

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.02.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Ретросинтетический анализ

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
04.03.01 Химия

направленность (профиль)
Медицинская и фармацевтическая химия

Форма обучения: очная

Год набора: 2019

Общая трудоемкость: 8 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	Итого
Форма контроля	экзамен	
Вид занятий		
Лекции	34	34
Лабораторные	102	102
Практические	34	34
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	170,35	170,35
Самостоятельная работа	82	82
Контроль	35,65	35,65
Итого	288	288

Рабочую программу составил(и):

доцент, Бунев А.С.
доцент, к.х.н., Варакина В.В.
профессор, доцент, д.х.н., Белоусова З.П.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана
направления подготовки

04.03.01 Химия

Срок действия рабочей программы дисциплины до « 31 » августа 2023 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании центра медицинской химии

(протокол заседания № 3 от «19» сентября 2019 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель – формирование системных знаний об основных методологических подходах органического синтеза, используемых в полном синтезе сложных органических и природных соединений.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Органическая химия и основы органического синтеза».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Медицинская химия 2, 3 », «Основы молекулярного моделирования биологически активных соединений», «Производственная практика (преддипломная практика)», «Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-2 Способен планировать и осуществлять направленный синтез органических соединений с высоким уровнем молекулярной сложности с применением современных подходов асимметрического, атом-эффективного синтеза, а также методологии современного ретросинтетического анализа под руководством специалиста более высокой квалификации	ПК-2.1 Планирует и осуществляет асимметрический и атом-эффективный синтез органических соединений.	Знать: - Основные защитные группы, используемые в органическом синтезе. - Основные виды моно- и бифункциональных ретронов.
		Уметь: - Выделять в молекуле реакционные центры. - Сопоставлять каждому ретрону соответствующий синтон.
		Владеть: - Методиками выбора оптимальных схем синтеза задан. - Основными методами введения защитных групп.
	ПК-2.2 Владеет методологией ретросинтетического анализа и использует её для решения поставленных задач НИР.	Знать: - Основные понятия ретросинтетического анализа. - Основные методики анализа кинетических, термодинамических и других экспериментальных данных (в химическом эксперименте). Уметь:

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		- Использовать основные трансформы в ретросинтетическом анализе.
		Владеть: - Основными методами трансформации функциональных групп. - Ретронным подходом.
	ПК-2.3 Предлагает и реализует методику стереоселективного синтеза органического соединения заданной структуры, в том числе используя подходы ретросинтетического анализа для решения поставленных задач НИР.	Знать: - Основные ретросинтетические подходы используемые в ряде классических полных синтезов
		Уметь: - Использовать основные подходы к созданию а,в-ретрону. - Интерпретировать экспериментальные данные на основе системного анализа (природа реагирующих веществ, структура-свойства и др.)-
		Владеть: - Основными методологическими подходами, базирующими на глубоких теоретических званиях о механизмах и реакционной способности органических соединений, интерпретации экспериментальных результатов.

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1.	Лек 1	Защитные группы в органическом синтезе. Часть 1	7	2	-	-	
	Пр 1	Защитные группы в органическом синтезе. Часть 1	7	2	-	-	
	Лаб 1	Получение TMS-циклогексанола	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 2	Защитные группы в органическом синтезе. Часть 2	7	2	-	-	
	Пр 2	Защитные группы в органическом синтезе. Часть 2	7	2	-	-	
	Лаб 2	Получение Вос-бензиламина	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек 3	Защитные группы в органическом синтезе. Часть 3	7	2	-	-	
	Пр 3	Защитные группы в органическом синтезе. Часть 3	7	2	-	-	Контрольная работа
	Лаб 3	Получение тиазолсодержащей аминокислоты на основе аспарагина. Часть 1.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 4	Основные понятия ретросинтетического анализа.	7	2	-	-	
	Пр 4	Основные понятия ретросинтетического анализа.	7	2	-	-	Контрольная работа
	Лаб 4	Получение тиазолсодержащей аминокислоты на основе аспарагина. Часть 2.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 5	Ретроны, предполагающие расщепление двух связей углерод-гетероатом (X, Y-ретроны).. Часть 1	7	2	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр 5	Ретроны, предполагающие расчленение двух связей углерод-гетероатом (X, Y-ретроны. Часть 1	7	2	-	-	
	Лаб 5	Получение тиазолсодержащей аминокислоты на основе аспарагина. Часть 3.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 6	Ретроны, предполагающие расчленение двух связей углерод-гетероатом (X, Y-ретроны). Часть 2.	7	2	-	-	
	Пр 6	Ретроны, предполагающие расчленение двух связей углерод-гетероатом (X, Y-ретроны). Часть 2	7	2	-	-	
	Лаб 6	Получение 1-бром-1-изопропилциклогексанола. Часть 1.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 7	Ретроны, предполагающие расчленение двух связей углерод-гетероатом (X, Y-ретроны).. Часть 3	7	2	-	-	
	Пр 7	Ретроны, предполагающие расчленение двух связей углерод-гетероатом (X, Y-ретроны). Часть 3	7	2	-	-	Контрольная работа

