие источники и виды финансирования исследований по синтезу органических веществ существуют?
 - а) в виде госбюджетной тематики,
 - б) выполнения зарубежных и российских грантов,
 - в) заказов предприятий (хоздоговорная НИР) на основе многоканального финансирования,
 - г) финансирование от Министерства культуры,
 - д) совместные проекты со службами гос. безопасности других стран,
 - е) интеграции с институтами РАН, а также между отечественными и иностранными университетами.
2. Какие выделяют обязательные составляющие НИР?
 - а) собственно выполнение научных исследований начиная от поиска заказчика, постановки цели и задач, обоснования инструментария и методов их достижения – до сдачи результатов выполненного исследования,
 - б) ресурсное обеспечение (финансы, материально-техническое обеспечение, кадры),
 - в) апробация и внедрение результатов научных исследований в реальную экономику и позиционирование университета на этой основе как эффективной «продвинутой» научно-образовательной структуры;
 - г) научно-образовательная деятельность, предполагающая оперативное внедрение в учебный процесс научных инноваций, сокращающих время движения информации от получения научных результатов до внедрения в рабочие учебные программы, и соответствующее содержание изучаемых дисциплин,
 - д) просветительская деятельность, направленная на вовлечение в занятия наукой как можно большего числа студентов и школьников,
 - е) миротворческая деятельность, сосредоточенная на подавлении внутри- и межнациональных конфликтах.
3. В высших учебных заведениях управление научными исследованиями опирается на какие четыре основных блока?
 - а) выбор стратегических направлений исследований,
 - б) управление персоналом,
 - в) бюджетирование,
 - г) организация исследований (управление исследовательскими технологиями),
 - д) советы попечительского совета Вуза,
 - е) рекомендации общественных организаций.

ПК-1, индикатор ПК-1.2

1. Из каких обязательных частей должен состоять план научно-исследовательской работы по синтезу нового антибиотика?
 - а) введение,
 - б) основная часть,
 - в) заключение,
 - г) приложение,
 - д) список сокращений,
 - е) библиографический список (список литературы).
2. Какие важные аспекты охватывает алгоритм планирования научно-исследовательской работы?
 - а) изучение материалов, посвященных изучаемой проблеме,

- б) определение цели и объекта исследования,
 - в) выбор методов, определяющих эффективный способ достижения результатов,
 - г) апробация работы,
 - д) внедрение работы в промышленное производство,
 - е) освещение работы в СМИ и её научно-популярное изложение.
3. Какие формы представления результатов НИР обучающихся в вузах существуют?
- а) план научно-исследовательской работы,
 - б) отчет о проведенной НИР,
 - в) статья в рецензируемом журнале,
 - г) доклад на конференции,
 - д) участие в конкурсах молодых талантов,
 - е) поездки за границу по программам академического обмена.

ПК-1, индикатор ПК-1.3

1. Какие методы испытаний используются для оценки сырья в виде порошков для тонкого химического синтеза?
- а) ЯМР-спектроскопия,
 - б) ИК-спектроскопия,
 - в) испытание разрывной машиной на осевое растяжение,
 - г) измерение модуля упругости при сдвиге,
 - д) хроматографические методы,
 - е) УФ-спектроскопия.
2. Какие методы инструментального анализа можно использовать для оценки степени протекания химических реакций?
- а) ВЭЖХ,
 - б) ГЖХ,
 - в) ЯМР-спектроскопия,
 - г) микроволнометрия,
 - д) определение температуры кипения,
 - е) определение плотности материала.
3. Для анализа веществ в газообразном состоянии можно использовать следующие методы анализа:
- а) ГЖХ,
 - б) ВЭЖХ,
 - в) ИК-спектроскопия,
 - г) УФ-спектроскопия,
 - д) кондуктометрия,
 - е) рентгеноструктурный анализ.

