



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)  
**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Красицкая С.Г.

(Ф.И.О.)

« 21 » октября 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента

(подпись)

Капустина А.А.

(Ф.И.О.)

« 21 » октября 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
Целенаправленный синтез органических соединений  
**Направление подготовки 04.04.01 «Химия»**  
Фундаментальная химия (совместно с ИХ ДВО РАН и ТИБОХ ДВО РАН)  
**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 2  
лекции 10 час.  
практические занятия 00 час.  
лабораторные работы 30 час.  
в том числе с использованием  
всего часов аудиторной нагрузки 40 час.  
самостоятельная работа 59 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 18 час  
контрольные работы (количество) не предусмотрены  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены  
зачет не предусмотрен  
экзамен 2 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **04.04.01 «Химия»** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 13 июля 2017 г. № 655

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента химии и материалов Института наукоемких технологий и передовых материалов  
протокол № 2 от « 21 » октября 2021 г.

Директор Департамента химии и материалов Капустина А.А.

Составитель (ли): к.х.н., доцент Жидков Максим Евгеньевич

Владивосток  
2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании *кафедры*:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий *кафедрой* \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании *кафедры*:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий *кафедрой* \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании *кафедры*:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий *кафедрой* \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании *кафедры*:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий *кафедрой* \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: формирование у обучающихся профессиональных компетенций, необходимых для проведения исследований в области целенаправленного синтеза органических соединений.

### Задачи:

- Дополнить имеющиеся у студентов теоретические знания о важнейших синтетических реакциях и функциональных трансформациях, способах формирования гетероциклических систем и стереоселективных превращениях.
- Сформировать у студентов навыки практического проведения важнейших синтетических реакций, а также опыт применения современных методов активации химических превращений.
- Сформировать у обучающихся умение самостоятельно составлять многостадийные схемы синтеза сложных соединений, а также оценивать их с точки зрения трудовых затрат, доступности исходных веществ, технической оснащенности и уровня мастерства экспериментатора.

### Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-2 Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	ПК -2.1 Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных
		ПК -2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-2.1 Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	Знает правила проведения первичного поиска информации по заданной тематике научного исследования (в т.ч., с использованием патентных баз данных)
	Умеет проводить первичный поиск информации по заданной тематике научного исследования (в т.ч., с использованием патентных баз данных)

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	Владеет навыками проведения первичного поиска информации по заданной тематике научного исследования (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)	Знает правила составления обзора патентных источников по заданной теме научного исследования в области целенаправленного синтеза, оформления отчетов о выполненной работе по заданной форме и методы статистической обработки результатов
	Умеет составлять обзор патентных источников по заданной теме научного исследования в области целенаправленного синтеза, оформлять отчеты о патентном поиске по заданной форме, проводить статистическую обработку полученных результатов
	Владеет навыками составления аналитического обзора патентных источников по заданной теме научного исследования в области целенаправленного синтеза, оформления отчетов по заданной форме, проведения статистической обработки результатов

## 2. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы (144 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
ОК	Онлайн курс
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

### Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семес	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося	Формы промежуточной аттестации

			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Реакции кросс-сочетания, катализируемые нуль-валентным палладием	2	3	8			15	15	Экзаменационные билеты
2	Стереоселективный органический синтез	2	3	0			3	15	
3	Активация химических реакций под действием микроволнового излучения	2	4	22			23	15	
	Итого:		10	30	0	0	41	45	

### **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

#### **Раздел I. Реакции кросс-сочетания, катализируемые нуль-валентным палладием (3 час.)**

##### **Тема 1. Введение в палладий-катализируемое кросс-сочетание (1 ч).**

Значение палладий-катализируемого кросс-сочетания как способа формирования связей между  $sp^2$  ( $sp$ )-гибридизированными атомами углерода. Общий механизм реакций, протекающих под действием нуль-валентного палладия, условия проведения.

**Тема 2. Именные реакции, основанные на Pd-катализируемом кросс-сочетании и их применение для органического синтеза (3 час., самостоятельная работа студента).**

Возможности и границы применения реакций Сузуки, Стилле, Согонашира, Кумада, Негиши, Хияма. Родственные процессы (реакции Хека, Мияура, Бушвальда-Хартвига).

#### **Раздел II. Стереоселективный органический синтез (3 час.)**

##### **Тема 1. Стереоселективное восстановление (1 час)**

Стереоселективное восстановление: гидрирование на катализаторах Уилкинса и комплексами рутения; восстановление карбонильной группы с стереоселективными реагентами. Реакция Кори-Бакши-Шибата.

**Тема 2. Стереоселективное окисление (2 час., самостоятельная работа студента)**

Стереоселективное окисление: окисление аллиловых спиртов по Шарплессу. Ограничения реакции Шарплесса. Эпоксидирование по Джекобсену и Ши.

### **Раздел III. Активация химических реакций под действием микроволнового излучения (4 час.)**

#### **Тема 1. Введение в микроволновый синтез (1 час.)**

Механизм активирующего действия микроволнового излучения на протекание химических превращений. Сравнительная характеристика некоторых органических реакций в «классических условиях» и под действием микроволнового излучения.

#### **Тема 2. Особенности протекания и подбор условий реакций под действием микроволнового излучения (3 час, самостоятельная работа студента)**

Основные особенности проведения реакций под действием микроволнового излучения: аппаратная реализация, влияние растворителя, катализатора и проч. Алгоритм подбора условий при адаптации реакции для проведения под действием микроволнового излучения.

## **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Лабораторные работы (30 час.)**

**Лабораторная работа № 1.** Получение бензанилида при нагревании и под действием микроволнового излучения в различных условиях (6 час.)

**Лабораторная работа № 2.** Получение производных фенилборной кислоты из замещенных анилинов (2 час.)

**Лабораторная работа № 3** Проведение реакции Сузуки под действием микроволнового излучения (2 час.)

**Лабораторная работа № 4.** Проведение реакции Хека при нагревании и под действием микроволнового излучения (4 час.)

**Лабораторная работа № 5.** Применение реакции Фишера для получения замещенных индолов в обычных условиях и под действием микроволнового излучения (4 час.)

**Лабораторная работа № 6.** Применение синтеза Ганча для получения замещенных гидропиридинов в обычных условиях и под действием микроволнового излучения (4 час.)

**Лабораторная работа № 7.** Проведение реакции этерификации под действием микроволнового излучения (4 час.)

**Лабораторная работа № 8.** Проведение реакций окисления и восстановления под действием микроволнового излучения (4 час.)