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лаб 7	Получение 1-бром-1-изопропилциклогексанола. Часть 1.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 8	Ретроны, предполагающие расчленение связей углерод-углерод и углерод-гетероатом. Бифункциональные ретроны с одной связью углерод-гетероатом. Часть 1	7	2	-	-	
	Пр 8	Ретроны, предполагающие расчленение связей углерод-углерод и углерод-гетероатом. Бифункциональные ретроны с одной связью углерод-гетероатом. Часть 1	7	2	-	-	
	Лаб 8	Получение 1-бром-1-изопропилциклогексанола. Часть 2.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек 9	Ретроны, предполагающие расчленение связей углерод-углерод и углерод-гетероатом. Бифункциональные ретроны с одной связью углерод-гетероатом. Часть 2	7	2	-	-	
	Пр 9	Ретроны, предполагающие расчленение связей углерод-углерод и углерод-гетероатом. Бифункциональные ретроны с одной связью углерод-гетероатом. Часть 2	7	2	-	-	Контрольная работа
	Лаб 9	Синтез азепана.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 10	Ретрон Дильса-Альдера	7	2	-	-	
	Пр 10	Ретрон Дильса-Альдера	7	2	-	-	Контрольная работа
	Лаб 10	Получение аддуктов на основе цикlopentadiена. Часть 1.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 11	Бифункциональные ретроны, предполагающие расчленение одной связи углерод-углерод (1, n-ретроны). Часть 1	7	2	-	-	
	Пр 11	. Бифункциональные ретроны, предполагающие расчленение одной связи углерод-углерод (1, n-ретроны). Часть 1	7	2	-	-	
	Лаб 11	Получение аддуктов на основе цикlopentadiena. Часть 2.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 12	Бифункциональные ретроны, предполагающие расчленение одной связи углерод-углерод (1, n-ретроны) Часть 2	7	2	-	-	
	Пр 12	Бифункциональные ретроны, предполагающие расчленение одной связи углерод-углерод (1, n-ретроны). Часть 2	7	2	-	-	Контрольная работа

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лаб 12	Получение аддуктов на основе цикlopентадиена. Часть 3.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 13	Расчленение С-С-связи на базе бифункциональных соединений: 1, 2-, 1, 3-, 1, 4-, 1, 5- и 1, 6-ретроны. Часть 1	7	2	-	-	
	Пр 13	Расчленение С-С-связи на базе бифункциональных соединений: 1, 2-, 1, 3-, 1, 4-, 1, 5- и 1, 6-ретроны Часть 1	7	2	-	-	
	Лаб 13	Ретросинтетический анализ сложной структуры и ее 4-стадийный синтез. Часть 1.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 14	Расчленение С-С-связи на базе бифункциональных соединений: 1, 2-, 1, 3-, 1, 4-, 1, 5- и 1, 6-ретроны Часть 2	7	2	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр 14	Расчленение С-С-связи на базе бифункциональных соединений: 1, 2-, 1, 3-, 1, 4-, 1, 5- и 1, 6-ретроны Часть 2	7	2	-	-	Контрольная работа
	Лаб 14	Ретросинтетический анализ сложной структуры и ее 4-стадийный синтез. Часть 2.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 15	Подходы к созданию циклических структур. Часть 1	7	2	-	-	
	Пр 15	Подходы к созданию циклических структур. Часть 1	7	2	-	-	
	Лаб 15	Ретросинтетический анализ сложной структуры и ее 4-стадийный синтез. Часть 3.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 16	Подходы к созданию циклических структур. Часть 2	7	2	-	-	
	Пр 16	Подходы к созданию циклических структур. Часть 2	7	2	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лаб 16	Ретросинтетический анализ сложной структуры и ее 4-стадийный синтез. Часть 4.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	4	-	-	
	Лек 17	Подходы к созданию циклических структур. Часть 3	7	2	-	-	
	Пр 17	Подходы к созданию циклических структур. Часть 3	7	2	-	-	Контрольная работа
	Лаб 17	Ретросинтетический анализ сложной структуры и ее 4-стадийный синтез. Часть 5.	7	6	-	-	Отчет по лабораторной работе
	Ср	Изучение лекционного материала и оригинальной литературы. Подготовка к экзамену	7	18	-	-	
	Контроль	Подготовка к экзамену	7	35,65	-	-	Вопросы к экзамену №1-52
	ПА	Промежуточная аттестация (экзамен)	7	0,35	-	-	Вопросы к экзамену №1-52
Итого:				288			

5. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используется технология традиционного обучения (лекции, семинары, практические занятия, самостоятельная работа). В соответствии с ФГОС ВО при изучении этого курса предусмотрены лекционные, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа. Лекции и самостоятельная работа направлены на теоретическую подготовку, практические и лабораторные занятия ориентированы на практическую подготовку студентов.

6. Методические указания по освоению дисциплины

Методические рекомендации студенту по изучению дисциплины

Методические рекомендации по изучению темы

«Защитные группы в органическом синтезе»

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему разделу дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике (включая оригинальную литературу, указанную на лекции).

Методические рекомендации по изучению темы

«Основные понятия ретросинтетического анализа»

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему разделу дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике (включая оригинальную литературу, указанную на лекции).

Методические рекомендации по изучению темы

«Ретроны, предполагающие расчленение двух и более связей. Бифункциональные ретроны»

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему разделу дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике (включая оригинальную литературу, указанную на лекции).

Методические рекомендации по изучению темы

«Бифункциональные ретроны на основе двух связей углерод-гетероатом: 1,1- и 1,2-ретроны, их сведение к ацетальм, эпоксидам и карбонильным соединениям»

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему разделу дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике (включая оригинальную литературу, указанную на лекции).

Методические рекомендации по изучению темы

«Расчленение 1,3-X,Y-ретрона»

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по соответствующему разделу дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике (включая оригинальную литературу, указанную на лекции).

Методические рекомендации по изучению темы

«Ретрон Дильса-Альдера»

При освоении темы необходимо:

• изучить учебный материал по соответствующему разделу дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике (включая оригинальную литературу, указанную на лекции).

Методические рекомендации по изучению темы

«Расчленение C-C-связи на базе бифункциональных соединений: 1,2-, 1,3-, 1,4-, 1,5- и 1,6-ретроны»

При освоении темы необходимо:

• изучить учебный материал по соответствующему разделу дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике (включая оригинальную литературу, указанную на лекции).

Методические рекомендации по изучению темы

«Выдающиеся полные синтезы»

При освоении темы необходимо:

• изучить учебный материал по соответствующему разделу дисциплины, используя лекционный материал и литературу по данной тематике (включая оригинальную литературу, указанную на лекции).

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
7	ПК-2	Контрольная работа Вопросы к экзамену 1-52

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Контрольная работа

(наименование оценочного средства)

Типовые примеры заданий

Задача 1

Укажите продукты для нижеприведенных химических реакций.

Задача 2

Изобразите структурные формулы для следующих соединений: MEMCl, BocCl, TIPSCl, TMSCl, FmocCl, TBDPSOTf, NAPCl

Задача 3

В чем заключается сущность подхода активации карбоновой кислоты через образование её хлорангидрида. Для защиты каких функциональных групп может данный подход использоваться? Приведите примеры. **ВАЖНО!** На данный вопрос дайте как можно более развернутый ответ.

Задача 4

Перерисуйте нижеприведенную формулу изобразив сокращения защитных групп в виде соответствующего фрагмента структурной формулы. Для хиральных центров определите относительную конфигурацию.

Задача 5

Изобразите структурные формулы продуктов А, В, С в нижеприведённой цепочке превращений.

Вариант 9

Задача 1

Укажите продукты для нижеприведенных химических реакций.

Задача 2

Изобразите структурные формулы для следующих соединений: TESCl, DMAP, DCC, CDI, Boc_2O , PMBCl, TrCl, TBSCl.

Задача 3

В чем заключается сущность подхода активации карбоновой кислоты с помощью реагентов Кори и Мукаймы. Для защиты каких функциональных групп может данный подход использоваться? Приведите примеры. **ВАЖНО!** На данный вопрос дайте как можно более развернутый ответ.

Задача 4

Перерисуйте нижеприведенную формулу изобразив сокращения защитных групп в виде соответствующего фрагмента структурной формулы. Для хиральных центров определите относительную конфигурацию.

Задача 5

Изобразите структурные формулы продуктов А, В, С в нижеприведённой цепочке превращений.