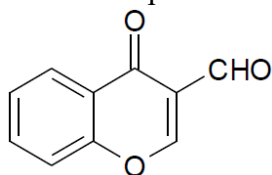
ПК-1, индикатор ПК-1.4

1. Каковы основные источники аналитических ошибок при проведении анализа продуктов органического синтеза?
- а) подготовка пробы,
 - б) загрязнение,
 - в) плохая градуировка,
 - г) ошибки оператора-аналитика,
 - д) шум сигнала детектора,
 - е) ошибки в интегрировании площадей аналитических сигналов.
2. Какие методы подготовки твердых веществ для тонкого органического синтеза можно использовать
- а) сублимационная очистка,
 - б) перекристаллизация,

- в) хроматография на колонке с силикагелем,
 - г) простая перегонка,
 - д) измельчение с помощью шаровых мельниц,
 - е) растирание в агатовой ступке с вазелиновым маслом.
3. Какие методы подготовки жидких проб можно использовать?
- а) жидкостная экстракция,
 - б) твердофазная экстракция,
 - в) жидкостная микроэкстракция,
 - г) концентрирование,
 - д) статическая парофазная экстракция,
 - е) сублимационная сушка.

ПК-2, индикатор ПК-2.1

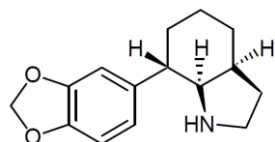
1. Синтезировать 4Н-хромен-4-он-3-карбальдегид, исходя из бензола:



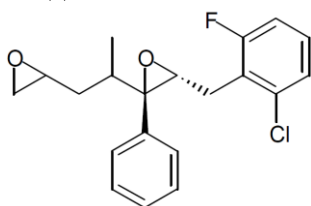
2. Как, исходя из этанола, синтезировать: а) 3-метил-4-оксопентаналь, б) гександион-2,3, в) бензоилацетон, г) 2-ацетил-3-оксоциклопентен.
3. Исходя из бензальдегида, синтезировать дифенилацетилен.

ПК-2, индикатор ПК-2.1

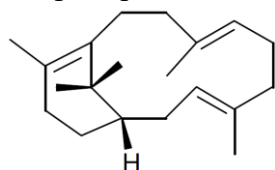
1. Используя ретросинтетический подход и реакции типа Виттига, Дильса-Альдера и пр. составьте схему синтеза указанного соединения на основе бензола и простых органических соединений



2. Проведя ретросинтетический анализ, с использованием металлоорганических соединений и защитных групп на основе простых углеводов получите следующее соединение.



3. Привести ретросинтетическую схему разборки целевой структуры природного БАВ и написать план синтеза макроциклического соединения, используя в качестве ключевой стадии замыкания цикла одну из известных Вам реакций образования С-С связи (реакция Дикмана, внутримолекулярная реакция Виттига, ацилоиновая конденсация, олефинирование по МакМерри, RCM (ring closing metatesis) процесс).



ПК-2, индикатор ПК-2.3

1. Соединение с молекулярной формулой $C_{13}H_{28}$ имеет спектр 1H ЯМР с двумя сигналами: септет с интегрированием 1 и дублет с интегрированием 6. Установите структуру этого соединения.
2. Соединение с молекулярной формулой C_8H_{10} дает три сигнала в спектре ЯМР ^{13}C и только два сигнала в спектре ЯМР 1H . Определите структуру соединения.
3. Соединение с молекулярной формулой C_3H_8O имеет широкий сигнал между 3200 и 3600 cm^{-1} в его ИК-спектре и дает два сигнала в спектре ЯМР ^{13}C . Определите структуру соединения.

ПК-2, индикатор ПК-2.4

1. В уксусном ангидриде при 30 °С толуол нитруется в 27 раз быстрее бензола и образуется 58% *орто*-нитротолуола. Чему равен фактор парциальной скорости для орто-замещения в толуоле?
 - а) 47,
 - б) 45,
 - в) 49,
 - г) 40,
 - д) 50,
 - е) 35.
2. При хлорировании пропана на свету образовалось 55% 2-хлорпропана и 45% 1-хлорпропана. Какова селективность в данной реакции?
 - а) 3.66,
 - б) 4.11,
 - в) 5.22,
 - г) 2.77,
 - д) 1.88,
 - е) 6.66.
3. При ацетилировании ароматических аминов, их растворяют в водном растворе HCl. Какова степень значения константы равновесия для реакции 1 М раствора амина (pKa 4,6) и 1 М раствора HCl (pKa -7) с основанием 10?
 - а) 11.6,
 - б) 10.6,
 - в) 9.6,
 - г) 11.3,
 - д) 11.0,
 - е) 4.6.