## **5. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

#### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	Изучение темы «Именные реакции, основанные на Pd-катализируемом кросс-сочетании и их применение для органического синтеза»	1-я – 2-я недели	3 час	Экспресс-опрос на экзамене
2	Изучение темы «Стереоселективное окисление»	3-я – 4-я недели	3 час	Экспресс-опрос на экзамене
3	Изучение темы «Особенности протекания и подбор условий реакций под действием микроволнового излучения»	5-я – 6-я недели	3 час	Экспресс-опрос на экзамене
4	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 1	9-я неделя	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 1
5	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 1	до 11 недели включительно	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 1
6	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 2	11-я неделя	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 2
7	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 2	до 12 недели включительно	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 2
8	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 3	12-я неделя	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 3
9	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 3	до 13 недели	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 3
10	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 4	13-я неделя	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 4

11	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 4	до 14 недели	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 4
12	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 5	14-я неделя	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 5
13	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 5	до 15 недели включительно	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 5
14	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 6	15-я неделя	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 6
15	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 6	до 16 недели включительно	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 6
16	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 7	16-я неделя	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 7
17	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 7	до 17 недели включительно	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 7
18	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 8	17-я неделя	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 8
19	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 8	до 18 недели включительно	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 8
20	Подготовка к экзамену	до 18 недели включительно	18 час	

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

#### ***А) Изучение методических указаний к Лабораторной работе***

Студент в течение недели, предшествующей лабораторной работе, получает методические указания по ее выполнению. Перед их изучением целесообразно повторить конспект лекции, посвященной рассматриваемому методу, а также изучить соответствующие разделы рекомендованной литературы. Студенту следует соотнести совокупность операций в работе с основами метода, что позволит сформировать в памяти логичную последовательность действий и соотнести ее с ранее полученным опытом проведения химического эксперимента. Контролем выполнения самостоятельной работы является допуск к проведению лабораторной работы.

#### ***Б) Подготовка отчета по Лабораторной работе***

Все данные для оформления отчета вносятся студентом во время выполнения работы. Описание хода проводимого процесса должно быть не пересказом методики из руководства, а хорошо продуманным и подробно изложенным описанием опыта. Записываются все без исключения



последовательные операции, отмечаются все происходящие изменения (цвета, температуры, консистенции реакционной смеси). Если были допущены отступления от используемой методики, то обязательно указывают на последствия этих отступлений. Отмечают продолжительность отдельных операций и стадию, на которой работа была прервана до следующего дня (занятия). В отчет включаются и описания неудач с указанием причин. Отчет должен быть написан так, чтобы его можно было использовать для воспроизведения работы.

### ***В) Самостоятельное изучение тем разделов курса***

Большая часть тем, рассматриваемых в рамках данного курса, отводится для самостоятельного изучения. Преподаватель на обзорной лекции в начале каждого раздела называет темы, изучение которых в рамках учебного плана предполагается самостоятельно, и обозначает главы из рекомендуемой литературы, посвященные их рассмотрению. Также преподаватель предоставляет маршрутную схему изучения обозначенной темы в виде совокупности вопросов, следующих в рамках определенной логической последовательности, ответы на которые должны сформировать у студента комплексное представление о рассмотренной части курса.

## **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

### ***А) Отчет по лабораторной работе***

Все работы, выполняемые в лаборатории, описываются в специальной тетради - рабочем (лабораторном) журнале. Для него лучше использовать общую тетрадь в 24 листа или тетрадь, имеющую размер листа А 4. Записи в журнале делают только на правой странице через линию (если тетрадь в клетку), оставляя левую для вспомогательных вычислений, замечаний преподавателя. Ведение черновиков не допускается. Отчет должен содержать следующую информацию: 1. дату, порядковый номер работы и название синтеза; 2. уравнение основной реакции (по которой производится расчет), а также уравнения промежуточных и побочных реакций, если они есть; 3. расчет количеств исходных веществ для синтеза в разделе «Реактивы», указав количество исходных веществ в граммах и молях; 4. рисунок схемы используемого оборудования; 5. подробное описание проделанной работы; 6. расчет теоретического и практического (в процентах) выхода целевого продукта, описание внешнего вида полученного вещества, его экспериментальные и литературные константы.

## 6. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Реакции кросс-сочетания, катализируемые нуль-валентным палладием	ПК-2.1 Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	знает широкий спектр синтетических реакций, катализируемых комплексами нуль-валентного палладия	-	Вопросы 1-3
			умеет проводить реакции палладий-катализируемого кросс-сочетания	Отчеты по Лабораторным работам 1-8 (ПР-6)	-
			владеет -	-	-
		ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	знает основные нормы и правила техники безопасности при выполнении различных операций с опасными химическими соединениями	Допуски по Лабораторным работам 1-8 (ПР-6)	-
			умеет применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций, связанных с возникновением пожара, высвобождением токсичных соединений и отравлением после контакта с ними	Допуски по Лабораторным работам 1-8 (ПР-6)	-
			владеет -	-	-
2	Раздел II. Стереоселективный органический синтез	ПК-2.1 Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	знает широкий спектр методов стереоселективного восстановления и окисления	-	Вопросы 8-11
			умеет		-
			владеет	-	-
		ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты	знает теоретические основы методологии ретросинтетического анализа	Решение кейсов на разработку схем синтеза (ПР-11)	-

		патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	умеет пользоваться методологии ретросинтетического анализа при разработке схем синтеза целевого соединения	Решение кейсов на разработку схем синтеза (ПР-11)	-
			владеет навыком разработке схем синтеза выбранного- соединения		Решение задачи по разработке схемы синтеза на экзамене (ПР-13)
3	Раздел III. Активация химических реакций под действием микроволнового излучения	ПК-2.1 Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	знает механизм, условия проведения и область применения широкого набора синтетических реакций	Решение кейсов на разработку схем синтеза (ПР-11)	-
			умеет грамотно проводить химический эксперимент, включая подготовку исходных соединений, осуществление синтеза, выделение продуктов реакции	Выполнение лабораторных работ 1-8 (ПР-6)	-
			владеет навыком разработки и реализации схемы целенаправленного синтеза исследуемого соединения	Решение кейсов на разработку схем синтеза (ПР-11)	-
		ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	знает широкий набор органических реакций на уровне общего курса органической химии	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
			умеет организовывать химический эксперимент как в классических условиях, так и с использованием новых методов активации химических превращений	Лабораторные работы 1-5 (ПР-6)	-
			владеет навыками адаптации классических органических реакций под действием микроволнового излучения	Отчеты по Лабораторным работам 1-8 (ПР-6)	-

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие результаты обучения, представлены в Приложении

## 7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Смит, В.А. Основы современного органического синтеза [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Смит, А.Д. Дильман. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2020. — 747 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66366> . — Загл. с экрана.
2. Перевалов, В. П. Тонкий органический синтез: проектирование и оборудование производств : учеб. пособие для вузов / В. П. Перевалов, Г. И. Колдобский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 290 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-05706-5. <https://urait.ru/catalog/438961>
3. Великородов, А. В. Стереохимия. Стереоселективный синтез : учебно-методическое пособие / А. В. Великородов.- М : КноРус [Астрахань] : [Изд. дом Астраханского университета], 2016.- 121 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:792251&theme=FEFU>

### Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Андин, А.Н. Химия гетероциклических соединений : [учебное пособие] / А. Н. Андин.- Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета , 2008.- 142 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:259503&theme=FEFU>
2. Титце, Л. Домино-реакции в органическом синтезе / Л. Титце, Г. Браше, К. Герике.- М : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.- 671 с <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:298128&theme=FEFU>
3. Loupy, A. Microwaves in Organic Synthesis /A. Loupy, A. de la Hoz.- Weinheim : Wiley-VCH Verlag & Co, 2012.- 1250 с. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9783527619559.fmatter/pdf>

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Reaxys [Электронный ресурс] / Разработчик : Elsevier.— Режим доступа: <https://www.elsevier.com/solutions/reaxys> . – Загл. с экрана.
2. Scopus [Электронный ресурс] / Разработчик : Elsevier.— Режим доступа: <https://www.scopus.com> . – Загл. с экрана.
3. Web of Science [Электронный ресурс] / Разработчик : Thomson Reuters.— Режим доступа: <http://login.webofknowledge.com/error/Error?PathInfo=%2F&Alias=WOK5&Domain=.webofknowledge.com&Src=IP&Params=%26Error%3DClient.NullSessionID&RouterURL=http%3A%2F%2Fwww.webofknowledge.com%2F&Error=IPError> . – Загл. с экрана

## Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Для освоения данной дисциплины необходим доступ к базам данных Reaxys, Scopus и Web of Science.