Вариант 10

Задача 1

Проведите ретросинтетический анализ целевой молекулы и предложите схему синтеза ТМ на основе заданного исходного соединения.

Вариант 11

Задача 1

Проведите ретросинтетический анализ целевой молекулы и предложите схему синтеза ТМ на основе заданного исходного соединения.

Критерии оценки:

Каждая контрольная работа состоит из 4-8 заданий. Каждое задание оценивается в 4 балла. Контрольная работа считается успешно выполненной, если студент набирает не менее 10 баллов.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 7

№ п/п	Вопросы к экзамену
1	Защита НО-группы в спиртах. Ацетильная, пивалоильная, бензильная (Bn), <i>n</i> -метоксибензильная (PMB) и тетрагидропиранильная (THP) группы. Особенности удаления Bn- и PMB- защитных групп. Сравнение устойчивости этих защитных групп по отношению к окислителям, Li-, Mg-органическим соединениям, алюмогидриду лития и к гидролизу.
2	Кремнийорганические защитные группы: триметилсилильная (TMS), <i>трет</i> -бутилдиметилсилильная (TBS). Сравнение устойчивости этих защитных групп по отношению к окислителям, Li-, Mg-органическим соединениям, алюмогидриду лития и к гидролизу.
3	Ретросинтетический анализ циклов. Первичные циклы и “конверт” полициклических систем. Расчленения по стратегическим связям. Кинетические и термодинамические факторы, способствующие реакциям циклизации. Внутримолекулярные конденсации карбонильных соединений, приводящие к циклизации. Запрет Бредта.
4	Тактика анализа трехчленных циклов на базе диазоалканов, илидов серы (Кори-Чайковский) и реакции диметилсульфоксоний-метилада с α,β -енонами.
5	Металлы платиновой группы в качестве катализаторов гидрирования: оксид платины (катализатор Адамса), палладиевые катализаторы Линдлара и Розенмунда, никель Ренея. Приготовление этих катализаторов. Гидрирование кратных связей, его регио- и стереоселективность. Представление о механизме гидрирования, понятие о гаптофильности. Гидрогенолиз связей углерод-гетероатом и гетероатом-гетероатом. Каталитические яды.
6	Создание спирановых карбоциклических систем на основе пинаколиновой перегруппировки и перегруппировки спиро-эпоксидов в циклобутаноны (Б. Трост).
7	1,2-Ретрон в β -аминоспиртах и в α -аминокислотах. Анализ этого ретрона путем перехода к 1,1-ретрону на основе эпоксидов, реакций Анри, Штреккера, циангидринного синтеза. Варианты синтеза 1-(нитрометил)циклогексанола.
8	Внешнее расчленение C3-монокарбонильного ретрона: трансформ Михаэля. Синтез 3-диалкиламинопропанолов, 3-алкоксипропиламинов и реагента Бюхи (этиленацеталь 3-бромпропионового альдегида). Магнийорганическое соединение на основе реагента Бюхи и его использование в синтезе.
9	Диизобутилалюминий-гидрид (ДИБАЛ-Н), его получение в

	<p>промышленности.</p> <p>Гидроалюминирование кратных связей углерод-углерод с помощью ДИБАЛ-Н.</p> <p>Обратимость и стереоселективность гидроалюминирования. Превращения продуктов гидроалюминирования связи $C\equiv C$ под действием электрофильных агентов.</p>
10	<p>Восстановление нитрилов, сложных эфиров и α,β-енонов с помощью ДИБАЛ-Н. Зависимость результата реакции от температуры и соотношения реагентов.</p>
11	<p>Синтоны, возникающие при внутреннем расчленении 1,2-бифункционального ретрона: “логичный” (естественный) и “нелогичный” (неестественный). Концепция “Umpolung”. Генерирование ацил-анионов при низкой температуре, их нестабильность и методы фиксации.</p>
12	<p>Реализация Umpolung в бензоиновой конденсации и реакции Штеттера. Синтетические эквиваленты ацил-анионов: литиевые производные 1,3-дитианов и 1,3,5-тритианов, анионы алкинов-1 и соли аци-форм 1-нитроалканов.</p>
13	<p>Комплексные гидриды металлов как восстановители: борогидрид натрия, цианоборогидрид натрия, алюмогидрид лития, алкокси-алюмогидриды. Механизмы восстановления карбонильных соединений алюмогидридом лития и борогидридом натрия. Хемоселективность восстановления карбонильной группы комплексными алкоксигидридами алюминия.</p>
14	<p>Восстановительное алкилирование аминов с использованием цианоборогидрида натрия в кислой среде. Восстановление α,β-енонов борогидридом натрия в присутствии трихлорида церия (Luche). Борогидрид цинка, его получение и использование для восстановления α,β-енонов.</p>
15	<p>Планирование многостадийного синтеза: линейная и конвергентная схемы. Целевая молекула (ТМ), трансформ, синтон, ретрон. Соответствие синтонов и реагентов. Ретроны частичные и полные. Примеры ретронов. Концепция формального альтернирования зарядов в насыщенной алкильной цепи, содержащей на одном из концов акцепторный заместитель (Д. Зеебах).</p>
16	<p>Синтоны “логичные” и “нелогичные”. Синтетические эквиваленты ацил-анионов (органические производные серы, анионы алкинов-1 и соли аци-форм 1-нитроалканов).</p>
17	<p>Окисление спиртов с помощью диметилсульфоксида по Сверну (трифторуксусный ангидрид, оксалилхлорид). Взаимодействие непредельных карбоновых кислот с галогеном в присутствии основания (бromo- и иодолактонизация).</p>
18	<p>Синтез эпоксидов из алкенов. Регенты для эпоксидирования: надуксусная, трифторнадуксусная и м-хлорнадбензойная (МСРВА) кислоты. Особенности эпоксидирования непредельных кетонов. Отношение альдегидов к надкислотам.</p>