ПК-3, индикатор ПК-3.1

1. Какие патентные базы данных можно использовать для поиска способов синтез органических веществ?
 - а) Google Patent,
 - б) Espacenet,
 - в) Freepatent.ru,
 - г) Fips.ru,
 - д) Яндекс,
 - е) Google Chrome.
2. Какие сервисы позволяют осуществлять поиск органических веществ по их структурной формуле?
 - а) ChemSpider,
 - б) PubChem,
 - в) SciFinder,

- г) Scopus,
 - д) Cambridge Structural Database,
 - е) Google Scholar.
3. Какие сервисы позволяют посмотреть существующие синтетические маршруты получения органических веществ?
- а) Reaxys,
 - б) SciFinder,
 - в) Web of Science,
 - г) Espacenet,
 - д) Сайт американского химического общества <https://pubs.acs.org/>,
 - е) Сайт английского химического общества <https://pubs.rsc.org/>.

ПК-3, индикатор ПК-3.2

1. Какие элементы являются обязательными при оформлении библиографической записи статьи с описанием синтеза вещества?
- а) авторы,
 - б) год издания,
 - в) номер первой страницы,
 - г) страна издательства,
 - д) УДК статьи,
 - е) номер тома или выпуска.
2. Какие типы литературных источников можно использовать при обсуждении результатов тонкого органического синтеза?
- а) статьи в рецензируемых журналах,
 - б) монографии по теме исследования,
 - в) газетные статьи,
 - г) обзорные статьи по тематике исследования,
 - д) интернет-страницы новостных сайтов-агрегаторов,
 - е) страницы интернет-форумов по органическому синтезу.
3. Какие элементы часто входят в отчет о научно-исследовательской работе?
- а) реферат
 - б) список исполнителей,
 - в) приложения,
 - г) заключение,
 - д) список аргументов,
 - е) список цитат.

Критерии оценивания результатов текущего контроля успеваемости

Форма текущего контроля успеваемости	Правила выставления оценки
Самостоятельная работа	<p>Письменная самостоятельная работа состоит из небольшого количества средних по трудности вопросов или заданий, требующих поиска обоснованного ответа. Письменная самостоятельная работа студента должна занимать не более 20-30 минут учебного занятия с разбором правильных решений на следующем занятии.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Отлично</i> выставляется, если задание выполнено полностью. - <i>Хорошо</i> выставляется, если задание выполнено полностью с незначительными ошибками.

	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Удовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся приступил к выполнению задания, наметил алгоритм решения, но допустил серьезные ошибки на этапах решения. - <i>Неудовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся не приступал к выполнению задания или не смог выработать алгоритм его решения.
Контрольная работа	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Отлично</i> выставляется, если обучающийся выполнил работу (общий процент выполнения заданий не менее 90%), демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме работы, даёт правильный алгоритм решения. - <i>Хорошо</i> выставляется, если обучающийся выполнил работу с небольшими недочетами (общий процент выполнения заданий не менее 70%), демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме работы, допуская незначительные неточности при их применении и выборе алгоритма решения. - <i>Удовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся в целом выполнил работу (общий процент выполнения заданий не менее 50%), допуская существенные недочеты, в том числе при выборе алгоритма решения. - <i>Неудовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся не справился с выполнением задания (общий процент выполнения заданий менее 50%), не смог выбрать алгоритм его решения, продемонстрировав существенные пробелы в знаниях основного учебного материала.
Лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Отлично</i> выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме лабораторной работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы, демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания. - <i>Хорошо</i> выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Обучающийся демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания. - <i>Удовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся в целом освоил материал лабораторной работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы, обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя. - <i>Неудовлетворительно</i> выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала лабораторной работы, который полностью не раскрыл.