## 8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### *А) Подготовка к сдаче допуска к Лабораторной работе.*

Студенту перед изучением методических указаний к лабораторной работе целесообразно повторить конспект лекции, посвященной рассматриваемому методу, а также изучить соответствующие разделы в рекомендованной литературе. Задача студента состоит в том, чтобы соотнести совокупность операций в работе с основами метода, что позволит сформировать в памяти логичную последовательность действий и соотнести ее с ранее полученным опытом проведения химического эксперимента.

### *Б) Выполнение лабораторных работ*

Лабораторные работы должны выполняться в соответствии с предложенными Методическими указаниями с обязательным соблюдением мер и правил техники безопасности, нормированных в разделе 14 ПОТ РО 14000-005-98 «Положение. Работы с повышенной опасностью. Организация проведения».

### *В) Подготовка отчета по Лабораторной работе*

Все данные для оформления отчета вносятся студентом во время выполнения работы. Описание хода проводимого процесса должно быть не пересказом методики из руководства, а хорошо продуманным и подробно изложенным описанием опыта. Записываются все без исключения последовательные операции, отмечаются все происходящие изменения (цвета, температуры, консистенции реакционной смеси). Если были допущены отступления от используемой методики, то обязательно указывают на последствия этих отступлений. Отмечают продолжительность отдельных операций и стадию, на которой работа была прервана до следующего дня (занятия). В отчет включаются и описания неудач с указанием причин. Отчет должен быть написан так, чтобы его можно было использовать для воспроизведения работы.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу 690022, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы <sup>1</sup>	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:		
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 607. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Мультимедийное оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA - 1 шт. Парты и стулья	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30.
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский,	Шкаф сухожаровой 53 л, до 300 0С, Standart, естественная вентиляция, ED 53, Sta, роторный испаритель Buchi Rotavator R-215,	

<sup>1</sup> В соответствии с п.4.3. ФГОС

<p>полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 914 .Лаборатория выпускных и квалификационных работ</p>	<p>шкаф для безопасного хранения ЛВЖ Justrite, модель 8923201, шкаф вытяжной для мытья посуды, столешница - TRESPA, 2 чаши размером 430*380*285, шкаф вытяжной для работы с ЛВЖ, столешница - FRIDURIT 20 (в комплекте) ЛАБ-PRO Ш, магнитная мешалка MR 30001 (Heidolph. Германия) с подогревом до 300 С, 4 шкафа вытяжных для работы с ЛВЖ, столешница - FRIDURIT 20 (в комплекте) ЛАБ-PRO Ш, перчаточный бокс Basic 818-GB/EXP, Роторный испаритель Laborota 4001 с принадлежностями</p>	
<p>Помещения для самостоятельной работы:</p>		
<p>A1042 аудитория для самостоятельной работы студентов</p>	<p>Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой; Устройство портативное для чтения плоскочечатных текстов PEarl; Сканлирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Видео увеличитель Topaz 24" XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой.</p>	<p>Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ppt.; - лицензия на право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия на право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.</p>

## Х. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств представлены в приложении.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **по дисциплине**

Целенаправленный синтез органических соединений

**Направление подготовки 04.04.01 «Химия»**

Фундаментальная химия (совместно с ИХ ДВО РАН и ТИБОХ ДВО РАН)

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2022\_\_**



**Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины / модуля**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Реакции кросс-сочетания, катализируемые нуль-валентным палладием	ПК-2.1 Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	знает широкий спектр синтетических реакций, катализируемых комплексами нуль-валентного палладия	-	Вопросы 1-3
			умеет проводить реакции палладий-катализируемого кросс-сочетания	Отчеты по Лабораторным работам 1-8 (ПР-6)	-
			владеет -	-	-
		ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	знает основные нормы и правила техники безопасности при выполнении различных операций с опасными химическими соединениями	Допуски по Лабораторным работам 1-8 (ПР-6)	-
			умеет применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций, связанных с возникновением пожара, высвобождением токсичных соединений и отравлением после контакта с ними	Допуски по Лабораторным работам 1-8 (ПР-6)	-
			владеет -	-	-
2	Раздел II. Стереоселективный органический синтез	ПК-2.1 Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	знает широкий спектр методов стереоселективного восстановления и окисления	-	Вопросы 8-11
			умеет		-
			владеет	-	-
		ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты	знает теоретические основы методологии ретросинтетического анализа	Решение кейсов на разработку схем синтеза (ПР-11)	-

		патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	умеет пользоваться методологии ретросинтетического анализа при разработке схем синтеза целевого соединения	Решение кейсов на разработку схем синтеза (ПР-11)	-
			владеет навыком разработке схем синтеза выбранного- соединения		Решение задачи по разработке схемы синтеза на экзамене (ПР-13)
3	Раздел III. Активация химических реакций под действием микроволнового излучения	ПК-2.1 Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	знает механизм, условия проведения и область применения широкого набора синтетических реакций	Решение кейсов на разработку схем синтеза (ПР-11)	-
			умеет грамотно проводить химический эксперимент, включая подготовку исходных соединений, осуществление синтеза, выделение продуктов реакции	Выполнение лабораторных работ 1-8 (ПР-6)	-
			владеет навыком разработки и реализации схемы целенаправленного синтеза исследуемого соединения	Решение кейсов на разработку схем синтеза (ПР-11)	-
		ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	знает широкий набор органических реакций на уровне общего курса органической химии	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
			умеет организовывать химический эксперимент как в классических условиях, так и с использованием новых методов активации химических превращений	Лабораторные работы 1-5 (ПР-6)	-
			владеет навыками адаптации классических органических реакций под действием микроволнового излучения	Отчеты по Лабораторным работам 1-8 (ПР-6)	-

## Оценочные средства для текущего контроля Комплект лабораторных заданий

### по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений»

(наименование дисциплины)

**Лабораторная работа № 1.** Получение бензанилида при нагревании и под действием микроволнового излучения в различных условиях (8 час.).

**Задание:** Осуществить реакцию взаимодействия бензойной кислоты и аналина в различных условиях, а именно при нагревании и действии микроволнового излучения в автоклаве и на поверхности минерального оксида.

**Лабораторная работа № 2.** Получение производных фенилборной кислоты из замещенных анилинов (2 час.).

**Задание:** Осуществить реакцию diazotирования замещенных анилинов и конвертировать полученные соли фенилдиазония в замещенные фенилборные кислоты.

**Лабораторная работа № 3.** Проведение реакции Сузуки под действием микроволнового излучения (2 час.)

**Задание:** Осуществить реакцию Сузуки между полученным в работе 2 производным фенилборной кислоты и иодбензолом при нагревании и под действием микроволнового излучения.

**Лабораторная работа № 4.** Проведение реакции Хека при нагревании и под действием микроволнового излучения (4 час.).

**Задание:** Проведение реакции Хека между иодбензолом и активированными алкенами (стиролом, метилакрилатом) под действием микроволнового излучения

**Лабораторная работа № 5.** Применение реакции Фишера для получения замещенных индолов в обычных условиях и под действием микроволнового излучения (4 час.).

**Задание:** Осуществить взаимодействие циклогексанона и гидрохлорида фенилгидразина при нагревании и под действием микроволнового излучения.

**Лабораторная работа № 6.** Применение синтеза Ганча для получения замещенных гидропиридинов в обычных условиях и под действием микроволнового излучения (4 час.)

**Задание:** Осуществить взаимодействие ацетоуксусного эфира, замещенного бензальдегида и аммиака при нагревании и под действием микроволнового излучения для получения производных гидропиридина.

**Лабораторная работа № 7.** Проведение реакции этерификации под действием микроволнового излучения (4 час.)

**Задание:** Осуществить реакцию этерификации в классических условиях и под действием микроволнового излучения.

**Лабораторная работа № 8.** Проведение реакций окисления и восстановления под действием микроволнового излучения (4 час.)

**Задание:** Осуществить реакции окисления и восстановления в классических условиях и под действием микроволнового излучения.

Критерии оценки (складывается из трех составляющих: сдачи допуска к работе, проведения экспериментальной работы и качества отчета):

Оценка отлично выставляется студенту, если обучаемый в ходе устной беседы с преподавателем продемонстрировал 1) знание последовательности и содержания экспериментальных операций, которые предстоит выполнить в ходе лабораторной работы и мер безопасности, которые следует соблюдать при их проведении, 2) понимание назначения каждой операции в рамках реализуемого метода, 3) глубокое понимание физико-химических процессов (механизмов), протекающих при выполнении каждой операции. Экспериментальная работа была выполнена в соответствии с методическими указаниями, с соблюдением техники безопасности, аккуратно, с высоким уровнем самостоятельности. Отходы после проведения опытов были безопасно утилизированы, использованная посуда тщательно вымыта, рабочее место приведено в порядок. Отчет оформлен без ошибок, содержит основные разделы, представленные в Требованиях к оформлению, эксперимент описан грамотно, приведены все необходимые расчеты и сделан обоснованный вывод.

Оценка хорошо выставляется студенту, если обучаемый в ходе устной беседы с преподавателем продемонстрировал знание последовательности и содержания экспериментальных операций, которые предстоит выполнить в ходе лабораторной работы и мер безопасности, которые следует соблюдать при их проведении, а также понимание назначения каждой операции в рамках реализуемого метода. Экспериментальная работа была выполнена в соответствии с методическими указаниями, с соблюдением техники безопасности, аккуратно. Отходы после проведения опытов были безопасно

утилизированы, использованная посуда тщательно вымыта, рабочее место приведено в порядок. Отчет оформлен с незначительными ошибками, содержит основные разделы, представленные в Требованиях к оформлению, описание эксперимента выполнено с недостатками, но позволяет его воспроизведение, расчеты приведены не полностью, но сделан обоснованный вывод.

Оценка удовлетворительно выставляется студенту, если обучаемый в ходе устной беседы с преподавателем продемонстрировал только знание последовательности и содержания экспериментальных операций, которые предстоит выполнить в ходе лабораторной работы и мер безопасности, которые следует соблюдать при их проведении. Экспериментальная работа была выполнена неаккуратно, был нарушен порядок проведения эксперимента, что потребовало его переделки, при этом основные правила техники безопасности были соблюдены. Отчет содержит значительные ошибки, некоторые из необходимых разделов отсутствуют, описание эксперимента выполнено с недостатками, но позволяет его воспроизведение, расчеты приведены не полностью, вывод сформулирован недостаточно точно.

Оценка неудовлетворительно выставляется студенту в случае, если он не получил допуск для выполнения работы; в ходе проведения экспериментальной работы были существенно нарушены методические указания и техника безопасности, что создало потенциальную угрозу для жизни и здоровья обучаемого и окружающих; не был предоставлен отчет по проделанной работе.

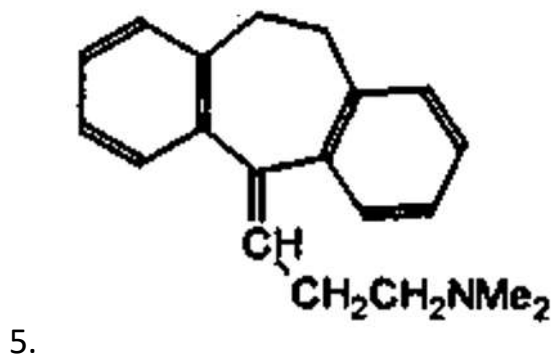
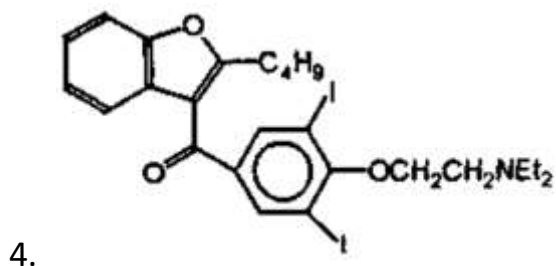
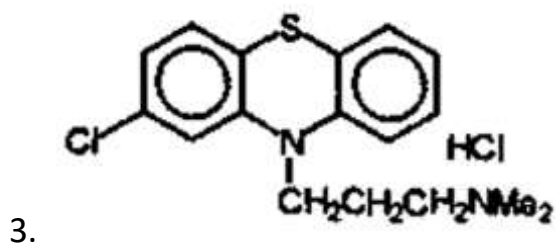
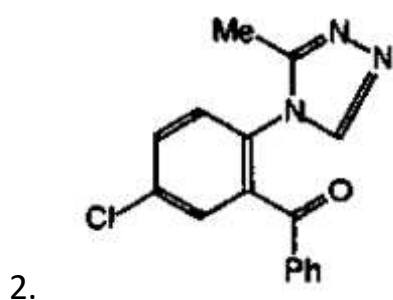
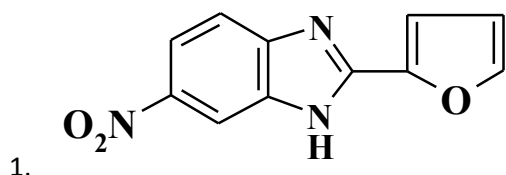
Составитель \_\_\_\_\_ М.Е. Жидков  
(подпись)

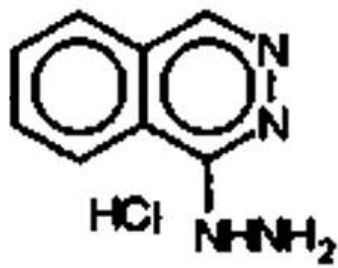
« \_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Комплект тестовых заданий (кейсов)

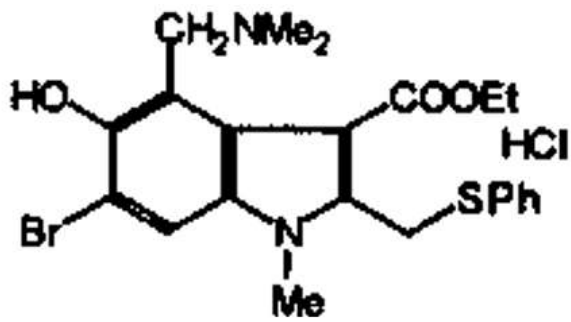
### по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений»

Предложите схему синтеза представленного соединения исходя из доступных реагентов. Укажите условия проведения каждой стадии, возможные побочные продукты.

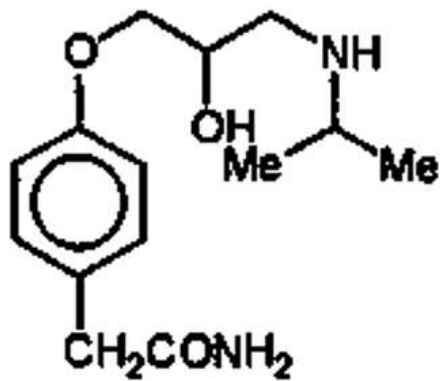




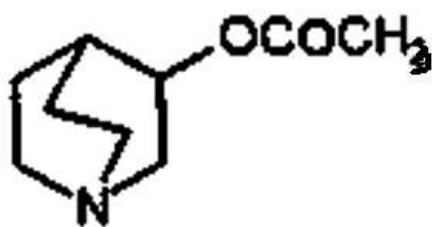
6.



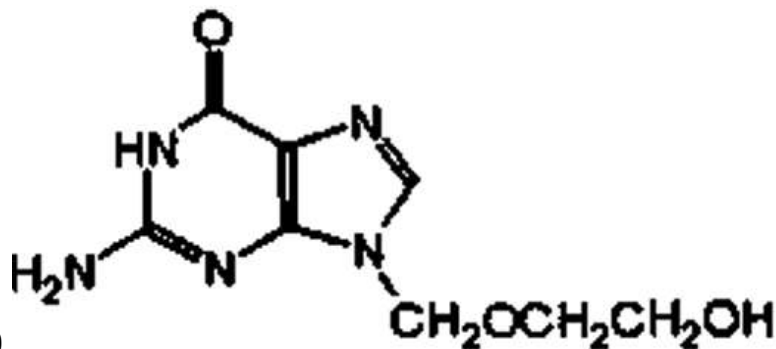
7.



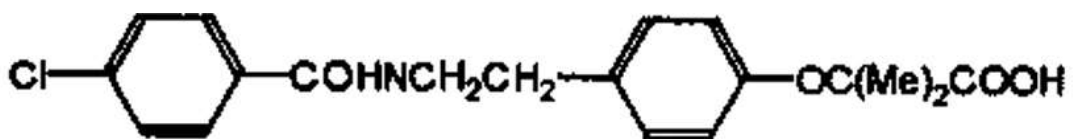
8.



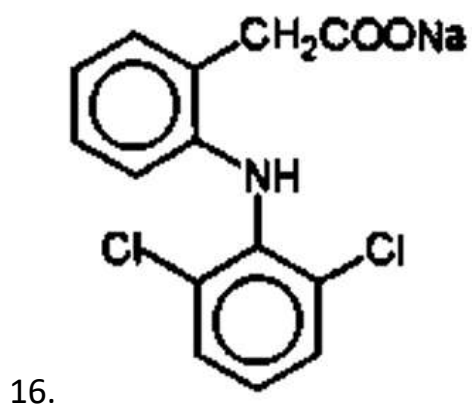
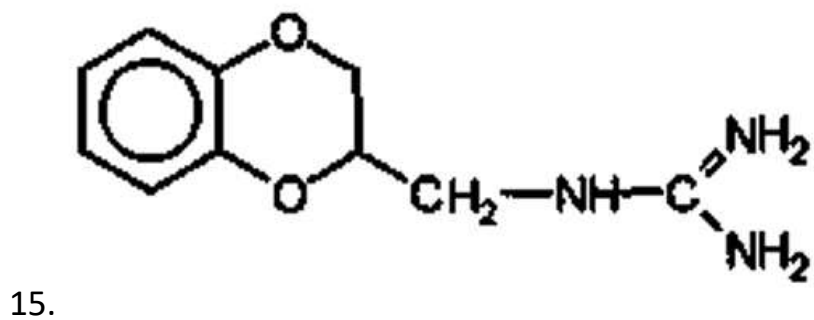
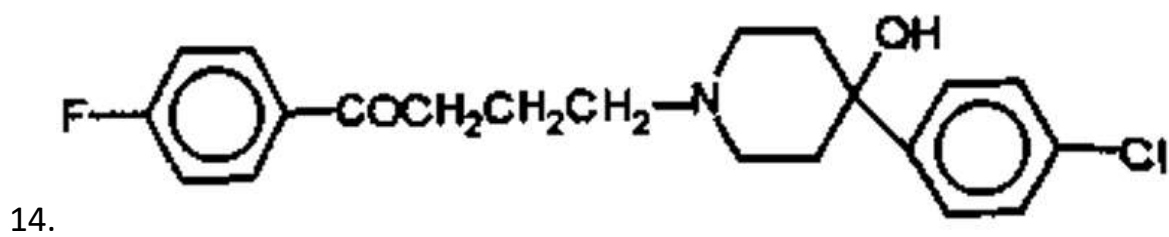
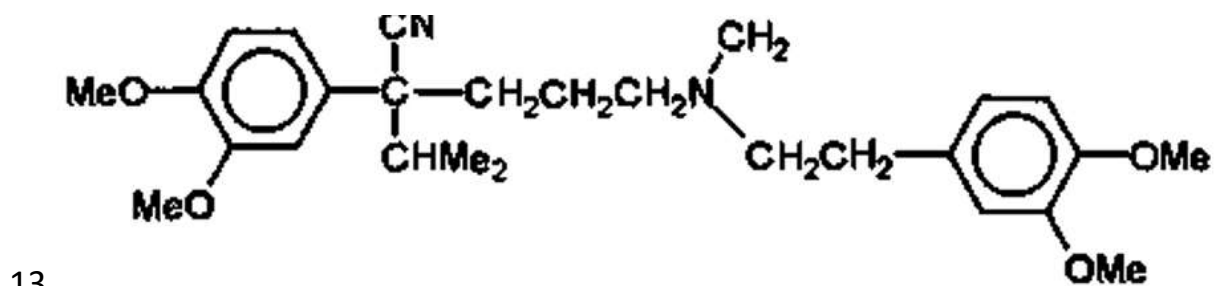
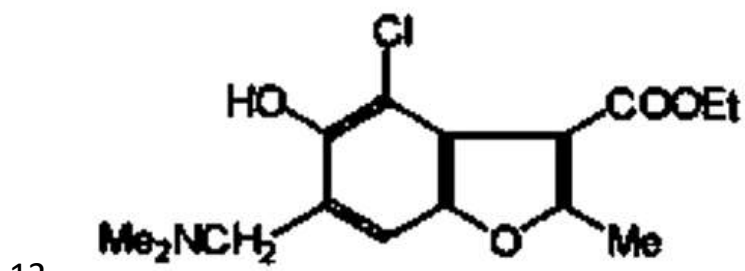
9.



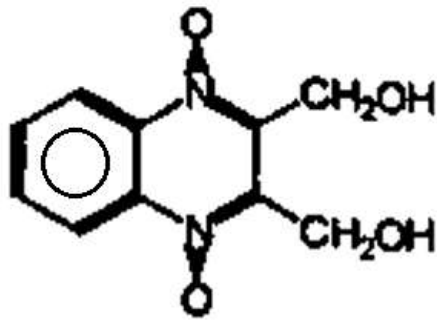
10.



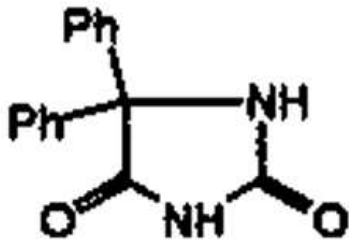
11.



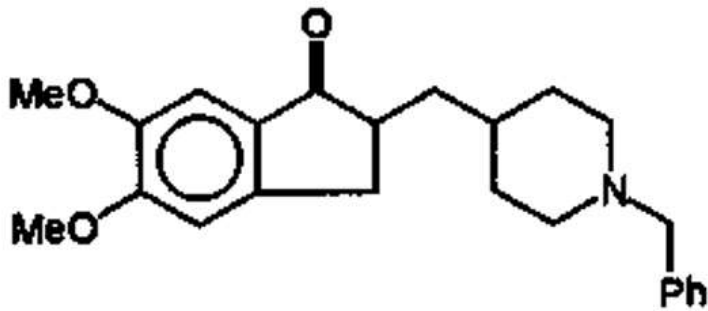




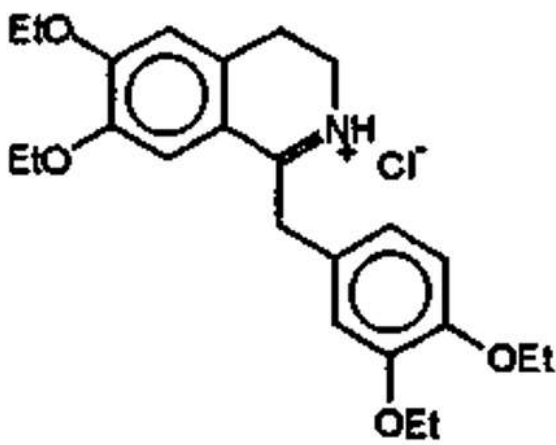
17.



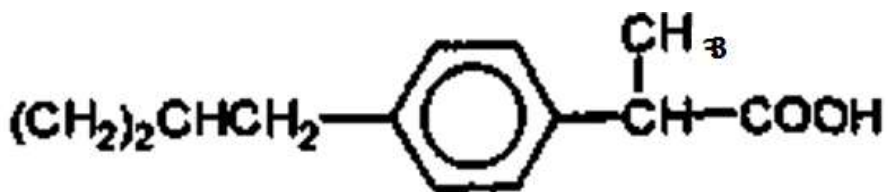
18.



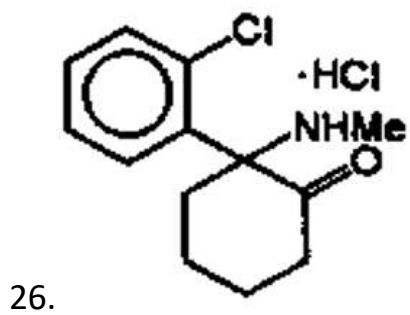
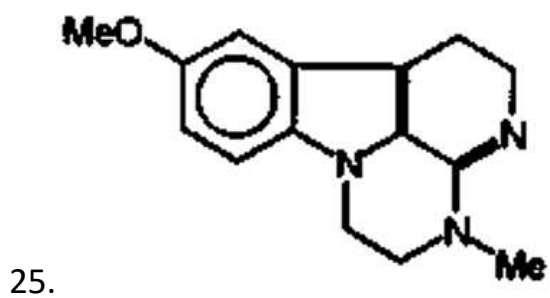
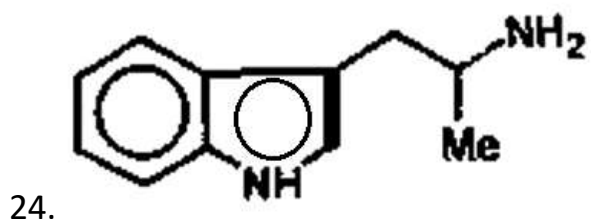
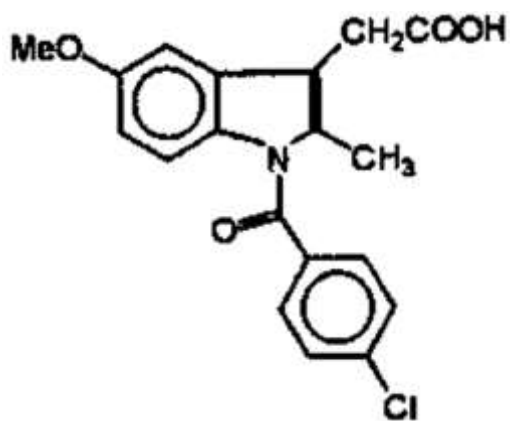
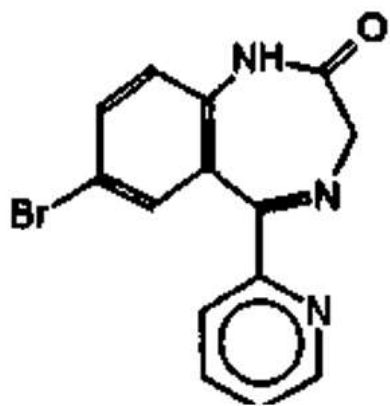
19.

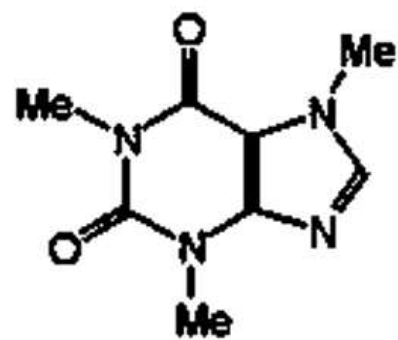
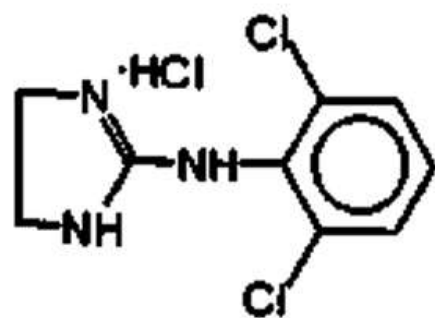
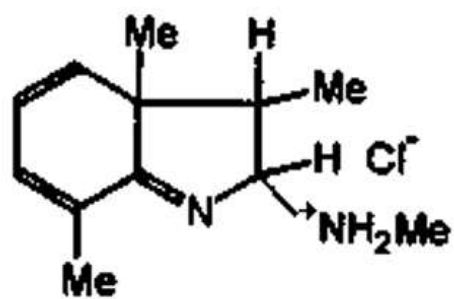
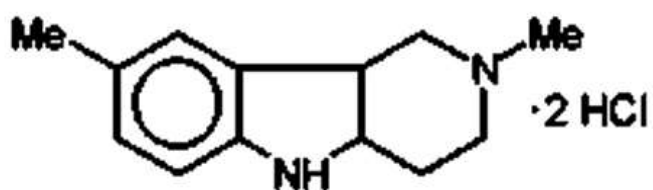
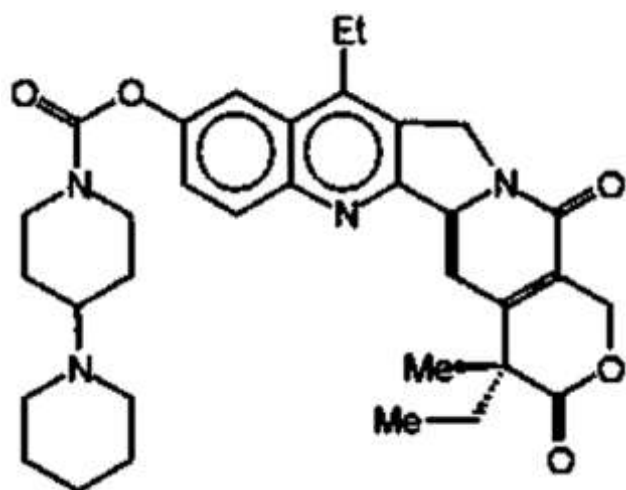


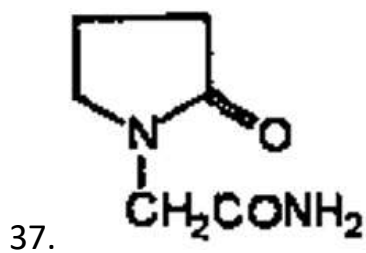
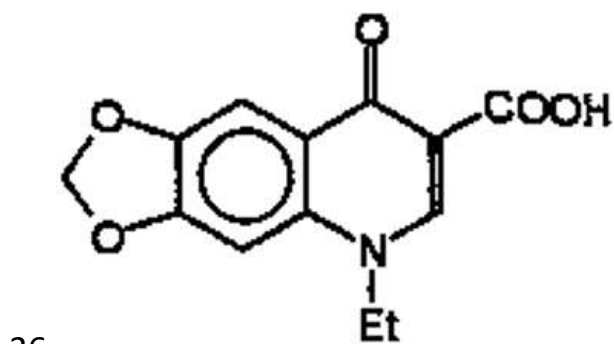
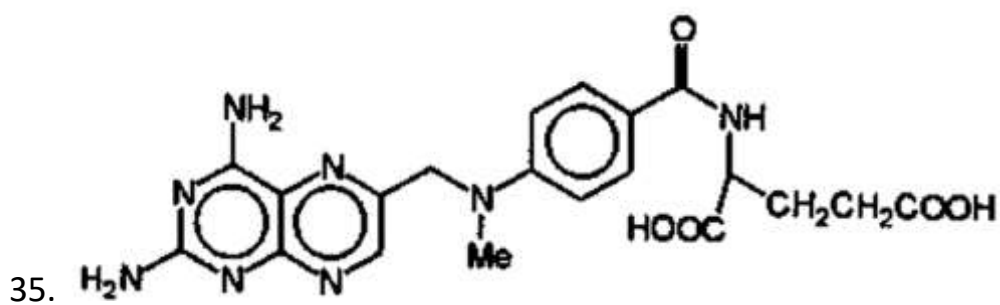
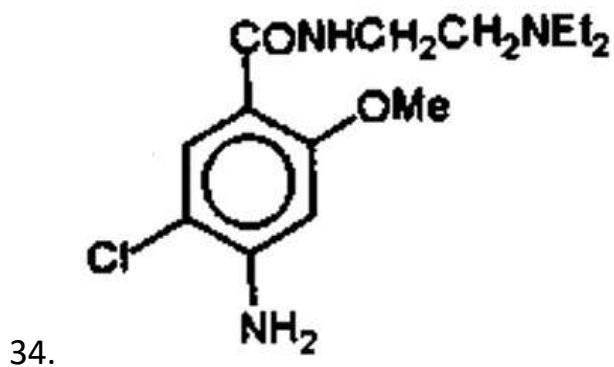
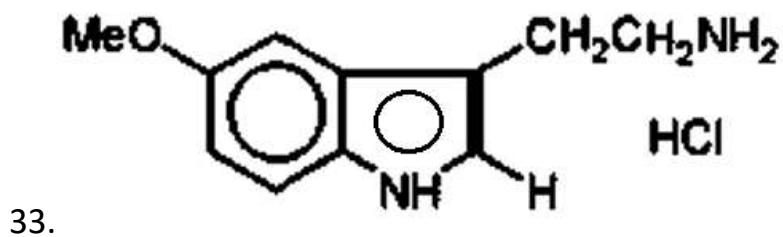
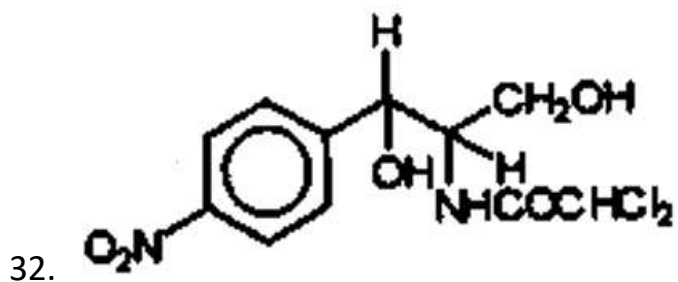
20.

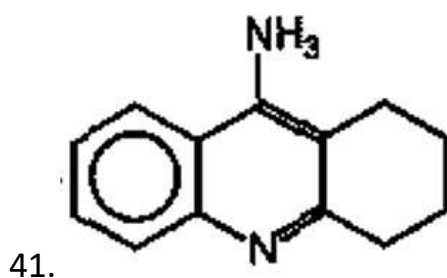
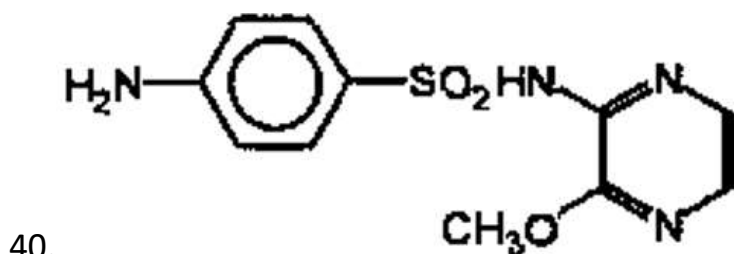
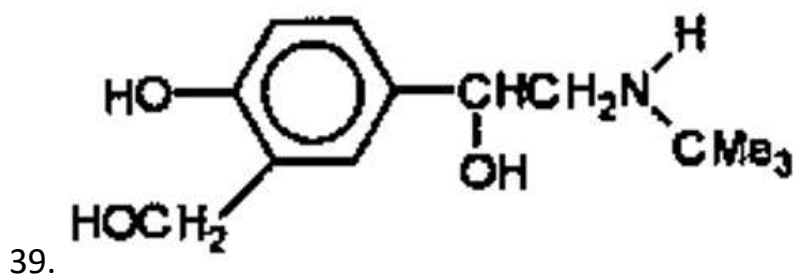
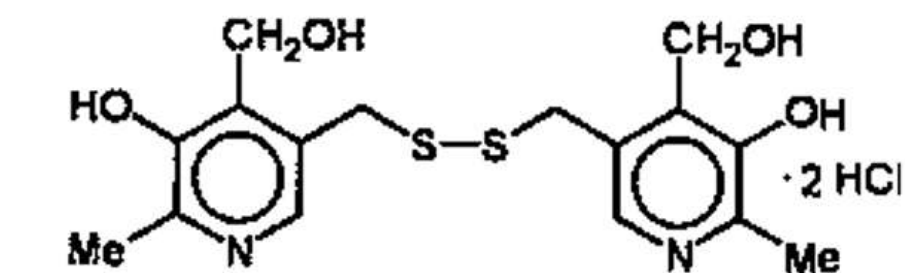


21.









### Критерии оценки

Оценка отлично выставляется студенту, если он самостоятельно провел ретросинтетический анализ представленной структуры, подобрал синтетические эквиваленты для использованных синтонов, описал условия проведения каждой стадии синтеза и оценил возможные сложности, связанные с их реализацией.

Оценка хорошо выставляется студенту, если проведение ретросинтетического анализа представленной структуры, подбор синтетических эквивалентов для использованных синтонов потребовали незначительной помощи со стороны преподавателя. Описание условия

проведения каждой стадии синтеза не вызвало затруднений, но студент не смог оценить возможные сложности, связанные с их реализацией.

Оценка удовлетворительно выставляется студенту, если проведение ретросинтетического анализа представленной структуры, подбор синтетических эквивалентов для использованных синтонов потребовали существенной помощи со стороны преподавателя. Описание условия проведения каждой стадии синтеза вызывает у студента затруднение.

Оценка неудовлетворительно выставляется студенту в случае, если студент не понимает принципов проведения ретросинтетического анализа представленной структуры и не умеет подбирать синтетические эквиваленты для использованных синтонов, а также не способен оценить условия проведения отдельных стадий синтеза, т.е. не владеет фактическим материалом общего курса органической химии, специального курса органического синтеза, а также данной дисциплины.

Составитель \_\_\_\_\_ М.Е. Жидков  
(подпись)

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Оценочные средства для промежуточной аттестации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Шкала оценивания промежуточной аттестации			
		Неудовлетворительный	Удовлетворительный	Хорошо	Отлично
ПК-2.1 Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	Знает правила проведения первичного поиска информации по заданной тематике научного исследования (в т.ч., с использованием патентных баз данных)	Выставляется студенту, если он 1) не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки; 2) не освоил практическую часть курса и не может продолжить обучение без дополнительных занятий.	Знает название именных реакций кросс-сочетания, а также в области стереоселективного синтеза, но не способен привести их примеры	Знает название именных реакций кросс-сочетания, а также в области стереоселективного синтеза, и способен привести примеры соответствующих уравнений	Способен написать результат предложенной схемы реакции кросс-сочетания
	Умеет проводить первичный поиск информации по заданной тематике научного исследования (в т.ч., с использованием патентных баз данных)	Аналогично выше	Способен воспроизвести предложенную методику проведения реакции в области кросс-сочетания и стереоселективного синтеза	Способен масштабировать предложенную методику проведения реакции в области кросс-сочетания и стереоселективного синтеза	Способен адаптировать предложенную методику проведения реакции в области кросс-сочетания и стереоселективного синтеза для другого соединения
	Владеет навыками проведения первичного поиска информации	Аналогично выше	Способен осуществить поиск	Способен осуществить анализ	Способен осуществить

	по заданной тематике научного исследования (в т.ч., с использованием патентных баз данных)		научной литературы в области кросс-сочетания и стереоселективного синтеза для другого соединения по заданию	научной литературы в области кросс-сочетания и стереоселективного синтеза для другого соединения по заданию	подбор условий для проведения целевой реакции на основании анализа данных научной литературы в области кросс-сочетания и стереоселективного синтеза для другого соединения по заданию
ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	Знает правила составления обзора патентных источников по заданной теме научного исследования в области целенаправленного синтеза, оформления отчетов о выполненной работе по заданной форме и методы статистической обработки результатов	Аналогично выше	Знает механизм активирующего действия микроволнового излучения, но не способен привести примеры	Знает механизм активирующего действия микроволнового излучения и способен привести примеры	Способен оценить целесообразность применения микроволнового излучения для активации конкретной реакции
	Умеет составлять обзор патентных источников по заданной теме научного исследования в области целенаправленного синтеза, оформлять отчеты о патентном поиске по заданной форме, проводить статистическую обработку полученных результатов	Аналогично выше	Способен воспроизвести предложенную методику проведения реакции в области микроволновой активации	Способен масштабировать предложенную методику проведения реакции в области микроволновой активации	Способен адаптировать предложенную методику проведения реакции в области микроволновой активации для другого соединения



	Владеет навыками составления аналитического обзора патентных источников по заданной теме научного исследования в области целенаправленного синтеза, оформления отчетов по заданной форме, проведения статистической обработки результатов	Аналогично выше	Способен осуществить поиск научной литературы в области микроволновой активации	Способен осуществить анализ научной литературы в области микроволновой активации	Способен осуществить подбор условий для проведения целевой реакции на основании анализа данных научной литературы в области микроволновой активации
--	---	-----------------	---	--	---

## Комплект вопросов для экзамена

### по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений»

(наименование дисциплины)

#### *а) Pd-катализируемое кросс-сочетание*

- 1) Значение открытия Pd-катализируемого кросс-сочетания для органического синтеза. Каталитический цикл Pd-катализируемого кросс-сочетания.
- 2) Сравнительная характеристика различных реакций кросс-сочетания: реакции Сузуки, Стилле, Согонашира, Кумада, Негиши, Хияма.
- 3) Родственные реакции (синтез Мияура, Бушвальда-Хартвига, Хека), особенности их протекания и значение.

#### *б) Проведение реакций под действием микроволнового излучения*

- 4) Сравнительная характеристика некоторых органических реакций в «классических условиях» и под действием микроволнового излучения.
- 5) Механизм активирующего действия микроволнового излучения на протекание химических превращений.
- 6) Основные особенности проведения реакций под действием микроволнового излучения: аппаратная реализация, влияние растворителя, катализатора и проч.
- 7) Алгоритм подбора условий при адаптации реакции для проведения под действием микроволнового излучения.

#### *в) Стереоселективный органический синтез*

- 8) Стереоселективное восстановление 1: гидрирование на катализаторах Уилкинса и комплексами рутения.
- 9) Стереоселективное восстановление 2: восстановление карбонильной группы с стереоселективными реагентами. Реакция Кори-Бакши-Шибата.
- 10) Стереоселективное окисление: окисление аллиловых спиртов по Шарплессу.

## 11) Ограничения реакции Шарплесса. Эпоксидирование по Джекобсену и Ши.

Критерии оценки:

Оценка отлично выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает; в ходе дополнительных вопросов не затрудняется с ответом, способен увязывать теорию с проделанными лабораторными работами; свободно характеризует результаты собственных исследований в области целенаправленного синтеза исследуемого соединения, демонстрируя владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач в рассматриваемой области.

Оценка хорошо выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, способен соотнести обсуждаемые теоретические положения с проведенными лабораторными работами, но в ходе дополнительных вопросов путается и затрудняется с ответом. В результатах собственных исследований ориентируется с трудом.

Оценка удовлетворительно выставляется студенту, если он имеет только общее представление о пройденном материале и не усвоил его деталей; допускает неточности, ошибочные формулировки и нарушения логической последовательности в изложении материала; не способен соотнести обсуждаемые теоретические положения с проведенными лабораторными работами.

Оценка неудовлетворительно выставляется студенту, если он не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки. Выставляется студентам, которые не освоили практическую часть курса и (или) не выполнили предусмотренную планом самостоятельную работу и не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Составитель \_\_\_\_\_ М.Е. Жидков  
(подпись)

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.