19	Анализ одноатомных спиртов: C1-, C2- и C3-ретроны. Подходы к созданию этих ретронов. Анализ и синтез “спирта листьев” (цис-гексен-3-ол-1). Трансформ Михаэля в анализе монокарбонильного ретрона. Анализ и синтез нуциферала.
20	Получение и строение литий-диорганокупратов. Гомокупраты Гилмана. Гетерокупраты на основе алкилацетиленидов, алкоксидов и тиолятов меди. Их получение и использование в синтезе. Стереоселективность сочетания органокупратов с 1-алкенилгалогенидами.
21	Реакции органокупратов с галогенопроизводными различных типов, ацилгалогенидами, оксиранами, α,β -непредельными альдегидами и кетонами, с терминальными алкинами (карбокуприрование). Проведение реакций с органокупратами в каталитическом варианте.
22	Стереохимия реакции Дильса-Альдера, эндо-правило. Катализ в реакции Дильса-Альдера: влияние протонных кислот и кислот Льюиса на энергию граничных орбиталей. Сочетание трансформ Дильса-Альдера и трансформ “сочленение” (R) как одна из тактик анализа 1,6-дикарбонильного ретрона на примере лактона Эшенмозера.
23	Реакция Виттига как региоселективный метод синтеза алкенов. Илиды фосфора, их получение. Примеры стабилизированных, полустабильных и нестабилизированных илидов. Природа связи фосфор-углерод в илидах ($p-\sigma^*$ -стабилизация). Гидролиз илидов. Механизм реакции Виттига. Сравнение реакционной способности стабилизированных и нестабилизированных илидов.
24	Сведение 1,4-дикарбонильного ретрона к производным фурана. Анализ и синтез цис-жасмона.
25	Генерирование енолятов из кетонов, α,β -енонов, силиловых эфиров енолов. Региоселективность процесса енолизации кетонов. Использование формильных (гидроксиметиленовых) производных для региоселективного алкилирования кетонов. Направленная альдольная конденсация с помощью енолятов лития.
26	Конденсация силиловых эфиров енолов с альдегидами и кетонами (Мукаяма). Направленная конденсация альдегидов с использованием оснований Шиффа (метод Виттига).
27	Реакция Дильса-Альдера как согласованный процесс [4+2]-циклоприсоединения. Диен и диенофил. Подходы к описанию реакции на основе анализа: 1) граничных орбиталей реагентов и 2) топологии базисного набора орбиталей реагентов. Типы реакции Дильса-Альдера: карбо-реакция, гетеро-реакция. Региоселективность этих реакций.
28	Ретро-реакция Дильса-Альдера. Примеры реакций. о-Хинодиметаны в качестве диенов, их генерирование из бензоциклобутенов и использование во внутримолекулярных процессах [4+2]-циклоприсоединения.
29	Конденсация по Михаэлю. Механизм реакции. Региоселективность