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачету

1. Цели и задачи органического синтеза. Значение органического синтеза для развития органической химии. Проблемы многостадийного органического синтеза. Многозначность подходов к сложным синтетическим задачам.
2. Факторы, определяющие оптимальный синтез. Выход, число стадий, регио- и стереоселективность, условия реакций. Исходные соединения для синтеза. Проблема доступности исходных соединений; их устойчивость, токсичность, пожаро- и взрывоопасность как критерии оптимального синтеза. Экологические аспекты органического синтеза.
3. Планирование синтеза от исходных структур. Соединения регулярного строения, димеры, олигомеры и полимеры как объекты для синтетического анализа. "Иррациональные" синтезы и возможности такой методологии в органическом синтезе. Ограничения синтетического анализа.
4. Метод и цели ретросинтетического анализа. Суть ступенчатой процедуры "разработки от обратного". Важнейшее условие одностадийности ретросинтетических операций. Стратегическое ядро молекулы, стратегические связи, ключевые реакции, выявляемые в ходе ретросинтетического анализа. Основные принципы линейного и конвергентного ретросинтетического анализа. Достоинства и недостатки линейной и конвергентной схем ретросинтетического анализа и соответствующих им схем синтеза. Оценка выхода целевого соединения и степени риска в многостадийном синтезе. Роль конвергентной схемы в реализации многостадийного органического синтеза. Правила составления схем синтеза.
5. Характеристика ретросинтетической операции "трансформация расчленения". Ее формальный характер, не имеющий ничего общего с химическим разрывом связи. Условие одностадийности (одношаговости) операции "трансформация расчленения". Гетеролитический характер "трансформации расчленения". Синтоны. Синтоны с естественной и обращенной полярностью. Синтетические эквиваленты синтонов. Устойчивые и неустойчивые синтетические эквиваленты. Способы обращения полярности синтонов. Основные принципы стратегии "трансформаций расчленения".
6. "Трансформации изменения функциональных групп" (ТИФГ) – мысленная операция изменения, введения и удаления функциональных групп в молекуле органического соединения, подвергаемого ретросинтетическому анализу. Назначение этой операции. Сохранение основного углеродного скелета молекулы в ходе ТИФГ – характерная особенность процесса. Важнейшая роль такой ретросинтетической процедуры в выявлении стратегического ядра молекулы и в преобразовании целевого соединения в структуру, которую легко подвергнуть рациональной трансформации расчленения. Примеры наиболее важных синтетически эквивалентных функциональных групп, взаимозаменяемых в операциях ТИФГ.
7. Общие принципы формирования углеродного скелета. Реакции наращивания и укорочения углеродной цепи молекулы. Важнейшие типы конструктивных реакций. Формирование в молекуле четвертичного углеродного атома. Окислительно-восстановительные конструктивные реакции.
8. Кинетические и термодинамические особенности процессов получения карбоциклов. Типовые методы формирования шестичленных, пятичленных и четырехчленных карбоциклов. Методы генерирования циклопропановых колец. Роль и источники карбенов в синтезе трехчленных циклов. Стратегия синтеза средних циклов и макроциклов. Методы расширения цикла путем расщепления внутренних связей в полициклах. Ароматизация циклических систем. Типовые методы получения

полиэдронов. Реакции циклоприсоединения, электроциклические процессы, внедрение карбенов по связи С–Н.

9. Порядок введения заместителей как региоспецифический метод синтеза дизамещенных бензолов. Взаимное превращение групп и использование ориентирующего эффекта вспомогательной группы в кольце. Защита С–Н связи в ароматическом ряду как метод региоспецифического синтеза. Методы удаления ориентирующей и защитной группировок в кольце. Правила региоспецифичного введения третьего заместителя в бензольное кольцо.
10. Использование элементоорганических соединений в органическом синтезе (соединения фосфора, кремния, бора, меди, лития, магния).
11. Синтез энантимерно чистых соединений. Асимметрический синтез.
12. Принципы использования физико-химических методов для установления строения органических соединений: хроматография, ЯМР-, ЭПР-, ИК- и электронная спектроскопия, масс-спектрометрия, РСА.
13. Активация реакционных центров как одно из важнейших условий планирования оптимального синтеза. Решение проблем региоселективности реакций путем целенаправленной активации реакционных центров. Общая идея активации реакционных центров в гетеролитических реакциях. Методы активации электрофильных центров. Электрофильный sp^3 -гибридизованный углеродный атом. Пути формирования легкоуходящих заместителей у насыщенного углеродного атома. Реактивы Фриделя-Крафтса. Сульфонатные и сульфатные группы как вариант активации спиртового гидроксила. Тозилатные, мезилатные и трифлатные уходящие группы. Активация альдегидного и кетонного электрофильного центров. Активация ацилирующих реагентов. Методы активации нуклеофильных центров. Активация α -углеродного нуклеофильного центра в кетонах переводом кетонов в енолят-ионы. Кинетический и термодинамический контроль в региоселективном генерировании енолят-анионов. Эфиры енолов как активированная форма кетонов. Силиловые эфиры енолов в синтезе. Енамины – лучшая форма активации кинетически контролируемых нуклеофильных центров кетонов. Активация α -углеродного нуклеофильного центра в кетонах путем временного введения вспомогательной карбалкоксильной группировки в α -положение. Ацетоуксусный эфир и его аналоги. Использование аналогичного подхода к активации α -положения в карбоновых кислотах. Малоновый эфир и его производные. Использование сильных оснований для формирования двузарядных карбанионов в органическом синтезе.
14. Цель защиты функциональных групп в синтезе. Защита как альтернативный подход к решению проблем региоселективности синтеза. Критерии идеальной защитной группы. Необходимость использования различных защит реакционного центра одного типа. Защита гидроксильной группы в спиртах, защита карбонильной группы альдегидов и кетонов, частичная и полная защита карбоксильной группы, защита аминогруппы, защита углерод-углеродной двойной связи, защита С–Н связи в ацетилене, несимметричных кетонах, производных бензола.
15. Ретросинтетический анализ алканов, алкенов, алкинов, аренов. Особенности ретросинтетического анализа алкилбензолов. Конденсированные арены. Ретросинтетический анализ спиртов, простых эфиров, альдегидов, кетонов и карбоновых кислот. Первичные амины. Ретросинтетический анализ вторичных и третичных аминов; общие черты с анализом алкилбензолов. Ретросинтетический анализ дифункциональных соединений. 1,3-; 1,4-; 1,5- и 1,6-дифункциональные соединения.

Правила выставления оценки на зачете:

Устный ответ студента на зачете оценивается по 2-х балльной системе.

Отметка «зачтено» ставится, если:

- знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы к зачету, так и на дополнительные;
- студент свободно владеет научной терминологией;
- ответ студента логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную для решения;
- ответ студента характеризуется глубиной, полнотой и не содержит фактических ошибок;
- ответ студента иллюстрируется примерами, в том числе из собственной научно-исследовательской деятельности;
- студент демонстрирует умение аргументировано вести диалог и научную дискуссию;
- студент демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

Отметка «не зачтено» ставится, если:

- ответ студента обнаружил незнание или непонимание сущностной части дисциплины;
- содержание вопросов не раскрыто, допускаются существенные фактические ошибки, которые студент не может исправить самостоятельно;
- на большую часть дополнительных вопросов по содержанию зачета студент затрудняется дать ответ или не дает верных ответов;
- студент не демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Современный органический синтез»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Современный органический синтез» являются лекции с использованием презентаций. Это связано с тем, что учебный материал содержит большое число схем, таблиц, рисунков, которые затем используются студентами в самостоятельной работе при подготовке к занятиям. Очень важным компонентом занятий является выполнение лабораторных работ, которые охватывают все основные разделы курса, и способствуют закреплению теоретических знаний, полученных студентами при прослушивании лекций.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольной и самостоятельных работ. Задания для самостоятельного решения формулируются на лекциях. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач. Полный список заданий для самостоятельной работы по темам (разделам) дисциплины приведен в ЭУК в LMS Moodle «Современный органический синтез». Вопросы, возникающие в процессе или по итогам решения этих задач, можно задать на консультациях или в форуме (чате) в ЭУК в LMS Moodle.

Заключительной формой контроля знаний студентов, полученных в процессе прохождения всего курса, является зачет. Подготовка к зачету предполагает освоение материалов лекций, лабораторных работ, учебной литературы и т.п. На зачете проверяются умения и навыки студентов в выборе оптимального пути построения целевых органических структур, методов анализа и контроля реакционных процессов.