	присоединения нуклеофилов к α,β -непредельным карбонильным соединениям (1,2- или 1,4-присоединение). Доноры и акцепторы Михаэля. Катализаторы реакции, ее обратимость. Региоселективность реакции несимметричных кетонов. Использование енаминов в качестве доноров Михаэля.
30	Основания Манниха и β -хлоркетоны как синтетические эквиваленты акцепторов Михаэля. Синтез β -хлоркетонов реакцией Кондакова.
31	Тактика анализа 1,6-дикарбонильного ретрона на базе енолятов и алкил-3-бромпропилкетонов (синтез этих бромкетонов из β -кетозэфиров). Анализ 6-членных алициклов на базе трансформов “сочленение” (R) и озонлиза на примере изображенного соединения.
32	Реакции аннелирования. Вариант Робинсона. Побочные процессы в реакциях с α,β -енонами и способы сведения их к минимуму. Синтетические эквиваленты α,β -енонов: β -хлоркетоны (их синтез реакцией Кондакова) и основания Манниха.
33	Енамины в реакциях аннелирования. Аннелирующий реагент Назарова (этиловый эфир 3-оксопентен-4-овой кислоты), его получение и использование в синтезе карбо- и гетероциклических систем. Спиро-аннелирование с помощью дифенилсульфоний-циклопропилида (с перегруппировкой эпоксида).
34	Аллилсиланы. Их получение из магний- и литийорганических соединений. Десилилирование аллилсиланов с перемещением связи $C=C$ при действии электрофильных реагентов.
35	Получение силилированных диенов и их использование в синтезе карбоциклов. Этинилсиланы, их получение. Триметилсилильная защитная группа для связи $C-H$ в терминальных алкинах.
36	1,3-Ретрон в составе дикарбонильных и β -гидроксикарбонильных соединений. Трансформы сложно-эфирной и альдольно-кетоновой конденсаций, реакций Михаэля, Манниха и Реформатского как тактические приемы, позволяющие проводить внутреннее расчленение 1,3-ретрона.
37	Тактика анализа шестичленных насыщенных гетероциклов на основе сочетания трансформов FGA, конденсации Кляйзена и реакции Михаэля. Примеры синтезов.
38	Диизобутилалюминий-гидрид (ДИБАЛ-Н), его получение в промышленности. Гидроалюминирование кратных связей углерод-углерод с помощью ДИБАЛ-Н. Обратимость и стереоселективность гидроалюминирования. Превращения продуктов гидроалюминирования связи $C\equiv C$ под действием электрофильных агентов.
39	Оксигенофильность бора и алюминия. Восстановление нитрилов, сложных

	эфиров и α,β -енонов с помощью ДИБАЛ-Н. Зависимость результата реакции от температуры и соотношения реагентов.
40	Расчленения монокетонов. 1,2-Расчленение: “нелогичные” синтоны. 2,3-Расчленение: синтез кетонов через эфиры β -кетокислот. Получение эфиров β -кетокислотконденсацией сложных эфиров с диэтилкарбонатом и через моноэтиловый эфир малоновой кислоты (получение этого реагента).
41	Тактика FGA на примере анализа 5-бромпентанона-2. Расчленение по связи 3,4: трансформ Михаэля.
42	Анализ 1,4-дикарбонильного ретрона. Варианты Umpolung: применение α -галокарбонильных соединений и 1-нитроалканов (синтез кетонов по Мак-Мурри). Использование трансформа “сочленение” (R) и Tf конденсации при анализе 1,4-бифункциональных соединений.
43	Ретросинтетический анализ метиленомицина А: переход к 1,4-дикарбонильному ретрону и использование α -галокетона. Синтез метиленомицина А (в формуле указана абсолютная конфигурация стереогенных центров).
44	Ретросинтетический анализ циклов. Первичные циклы и “конверт” полициклических систем. Расчленения по стратегическим связям. Кинетические и термодинамические факторы, способствующие реакциям циклизации.
45	Сигматропные перегруппировки, их порядок. Супра- и антараповерхностные перемещения. Описание перегруппировки Коупа на основе: 1) анализа граничных орбиталей и 2) анализа топологии базисного набора орбиталей.
46	Синтезы на основе [3,3]-сигматропных перегруппировок: аллиловых эфиров фенолов (Кляйзен) и енолов (Кляйзен-Коуп), 1,5-диенов (Коуп), аллиловых эфиров β -кетокислот (Кэрролл). Распознавание ретронов сигматропных перегруппировок.
47	Термические реакции [2+2]-циклоприсоединения, их описание на основе анализа граничных орбиталей реагентов и анализа базисного набора орбиталей реагентов. Синтез кетенов и их реакции [2+2]-циклоприсоединения. Фотохимическое [2+2]-циклоприсоединение. Региоселективность термических и фотохимических реакций: нуклеофильный и электрофильный концы двойной связи.
48	Изопропилиденная, бензилиденная группы и циклические карбонаты в качестве защитных групп для гликолей. Условия создания и удаления этих защитных групп, их устойчивость к действию различных реагентов.
49	Защита карбонильной группы в альдегидах и кетонах: циклические ацетали и тиоацетали. Условия введения и удаления защитных групп, их устойчивость к действию различных реагентов.
50	Трет-бутилгидропероксид как эпоксилирующий агент. Эпоксидирование аллиловых спиртов. Диастереоселективность реакции в присутствии комплексов ванадия.
51	Энантиоселективное эпоксидирование по Шарплессу (в присутствии

	изопропилата титана и эфира винной кислоты).
52	Получение эфиров алкилфосфоновых кислот (Михаэлис-Арбузов) и β -кетопосфонов. Синтез алкенов с использованием этих производных фосфора (реакция Хорнера-Уодсворта-Эммонса), а также трифторэтилфосфонов (реакция Стилла-Геннари). Сравнение областей применения реакций Виттига и Хорнера-Уодсворта-Эммонса.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
7	устный экзамен	«отлично»	Ответ на два теоретических вопроса, студент хорошо владеет материалом и отвечает на дополнительные вопросы с пониманием, приводит примеры, практическое задание решено полностью с пояснениями.
		«хорошо»	Ответ на два теоретических вопроса, студент хорошо владеет материалом, ответ на теоретический материал одного из вопросов экзаменационного билета неполный, хорошо отвечает на дополнительные вопросы, приводит примеры, практическое задание решено полностью с пояснениями.
		«удовлетворительно»	Ответ на теоретический материал по одному из двух теоретических вопросов полный, ответы на дополнительные вопросы по теоретическому экзаменационному материалу билета должны быть близкими к теории, практическое задание решено, хотя бы схематически.
		«неудовлетворительно»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос, практическое задание не решено даже схематически.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.	Органическая химия. В 4 частях. Ч.1 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. — 7-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 568 с. — ISBN 978-5-00101-506-2 (ч.1), 978-5-00101-499-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/88900.html	Учебник	2017	ЭБС «IPRbooks»
2	Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.	Органическая химия. В 4 частях. Ч.2 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. — 7-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 624 с. — ISBN 978-5-00101-507-9 (ч.2), 978-5-00101-499-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/88901.html	Учебник	2017	ЭБС «IPRbooks»
3	Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.	Органическая химия. В 4 частях. Ч.3 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 545 с. — ISBN 978-5-00101-508-6 (ч.3), 978-5-00101-499-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/88902.html	Учебник	2017	ЭБС «IPRbooks»

4	Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П.	Органическая химия. В 4 частях. Ч.4 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2016. — 727 с. — ISBN 978-5-00101-410-2 (ч.4), 978-5-9963-2498-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/88903.html	Учебник	2016	ЭБС «IPRbooks»
5	Юровская М.А., Куркин А.В.	Основы органической химии : учебное пособие / М. А. Юровская, А. В. Куркин. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 238 с. — ISBN 978-5-00101-757-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/4586.html	Учебное пособие	2020	ЭБС «IPRbooks»
6	Смит В.А., Дильман А.Д.	Смит, В. А. Основы современного органического синтеза : учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 752 с. — ISBN 978-5-00101-761-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/4591.html	Учебное пособие	2020	ЭБС «IPRbooks»

7	Боровлев И.В.	Органическая химия: термины и основные реакции / И. В. Боровлев. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 360 с. — ISBN 978-5-00101-752-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/12248.html	Учебное пособие	2020	ЭБС «IPRbooks»
8	Карлов С.С., Нуриев В.Н., Теренин В.И., Зайцева Г.С.	Задачи по общему курсу органической химии с решениями для бакалавров : учебное пособие / С. С. Карлов, В. Н. Нуриев, В. И. Теренин, Г. С. Зайцева. — Москва : Лаборатория знаний, Лаборатория Базовых Знаний, 2016. — 494 с. — ISBN 978-5-93208-200-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/42296.html	Учебное пособие	2016	ЭБС «IPRbooks»
9	Устынюк Ю.А.	Устынюк, Ю. А. Лекции по органической химии. Часть 2. Химия углеводородов. Алканы, алкены, алкины и диены / Ю. А. Устынюк. — Москва : Техносфера, 2016. — 496 с. — ISBN 978-5-94836-467-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/84684.html	Учебное пособие	2016	ЭБС «IPRbooks»

10	Теренин В.И., Ливанцов М.В., Ливанцова Л.И., Матвеева Е.Д., Ивченко П.В., Нифантьев И.Э. ред. Зефирова Н.С.	Практикум по органической химии / В. И. Теренин, М. В. Ливанцов, Л. И. Ливанцова [и др.] ; под редакцией Н. С. Зефирова. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 569 с. — ISBN 978-5-00101-781-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/88899.html	Учебное пособие	2020	ЭБС «IPRbooks»
----	--	---	-----------------	------	----------------

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Ливанцов М.В., Зайцева Г.С., Ливанцова Л.И., Гулюкина Н.С., Болесов И.Г. ред. Зефирова Н.С.	Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями. В 2 частях. Ч.І : учебное пособие / М. В. Ливанцов, Г. С. Зайцева, Л. И. Ливанцова [и др.] ; под редакцией Н. С. Зефирова. — 2-е изд. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 256 с. — ISBN 978-5-9963-2593-1 (ч.І), 978-5-9963-2494-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/88906.html	Учебное пособие	2015	ЭБС «IPRbooks»
2	Ливанцов М.В., Зайцева Г.С., Ливанцова Л.И., Гулюкина Н.С., Болесов И.Г. ред. Зефирова Н.С.	Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями. В 2 частях. Ч.ІІ : учебное пособие / М. В. Ливанцов, Г. С. Зайцева, Л. И. Ливанцова [и др.] ; под редакцией Н. С. Зефирова. — 2-е изд. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 715 с. — ISBN 978-5-9963-2594-8 (ч.ІІ), 978-5-9963-2494-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/88907.html	Учебное пособие	2015	ЭБС «IPRbooks»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Бутлеровские сообщения [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. журн. / ООО «Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие»». – Электрон. журнал. – Казань : ООО «Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие»», 1999- . Режим доступа к журн.: <http://butlerov.com/stat/reports/view.asp?lang=ru>

- Химия в интересах устойчивого развития [Электронный ресурс] : междунар. науч. журн. / Сибирское отделение РАН. – Электрон. журнал. – Новосибирск : Издательство СО РАН, 1999- . Режим доступа к журн. <http://www.sibran.ru/journals/Hviur/>

- WebofScience [Электронный ресурс]: мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016 – Режим доступа: apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus [Электронный ресурс]: реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004 – Режим доступа: scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Москва: НЭБ, 2000. – Режим доступа: elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- SpringerLink [Электронный ресурс]: [база данных]. – Switzerland: SpringerNature, 1842. – Режим доступа: link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
- ScienceDirect [Электронный ресурс]: коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018. – Режим доступа: sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
- ЭБС "Лань" (права принадлежат ООО «ЭБС ЛАНЬ»), договор № 318 от 22.04.2020 г. с 07.05.2020 г. по 06.05.2021 г., договор № 452 от 02.06.2020 г. с 28.07.20 г. по 27.07.2021 г. (по адресу <http://www.e.lanbook.com>) включает в себя полнотекстовые электронные версии всех книг, вышедших в издательстве, а также коллекции полнотекстовых файлов других издательств. В базе представлены не только учебные издания, но и научная литература, а также словари.
- ЭБС "IPRbooks" (права принадлежат ООО Компания "Ай Пи Ар Медиа"), [договор № 468 от 04.06.2020 г.](#) с 01.08.2020 г. по 01.08.2021 г. (по адресу <http://www.iprbookshop.ru>)- содержит учебники и учебные пособия, монографии, производственно-практические, справочные издания, а также деловую литературу для практикующих специалистов. В ЭБС включены издания за последние 5 лет по гуманитарным, социальным и экономическим наукам, по остальным отраслям знания - за последние 10 лет.

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standart	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. А-125	Столы ученические трехместные и двухместные моноблоки, стол преподавательский, стул преподавательский, кафедра, доска меловая . экран навесной, проектор., процессор. мышь комп., пульт.
2	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. А-215	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский , доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева .
3	НИЛ "Функциональные гетероциклические соединения" Лаборатория органической химии. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. А-203	Доска меловая, стол письменный, столы лабораторные островные, полка для лабораторных принадлежностей, рефрактометр ИРФ 454 Б2М, столы лабораторные, тумбы для посуды и реактивов., мойка, вытяжные шкафы, столы письменные, шкаф для реактивов , шкаф сушильный Экрос 4610, колбонагреватель 4120, перемешивающее устройство 4610М, электроплитки, весы лабораторные ВК-300, Поляриметр СМ-3, табуреты лабораторные , химическая посуда
4	Помещение для самостоятельной работы студентов. Г-401	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет .