



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

М. С. Васильева

«15» 09 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой органической химии

М.Е. Жидков

«15» сентябрь 2017 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целенаправленный синтез органических соединений

Направление подготовки 04.04.01 Химия

магистерская программа «Органическая, элементоорганическая и биоорганическая химия»

Форма подготовки очная

курс 1 семестр 1  
лекции 4 часа  
практические занятия час.  
лабораторные работы 32 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 4/лаб.0 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 36 час.  
в том числе с использованием МАО 4 час.  
самостоятельная работа 108 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
контрольные работы (количество)  
курсовая работа / курсовой проект \_\_\_\_\_ семестр  
зачет \_\_\_\_\_ семестр  
экзамен 1 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора ДВФУ № 12-13-592 от 04.04.2016.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры органической химии, протокол № 724(13/17) от «15» сентября 2017г.

Заведующий кафедрой органической химии Жидков М.Е. \_\_\_\_\_  
Составитель (ли): к.х.н., зав.кафедрой Жидков М.Е.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**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)

## ABSTRACT

**Master's degree** in 04.04.01 Chemistry.

**Master's Program** "Organic, organoelemental and bioorganic chemistry".

**Course title:** Total syntheses of organic compounds.

Variable part of Block, 4 credits.

**Instructor:** Maxim E. Zhidkov, PhD, Assistant professor.

At the beginning of the course a student should be able to have the following preliminary competences:

- ability to use the acquired knowledge of theoretical bases of fundamental chemistry during professional activities;
- possession of skills in chemical experiment, the main synthetic and analytical methods of production and investigation of chemical substances and reactions;
  - ability to use the basic laws of natural sciences in professional activities;
  - ability to perform common operations of the proposed methods;
  - knowledge of fundamental chemical concepts;
  - ability to apply basic laws of natural science and the laws of development of the chemical sciences in the analysis of the results;
- possession of methods for the safe handling of chemical materials, taking into account their physical and chemical properties.

### **Learning outcomes:**

**GC-5.** ability to generate ideas in scientific and professional activities.

**GPC-1.** the ability to use and develop the theoretical foundations of traditional and new sections of chemistry in solving professional problems.

**GPC-3.** ability to implement safety standards in laboratory and process conditions.

**SPC-1.** ability to conduct scientific research on formulated topics, independently draw up a research plan and obtain new scientific and applied results.

**SPC-2.** possession of theory and practical skills in the chosen field of chemistry.

Course description: The purpose of studying this discipline is to form the students' professional competences necessary for carrying out research in the field of targeted synthesis of organic compounds. The **tasks** of this discipline are:

- To supplement the students' theoretical knowledge of the most important synthetic reactions and functional transformations, methods of forming heterocyclic systems and stereoselective transformations.

- Develop students' skills in practical implementation of the most important synthetic reactions, as well as experience in applying modern methods of activating chemical transformations.

- To form the ability of the students to independently design multi-stage schemes for the synthesis of compound compounds, and also to evaluate them in terms of labor costs, availability of raw materials, technical equipment and the level of skill of the experimenter.

#### **Main course literature:**

1. Smit V.A. Osnovy sovremennogo organicheskogo sinteza / V.A. Smit, A.D. Dil'man.- M : BINOM, 2009.- 750 s.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:266520&theme=FEFU>

2. Velikorodov A. V. Strategiya organicheskogo sinteza : uchebno-metodicheskoye posobiye / A. V. Velikorodov - M : KnoRus, [Astrakhan'] : [Izd. dom Astrakhanskogo universiteta], 2016.- 92 s.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:792260&theme=FEFU>

3. Velikorodov A. V. Stereokhimiya. Stereoselektivnyy sintez : uchebno-metodicheskoye posobiye / A. V. Velikorodov.- M : KnoRus [Astrakhan'] : [Izd. dom Astrakhanskogo universiteta], 2016.- 121 s.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:792251&theme=FEFU>

**Form of final knowledge control:** exam.

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Целенаправленный синтез органических соединений»**

Дисциплина «Целенаправленный синтез органических соединений» разработана для студентов 1-го курса по направлению подготовки 04.04.01 «Химия», магистерская программа «Органическая, элементоорганическая и биоорганическая химия».

Трудоемкость дисциплины 4 зачетных единицы. Дисциплина реализуется в первом семестре. Включает в себя 4 часа лекций, 32 часа лабораторных работ, 108 час. самостоятельной работы, из которых 36 отводится на экзамен.

Данная дисциплина опирается на основы, формируемые в рамках изучения курса «Органический синтез» (направление подготовки бакалавров 04.03.01 «Химия», профиль «Фундаментальная химия») и является его логическим продолжением. Данный курс также неразрывно связан со следующими дисциплинами направления подготовки бакалавров 04.03.01 «Химия», профиль «Фундаментальная химия»: «Органическая химия», «Механизмы реакций и стереохимия», «Методы выделения и установления строения органических молекул», «Хроматография», «Физико-химические методы анализа».

В рамках теоретической части данного курса рассматриваются последние достижения целенаправленного органического синтеза, включая методы формирования углерод-углеродной связи между  $sp^2$ -гибридизованными атомами, объединенные под общим названием палладий-катализируемое кросс-сочетание, а также современные разработки в области стереоселективного синтеза и реакции метатезиса. В рамках серии лабораторных работ студенты осваивают экспериментальные методики проведения классических синтетических реакций, происходящих под действием микроволнового излучения. В ходе самостоятельной работы студентам предстоит овладеть навыками составления схем многостадийного синтеза широкого круга соединений различных классов.

**Цель** изучения данной дисциплины заключается в формировании 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, включая палладий кросс-сочетание, метатезис, а также стереоселективные превращения.

- Сформировать у студентов навыки практического проведения важнейших синтетических реакций в классических условиях проведения, а также под действием микроволнового излучения.

- Сформировать у обучающихся умение самостоятельно составлять многостадийные схемы синтеза сложных соединений, а также оценивать их с точки зрения затрат труда, доступности исходных веществ, технической оснащённости и уровня мастерства экспериментатора.

Для успешного изучения дисциплины «Целенаправленный синтез органических соединений» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции (элементы компетенций):

- способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач.
- владением навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций.
- Способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.
- : способностью выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам.
- владением системой фундаментальных химических понятий.
- способностью применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов.
- владением методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-5 - способность генерировать идеи в научной и профессиональной деятельности	Знает	- теоретические основы синтонного подхода для разработки синтетических схем
	Умеет	- подбирать синтетические эквиваленты для используемых синтонов
	Владеет	- навыком проведения ретросинтетического анализа структуры исследуемого соединения
ОПК-1 - способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	Знает	- широкий набор органических реакций на уровне общего курса органической химии
	Умеет	- организовывать химический эксперимент как в классических условиях, так и с использованием новых методов активации химических превращений (микроволновое излучение, механосинтез, проточный синтез и т.п.)
	Владеет	- навыками адаптации классических органических реакций для применения в схеме синтеза целевого соединения
ОПК-3 - способность реализовать нормы техники безопасности в лабораторных и технологических условиях	Знает	- основные нормы и правила техники безопасности при выполнении различных операций с опасными химическими соединениями
	Умеет	- применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций, связанных с возникновением пожара, высвобождением токсичных соединений и отравлением после контакта с ними
	Владеет	- способностью оценить риски, связанные с проведением рассматриваемого химического превращения, и принять меры по их минимизации
ПК-2 - владение теорией и навыками практической работы в избранной области химии	Знает	- широкий спектр синтетических реакций, включая реакции палладий-катализируемого кросс-сочетания, методов трансформации функциональных групп, способов формирования гетероциклических систем различных типов, а также современные разработки в области стереоселективного синтеза, - знает теоретические основы, механизм активирующего действия и ограничения механохимической активации, микроволнового излучения, сонохимии и проточной химии
	Умеет	- проводить реакции направленной альдольно-кетоновой конденсации, с использованием литийорганических соединений, а также палладий-катализируемое сочетание и стереоселективные превращения в классических условиях, а также под

		действием микроволнового облучения
	Владеет	-навыком масштабирования условий эксперимента, приведенных в литературе
ПК-1 - способность проводить научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования и получать новые научные и прикладные результаты	Знает	- механизм, условия проведения и область применения широкого набора синтетических реакций
	Умеет	-грамотно проводить химический эксперимент, включая подготовку исходных соединений, осуществление синтеза, выделение продуктов реакции
	Владеет	- навыком разработки и реализации схемы целенаправленного синтеза исследуемого соединения

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Целенаправленный синтез органических соединений» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: проблемные лекции, лекции-беседы.



# **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **Раздел I. Реакции кросс-сочетания, катализируемые нуль-валентным палладием (1 час.)**

**Тема 1. Введение в палладий-катализируемое кросс-сочетание (0,5 час). MAO метод: проблемная лекция**

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 (0,5 час час.). MAO метод: лекция-беседа**

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

## **Раздел II. Стереоселективный органический синтез (1 час.)**

**Тема 1. Стереоселективное восстановление (0,5 час). MAO метод: проблемная лекция**

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

**Тема 2. Стереоселективное окисление (0,5 час.). MAO метод: лекция-беседа**

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

## **Раздел III. Активация химических реакций под действием микроволнового излучения (1 час.)**

**Тема 1. Введение в микроволновый синтез (0,5 час.) MAO метод: проблемная лекция**

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 (0,5 час.)** МАО метод: лекция-беседа

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.

#### **Раздел IV. Реакции метатезиса (1 час.)**

**Тема 1. Введение в метатезис (0,5 час.)** МАО метод: проблемная лекция

История возникновения и современное состояние метода. Механизм реакции и используемые катализаторы

**Тема 2. Применение метатезиса для задач синтетической химии (0,5 час.)** МАО метод: лекция-беседа

Классификация реакции метатезиса. Характеристика реакций RCM. Характеристика реакций кросс-метатезиса.

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

#### **Лабораторные работы (32 час.)**

**Лабораторная работа № 1.** Получение бензанилида при нагревании и под действием микроволнового излучения в различных условиях (4 час.)

**Лабораторная работа № 2.** Получение производных фенилборной кислоты из замещенных анилинов (4 час.)

**Лабораторная работа № 3** Проведение реакции Сузуки под действием микроволнового излучения (4 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.)

## II. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Последние достижения в области синтетических реакций и стереоселективности химических превращений	ПК-2	знает широкий спектр синтетических реакций, включая реакции палладий-катализируемого кросс-сочетания и современные достижения в области стереоселективного синтеза	-	Вопросы 1-8
			умеет проводить реакции направленной альдольно-кетоновой конденсации, палладий-катализируемого кросс-сочетания и некоторые стереоселективные превращения	Отчеты по Лабораторным работам 1-3 (ЛР-6)	-

			владеет -	-	-		
		ОПК-3	знает основные нормы и правила техники безопасности при выполнении различных операций с опасными химическими соединениями	Допуски по Лабораторным работам 1-3 (ПР-6)	-		
			умеет применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций, связанных с возникновением пожара, высвобождением токсичных соединений и отравлением после контакта с ними	Выполнение лабораторных работ 1-3 (ПР-6)	-		
			владеет -	-	-		
2	Раздел II. Современные достижения в области синтеза гетероциклических соединений	ОК-5	знает теоретические основы синтонного подхода для разработки синтетических схем	Решение кейсов разработку схемы синтеза	-		
			умеет подбирать синтетические эквиваленты для используемых синтонов	Решение кейсов разработку схемы синтеза	-		
			владеет навыком проведения ретросинтетического анализа структуры исследуемого соединения	Решение кейсов разработку схемы синтеза	-		
				ПК-2	знает широкий спектр способов формирования гетероциклических систем различных типов	-	Вопросы 9-15
					умеет проводить синтез различных гетероциклических систем с использованием специальных методов	Отчеты по Лабораторным работам 4 и 5 (ПР-6)	-
					владеет	-	-
				ОПК-3	знает основные нормы и правила техники безопасности при выполнении различных операций с опасными химическими соединениями	Допуски по Лабораторным работам 4 и 5 (ПР-6)	
					умеет применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций, связанных с возникновением пожара, высвобождением токсичных соединений и отравлением после контакта с ними	Выполнение лабораторных работ 4 и 5	-
					владеет -	-	-
		3	Раздел III.	ПК-2	знает теоретические основы,	-	Вопросы

Новые способы активации химических превращений		механизм активирующего действия и ограничения микроволнового излучения, механохимии, сонохимии и проточной химии		14-18
		умеет проводить химический эксперимент под действием микроволнового излучения	Отчеты по Лабораторным работам 2 и 3 (ПР-6)	-
		владеет навыком масштабирования условий эксперимента, приведенных в литературе	Отчет о синтезе нового производного известного соединения	-
	ОК-5	знает теоретические основы синтонного подхода для разработки синтетических схем	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
		умеет подбирать синтетические эквиваленты для используемых синтонов	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
		владеет навыком проведения ретросинтетического анализа структуры исследуемого соединения	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
	ОПК-3	знает -	-	-
		умеет -	-	-
		владеет способностью оценить риски, связанные с проведением рассматриваемого химического превращения, и принять меры по их минимизации	Допуск к выполнению синтеза нового производного известного соединения	
	ПК-1	знает механизм, условия проведения и область применения широкого набора синтетических реакций	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
		умеет грамотно проводить химический эксперимент, включая подготовку исходных соединений, осуществление синтеза, выделение продуктов реакции	Выполнение лабораторных работ 1-5	-
		владеет навыком разработки и реализации схемы целенаправленного синтеза исследуемого соединения	Отчет о синтезе нового производного известного соединения	-
	ОПК	знает широкий набор	Решение	-

		-1	органических реакций на уровне общего курса органической химии	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	Отчет о синтезе нового производного известного соединения	-

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 этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

#### **IV. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

4. Смит, В.А. Основы современного органического синтеза / В.А. Смит, А.Д. Дильман.- М : БИНОМ, 2009.- 750 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:266520&theme=FEFU>

5. Великородов, А. В. Стратегия органического синтеза : учебно-методическое пособие / А. В. Великородов - М : КноРус, [Астрахань] : [Изд. дом Астраханского университета], 2016.- 92 с

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:792260&theme=FEFU>

6. 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. Domino-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>
4. Смит, В. Органический синтез. Наука и искусство / В. Смит, А. Бочков, Р. Кейпл.- М : Мир , 2001.- 573 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:16961&theme=FEFU>

## 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.

## **V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **A) Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины, описание последовательности действий обучающихся**

Освоение дисциплины следует начинать с изучения рабочей учебной программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам. Обязательно следует учитывать рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем – приступить к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал с помощью рекомендуемой основной литературы. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем. Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно.

Подготовку к началу обучения включает несколько необходимых пунктов:

1) Необходимо создать для себя рациональный и эмоционально достаточный уровень мотивации к последовательному и планомерному изучению дисциплины.

2) Необходимо изучить список рекомендованной основной и дополнительной литературы и убедиться в её наличии у себя дома или в библиотеке в бумажном или электронном виде.

3) Необходимо иметь «под рукой» специальные и универсальные словари, справочники и энциклопедии, для того, чтобы постоянно уточнять значения используемых терминов и понятий. Пользование словарями и справочниками необходимо сделать привычкой. Опыт показывает, что неудовлетворительное усвоение предмета зачастую коренится в неточном, смутном или неправильном понимании и употреблении понятийного аппарата учебной дисциплины.

4) Желательно в самом начале периода обучения возможно тщательнее спланировать время, отводимое на работу с источниками и



литературой по дисциплине, представить этот план в наглядной форме (график работы с датами) и в дальнейшем его придерживаться, не допуская срывов графика индивидуальной работы и «аврала» в предсессионный период. Пренебрежение этим пунктом приводит к переутомлению и резкому снижению качества усвоения учебного материала.

### **Б) Рекомендации по работе с литературой**

1) Всю учебную литературу желательно изучать «под конспект». Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, даже пусть самым кратким – бесполезная работа. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала.

2) Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально структурируя конспект, используя символы и условные обозначения. Копирование и «заучивание» неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет большой познавательной и практической ценности.

3) В итоге данной работы «идеальным» является полный конспект по программе дисциплины, с выделенными определениями, узловыми пунктами, примерами, неясными моментами, проставленными на полях вопросами.

4) При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю.

5) При чтении учебной и научной литературы всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

6) При написании учебного конспекта обязательно указывать все прорабатываемые источники, автор, название, дата и место издания, с указанием использованных страниц.

### ***В) 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.

### ***Г) 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».

### ***Д) 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.

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения лабораторных работ по органическому синтезу необходимо наличие помещения площадью не менее 40 м<sup>2</sup>, оборудованного приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением, обеспечивающей скорость потока выводимого воздуха через расчетный проем вытяжного шкафа площадью 0,2 м<sup>2</sup> на каждый метр длины рабочей зоны, равный не менее 1 м/с (рециркуляция воздуха не допускается, объем притока должен составлять 90 % от объема выводимого воздуха), однофазной сетью переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц, мощностью не менее 10 кВт, отделка помещений должна соответствовать СНиП для химических лабораторий, обязательно наличие холодного и

горячего водоснабжения. Для проведения данных работ требуется наличие специализированного микроволнового реактора, ротационного испарителя, позволяющего отгонку растворителей из реакционных смесей при пониженном давлении, а также широкого ассортимента общелабораторного оборудования (весы, шейкер, обратные холодильники, электрические плитки) и лабораторной посуды. Кроме того, необходим широкий ассортимент исходных реактивов для проведения химических реакций.



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

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений»  
**Направление подготовки 04.04.01 Химия**  
магистерская программа «Органическая, элементоорганическая и  
биоорганическая химия»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2017**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине (63 ч)

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-я неделя	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 1	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 1
2	до 3 недели включительно	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 1	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 1
3	2-я неделя	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 2	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 2
4	до 4 недели включительно	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 2	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 2
5	3-я неделя	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 3	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 3
6	до 5 недели	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 3	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 3
7	4-я неделя	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 4	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 4
8	до 6 недели	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 4	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 4
9	5-я неделя	Изучение методических указаний	2 час	Сдача допуска для выполнения

		к Лабораторной работе № 5		Лабораторной работы № 5
10	до 7 недели включительно	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 5	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 5
11	6-я неделя	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 6	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 6
12	до 8 недели включительно	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 6	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 6
13	7-я неделя	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 7	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 7
14	до 9 недели включительно	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 7	2 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 7
15	8-я неделя	Изучение методических указаний к Лабораторной работе № 8	2 час	Сдача допуска для выполнения Лабораторной работы № 8
16	до 10 недели включительно	Подготовка отчета по Лабораторной работе № 8	3 час	Сдача отчета о выполнении Лабораторной работы № 8
17	До сессии	Решение тестовых заданий на составление схемы синтеза предложенного соединения	15	Тестовое задание на экзамене
18	До сессии	Подготовка к экзамену	15 час	Экзамен

## **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) Решение тестовых заданий на разработку схем синтеза***

Студентом на первом занятии предоставляются большое число вариантов тестовых заданий на разработку схемы синтеза органических соединений разных классов. В ходе изучения курса студенты самостоятельно проводят решение данных заданий и при возникновении вопросов адресуют их преподавателю в ходе консультаций. На экзамене студент в качестве дополнительного вопроса получает один вариант из числа ранее выданных заданий и предлагает и защищает схему синтеза предложенного соединения.

## **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.
5. Рисунок схемы используемого оборудования.
6. Подробное описание проделанной работы.
7. Расчет теоретического и практического (в процентах) выхода целевого продукта, описание внешнего вида полученного вещества, его экспериментальные и литературные константы.

### ***Б) тестовые задания на разработку схем синтеза***

Схема (схемы) синтеза целевого соединения, предложенного студенту, должна исходить из легкодоступных соединений, включать подробное описание условий проведения отдельных стадий, при условии возможности получения смеси соединений должны быть указаны методы по их разделению. Тестовые задания приведены в Приложении 2.

## **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

### ***Сдача допуска для выполнения лабораторной работы***

Оценка отлично выставляется, 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.

Оценка хорошо выставляется, 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.

Оценка удовлетворительно выставляется, 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.

Оценка неудовлетворительно выставляется студенту в случае, если обучаемый в ходе устной беседы с преподавателем не продемонстрировал знание последовательности и содержания экспериментальных операций, которые предстоит выполнить в ходе лабораторной работы и (или) мер безопасности, которые следует соблюдать при их проведении.

### ***Отчет по лабораторной работе***

Оценка отлично выставляется обучаемому, если представленная работа оформлена без ошибок, содержит основные разделы, представленные в Требованиях к оформлению, эксперимент описан грамотно, приведены все необходимые расчеты и сделан обоснованный вывод

Оценка хорошо выставляется обучаемому, если представленная работа оформлена 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 обучаемому, если представленная работа 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 представленная работа не содержит основных разделов, исключает возможность ее воспроизведения, отсутствует вывод или он сформулирован неправильно.

### *Тестовые задания на разработку схем синтеза*

Критерием качества самостоятельного развития навыка разработки синтетических схем является качество предложенной студентом схемы получения выбранного соединения, которое определяется целесообразностью ретросинтетического анализа каждого из полупродуктов и адекватностью выбранных синтетических эквивалентов, доступностью исходного соединения, количеством стадий, а также способностью студента охарактеризовать каждую из использованных реакций, ее механизм, условия проведения и возможные побочные продукты. 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.



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

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений»**  
**Направление подготовки 04.04.01 Химия**  
магистерская программа «Органическая, элементоорганическая и  
биоорганическая химия»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2017**

## Паспорт

### фонда оценочных средств

#### по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений»

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-5 - способность генерировать идеи в научной и профессиональной деятельности	Знает	- теоретические основы синтонного подхода для разработки синтетических схем
	Умеет	- подбирать синтетические эквиваленты для используемых синтонов
	Владеет	- навыком проведения ретросинтетического анализа структуры исследуемого соединения
ОПК-1 - способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	Знает	- широкий набор органических реакций на уровне общего курса органической химии
	Умеет	- организовывать химический эксперимент как в классических условиях, так и с использованием новых методов активации химических превращений (микроволновое излучение, механосинтез, проточный синтез и т.п.)
	Владеет	- навыками адаптации классических органических реакций для применения в схеме синтеза целевого соединения
ОПК-3 - способность реализовать нормы техники безопасности в лабораторных и технологических условиях	Знает	- основные нормы и правила техники безопасности при выполнении различных операций с опасными химическими соединениями
	Умеет	- применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций, связанных с возникновением пожара, высвобождением токсичных соединений и отравлением после контакта с ними
	Владеет	- способностью оценить риски, связанные с проведением рассматриваемого химического превращения, и принять меры по их минимизации
ПК-2 - владение теорией и навыками практической работы в избранной области химии	Знает	- широкий спектр синтетических реакций, включая реакции палладий-катализируемого кросс-сочетания, методов трансформации функциональных групп, способов формирования гетероциклических систем различных типов, а также современные разработки в области стереоселективного синтеза, - знает теоретические основы, механизм активирующего действия и ограничения механохимической активации, микроволнового излучения, сонохимии и проточной химии
	Умеет	- проводить реакции направленной альдольно-кетоновой конденсации, с использованием литийорганических соединений, а также палладий-

		катализируемое сочетание и стереоселективные превращения в классических условиях, а также под действием микроволнового облучения
	Владеет	-навыком масштабирования условий эксперимента, приведенных в литературе
ПК-1 - способность проводить научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования и получать новые научные и прикладные результаты	Знает	- механизм, условия проведения и область применения широкого набора синтетических реакций
	Умеет	-грамотно проводить химический эксперимент, включая подготовку исходных соединений, осуществление синтеза, выделение продуктов реакции
	Владеет	- навыком разработки и реализации схемы целенаправленного синтеза исследуемого соединения

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Последние достижения в области синтетических реакций и стереоселективности химических превращений	ПК-2	знает широкий спектр синтетических реакций, включая реакции палладий-катализируемого кросс-сочетания и современные достижения в области стереоселективного синтеза	-	Вопросы 1-8
			умеет проводить реакции направленной альдольно-кетоновой конденсации, палладий-катализируемого кросс-сочетания и некоторые стереоселективные превращения	Отчеты по Лабораторным работам 1-3 (ПР-6)	-
			владеет -	-	-
		ОПК-3	знает основные нормы и правила техники безопасности при выполнении различных операций с опасными химическими соединениями	Допуски по Лабораторным работам 1-3 (ПР-6)	-
умеет применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций, связанных с возникновением пожара, высвобождением токсичных соединений и отравлением после контакта с ними	Выполнение лабораторных работ 1-3 (ПР-6)		-		

			владеет -	-	-
2	Раздел II. Современные достижения в области синтеза гетероциклических соединений	ОК-5	знает теоретические основы синтонного подхода для разработки синтетических схем	Решение кейсов разработку схемы синтеза	-
			умеет подбирать синтетические эквиваленты для используемых синтонов	Решение кейсов разработку схемы синтеза	-
			владеет навыком проведения ретросинтетического анализа структуры исследуемого соединения	Решение кейсов разработку схемы синтеза	-
		ПК-2	знает широкий спектр способов формирования гетероциклических систем различных типов	-	Вопросы 9-15
			умеет проводить синтез различных гетероциклических систем с использованием специальных методов	Отчеты по Лабораторным работам 4 и 5 (ПР-6)	-
			владеет	-	-
		ОПК-3	знает основные нормы и правила техники безопасности при выполнении различных операций с опасными химическими соединениями	Допуски по Лабораторным работам 4 и 5 (ПР-6)	
			умеет применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций, связанных с возникновением пожара, высвобождением токсичных соединений и отравлением после контакта с ними	Выполнение лабораторных работ 4 и 5	-
			владеет -	-	-
3	Раздел III. Новые способы активации химических превращений	ПК-2	знает теоретические основы, механизм активирующего действия и ограничения микроволнового излучения, механохимии, сонохимии и проточной химии	-	Вопросы 14-18
			умеет проводить химический эксперимент под действием микроволнового излучения	Отчеты по Лабораторным работам 2 и 3 (ПР-6)	-
			владеет навыком масштабирования условий эксперимента, приведенных в литературе	Отчет о синтезе нового производного известного	-

			соединения	
	ОК-5	знает теоретические основы синтонного подхода для разработки синтетических схем	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
		умеет подбирать синтетические эквиваленты для используемых синтонов	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
		владеет навыком проведения ретросинтетического анализа структуры исследуемого соединения	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
	ОПК-3	знает -	-	-
		умеет -	-	-
		владеет способностью оценить риски, связанные с проведением рассматриваемого химического превращения, и принять меры по их минимизации	Допуск к выполнению синтеза нового производного известного соединения	
	ПК-1	знает механизм, условия проведения и область применения широкого набора синтетических реакций	Решение кейсов на разработку схем синтеза	-
		умеет грамотно проводить химический эксперимент, включая подготовку исходных соединений, осуществление синтеза, выделение продуктов реакции	Выполнение лабораторных работ 1-5	-
		владеет навыком разработки и реализации схемы целенаправленного синтеза исследуемого соединения	Отчет о синтезе нового производного известного соединения	-
	ОПК-1	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	Отчет о синтезе нового производного известного соединения	-



## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОК-5 - способность генерировать идеи в научной и профессиональной деятельности	Знает	- теоретические основы синтонного подхода к разработке синтетических схем	Способность провести операцию ретросинтетического распада	Способность предложить синтоны для предложенного соединения
	Умеет	- подбирать синтетические эквиваленты для заданных синтонов	Способность предложить синтетические эквиваленты синтона	Умение предложить синтетические эквиваленты для предложенного синтона
	Владеет	- навыком проведения ретросинтетического анализа структуры исследуемого соединения	Способность предложить схему ретросинтеза	Оценивается глубина владения навыком разработки схемы ретросинтеза предложенного соединения
ОПК-1 - способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	Знает (пороговый уровень)	-широкий набор органических реакций	Способность изобразить схемы широкого набора органических реакций	Не менее 60 процентов правильно написанных схем реакций
	Умеет (продвинутый)	- организовывать химический эксперимент как в классических условиях, так и с использованием микроволнового излучения	Способность организовывать химический эксперимент по методике из литературы	Оцениваются правильность расчетов по масштабированию, аккуратность в выполнении и корректность описания лит. синтеза
	Владеет (высокий)	-навыками адаптации органических реакций для применения в отношении выбранного соединения	Способность адаптировать известную методику для получения нового соединения	Оцениваются правильность перерасчета, навыки выполнения эксперимента и анализ полученных результатов
ОПК-3 - способность реализовать нормы техники безопасности в	Знает (пороговый уровень)	-основные нормы и правила техники безопасности при выполнении различных операций	Знание норм и правил техники безопасности при работе с опасными химическими	Оценивается способность студента назвать основные правила работы с пожароопасными и

лабораторных и технологических условиях		опасными химическими соединениями	соединениями	ядовитыми веществами, а также работы со стеклом и с электронагревательным оборудованием
	Умеет (продвинутый)	-применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций, связанных с возникновением пожара, высвобождением токсичных соединений и отравлением после контакта с ними	Умение применять меры по ликвидации последствий нештатных ситуаций	Оценивается способность принять меры по ликвидации последствий пожара, отравления токсичными соединениями и поражения электротоком
	Владеет (высокий)	- способностью оценить риски, связанные с проведением рассматриваемого химического превращения, и принять меры по их минимизации	Способность оценить риски проведения предложенного химического превращения, и принять меры по их минимизации	Оценивается способность студента оценить риски развития нештатной ситуации для предложенного эксперимента
ПК-2 - владение теорией и навыками практической работы в избранной области химии	Знает (пороговый уровень)	-широкий спектр синтетических реакций палладий-катализируемого кросс-сочетания, а также современные достижения в области стереоселективного синтеза, - знает теоретические основы, механизм активирующего действия микроволнового излучения	Знание спектра синтетических реакций палладий-катализируемого кросс-сочетания, а также стереоселективного восстановления и окисления	Оценивается знание механизма обозначенной серии реакций, условий их проведения и границ применения
	Умеет (продвинутый)	- проводить реакции палладий-катализируемого сочетания и стереоселективные превращения в классических условиях, а также под действием микроволнового облучения	Умение провести реакции палладий-катализируемого сочетания и стереоселективные превращения в обычных условиях, а также под действием микроволнового облучения	Оценивается умение воспроизвести известную методику из литературы для реакций Pd-катализируемого сочетания и стереоселективных реакций и превращений под действием микроволнового облучения
	Владеет	-навыком	Владение навыком	Оценивается

	(высокий)	масштабирования условий эксперимента, приведенных в литературе	масштабирования условий эксперимента, приведенных в литературе	способность масштабировать методику из литературы для заданного количества вещества
ПК-1 - способность проводить научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования и получать новые научные и прикладные результаты	Знает (пороговый уровень)	- механизм, условия проведения и область применения широкого набора синтетических реакций	Знание механизмов, условий проведения и области применения широкого набора синтетических реакций	Оценивается способность написать механизм, условия проведения и область применения для серии предложенных реакций
	Умеет (продвинутый)	-грамотно проводить химический эксперимент, включая подготовку исходных соединений, осуществление синтеза, выделение продуктов реакции	Умение грамотно проводить химический эксперимент	Оценивается умение осуществить подготовку исходных соединений, провести синтез и выделение продуктов реакции
	Владеет (высокий)	- навыком разработки и реализации схемы целенаправленного синтеза исследуемого соединения	Владение навыком разработки и реализации схемы целенаправленного синтеза	Оценивается правильность ретросинтетического анализа, адекватность синт. эквивалентов, оценка побочных процессов

**Методических рекомендаций, определяющих процедуры оценивания результатов освоения дисциплины «Целенаправленный синтез органических соединений»**

***Промежуточная аттестация студентов.***

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений» проводится в виде экзамена в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов. Процедура промежуточной аттестации предполагает случайный выбор студентом экзаменационного билета, после чего обучаемый получает возможность в течение академического часа подготовиться к ответу, при этом пользоваться сторонними материалами

(конспектами лекций, учебниками, Internet-ресурсами и проч.) не разрешается. При ответе студент может использовать черновиком ответа, написанным в ходе его подготовки. После ответа по основному вопросу преподаватель вправе задать несколько дополнительных вопросов для более точной оценки степени усвоения студентом материала дисциплины. Также на экзамене для оценивания уровня владения практическими умениями и навыками могут быть привлечены результаты проведения лабораторных работ, а также собственные исследования в области целенаправленного синтеза выбранного соединения.

### **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 алиловых спиртов по Шарплессу.
- 11) Ограничения реакции Шарплесса. Эпоксидирование по Джекобсену и Ши.

### ***г) Реакция метатезиса и ее применение в органическом синтезе.***

- 12) История возникновения и современное состояние метода. Механизм реакции и используемые катализаторы.
- 13) Классификация реакции метатезиса. Характеристика реакций RCM
- 14) Характеристика реакций кросс-метатезиса.

#### *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.

### ***Текущая аттестация студентов.***

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений» проводится в форме приемки допусков для выполнения Лабораторных работ, а также сдачи отчетов по итогам их выполнения; решения кейсов на разработку схемы синтеза соединений различных классов.

Оценивание учебной дисциплины проводится путем заполнения преподавателем календарного журнала посещений, сдачи допусков и отчетов. Активность на лекционных занятиях оценивается путем постановки перед аудиторией проблемных вопросов и их коллективного обсуждения. Степень усвоения теоретических знаний определяется по результатам сдачи допусков к лабораторным занятиям, а также кейсов на составление схем синтеза различных соединений. Использование практических умений и навыков оценивается качеством выполнения лабораторных работ и ведения отчетов.

## **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 (4 час.).

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

**Лабораторная работа № 3.** Проведение реакции Сузуки под действием микроволнового излучения (4 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.

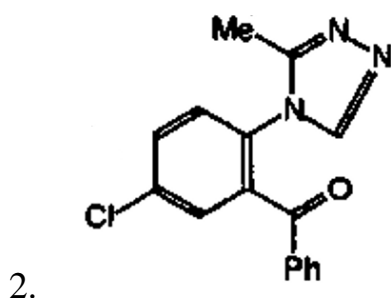
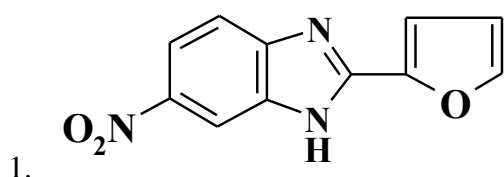


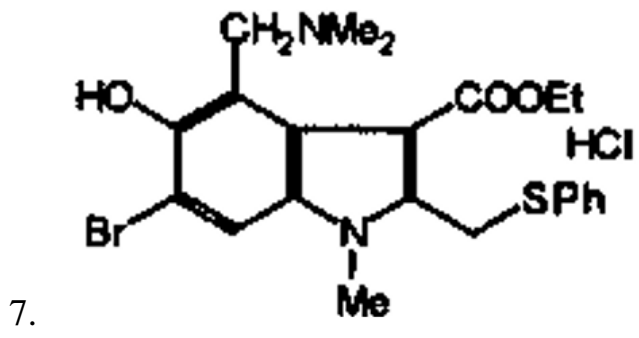
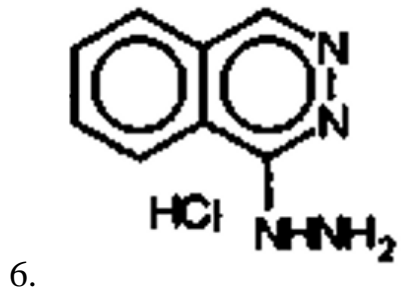
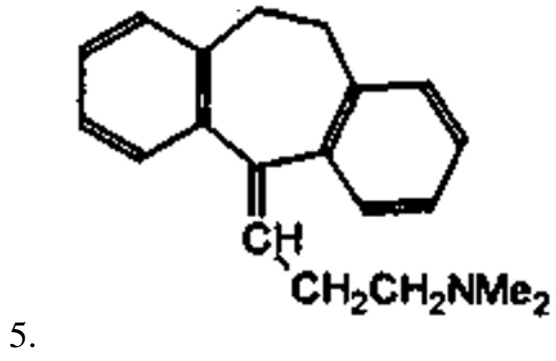
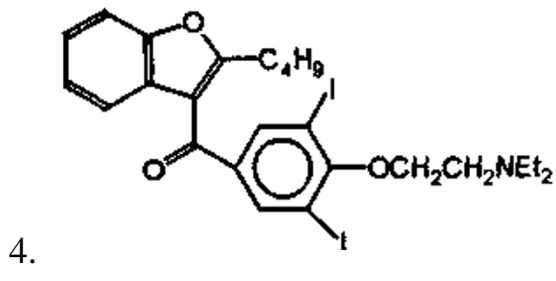
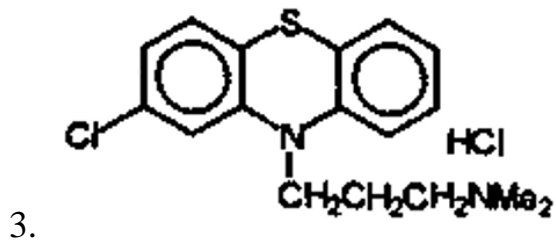
Оценка удовлетворительно выставляется студенту, если обучаемый в ходе устной беседы с преподавателем продемонстрировал только знание последовательности и содержания экспериментальных операций, которые предстоит выполнить в ходе лабораторной работы и мер безопасности, которые следует соблюдать при их 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.

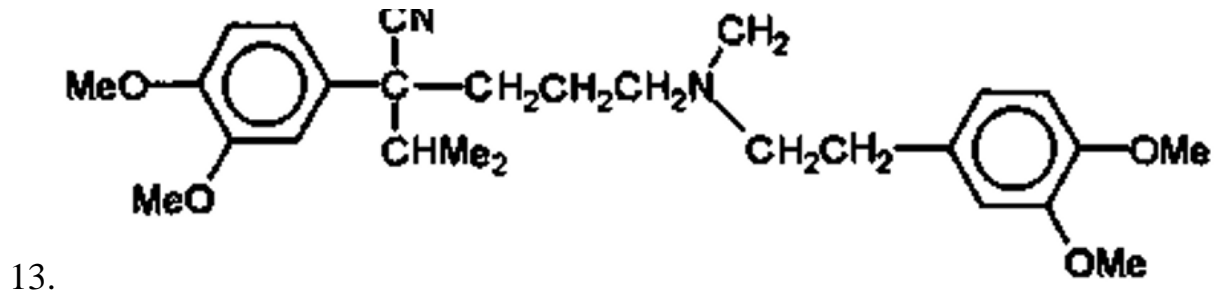
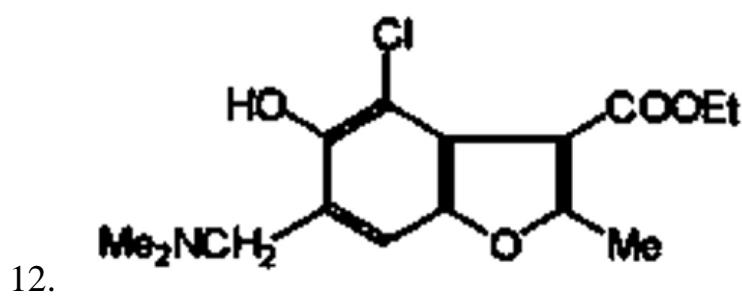
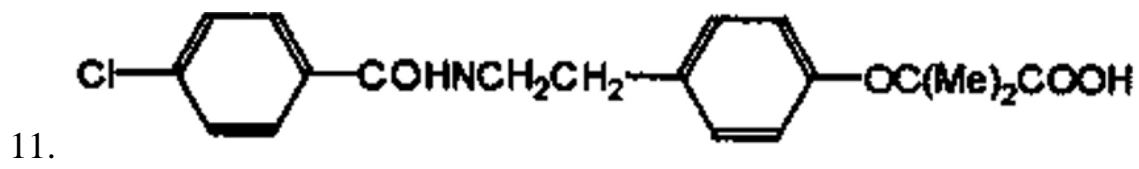
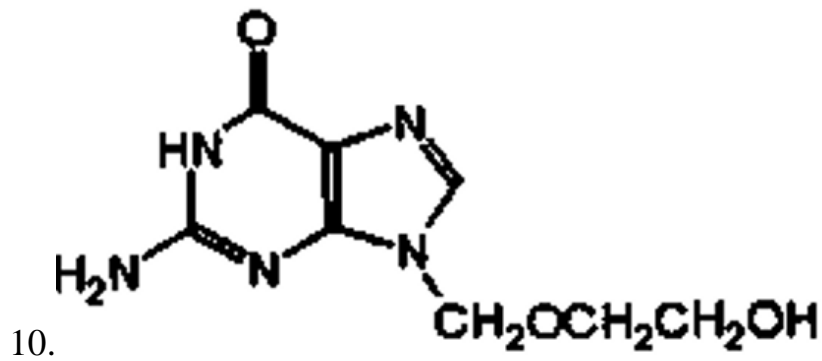
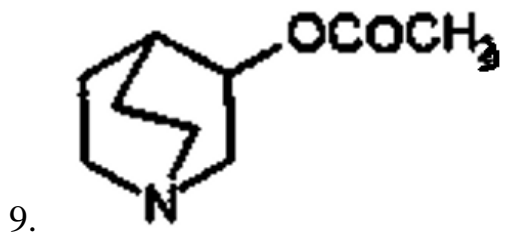
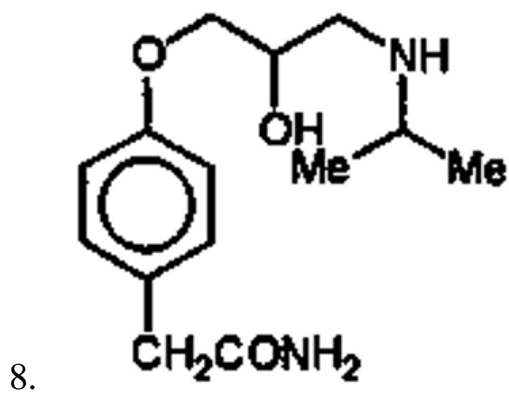
Оценка неудовлетворительно выставляется студенту в случае, если он не получил допуск для выполнения работы; в ходе проведения экспериментальной работы были существенно нарушены методические указания и техника безопасности, что создало потенциальную угрозу для жизни и здоровья обучаемого и окружающих;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

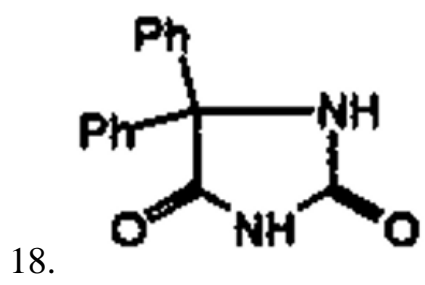
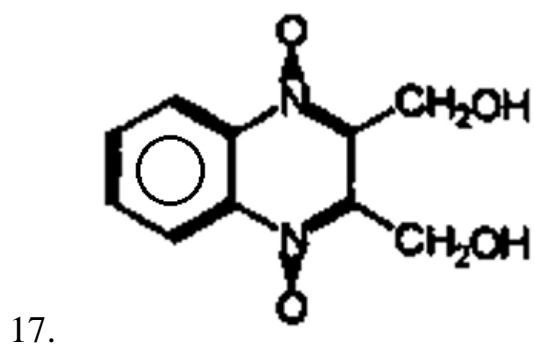
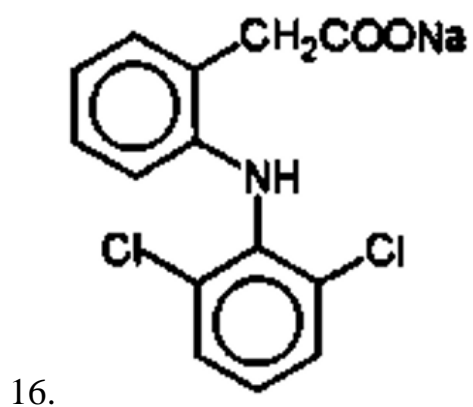
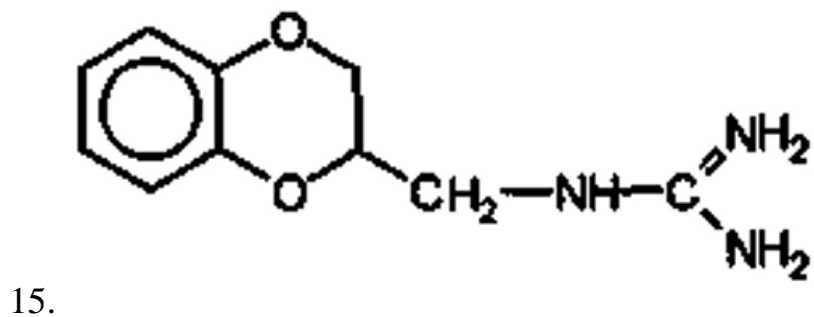
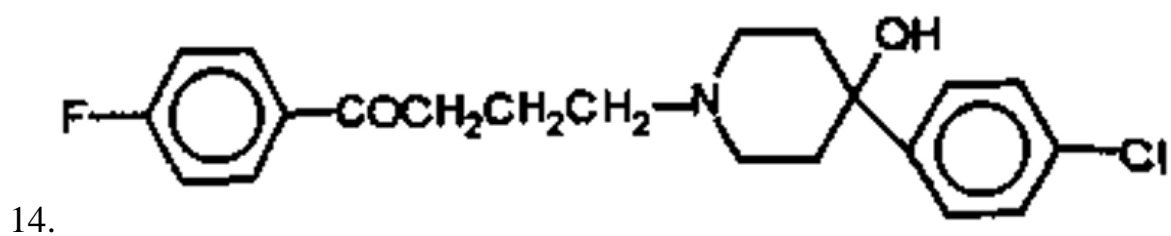
**Комплект тестовых заданий для самостоятельной работы**  
**по дисциплине «Целенаправленный синтез органических соединений»**

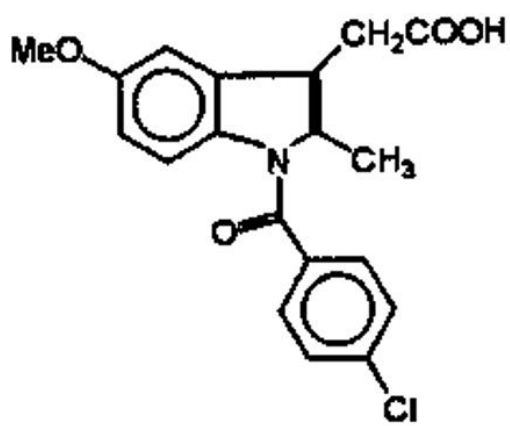
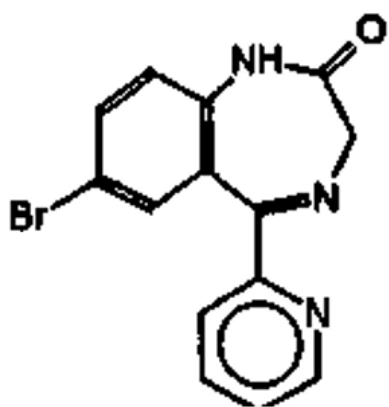
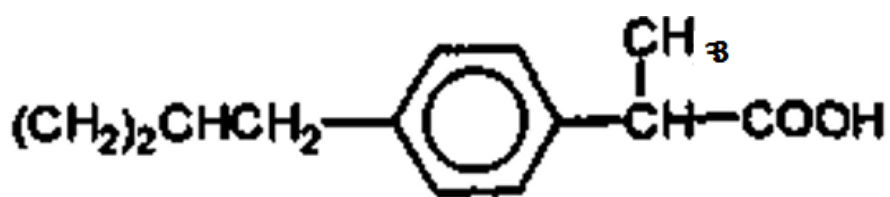
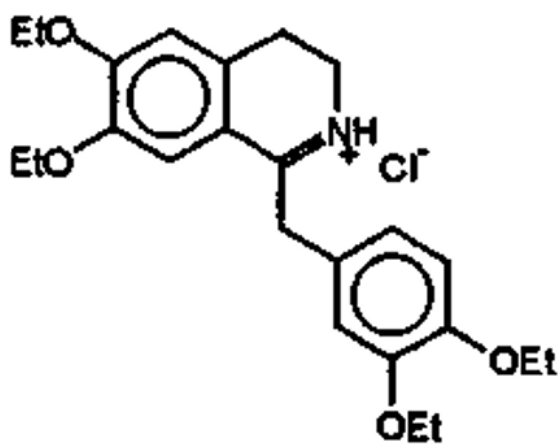
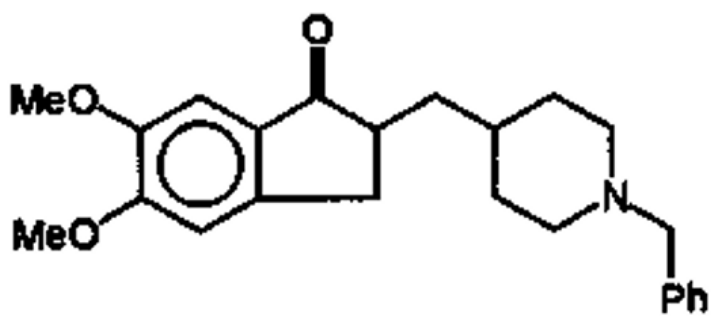
Предложите схему синтеза представленного соединения исходя из доступных реагентов. Укажите условия проведения каждой стадии, возможные побочные продукты.

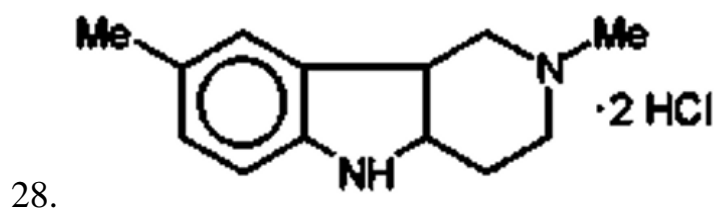
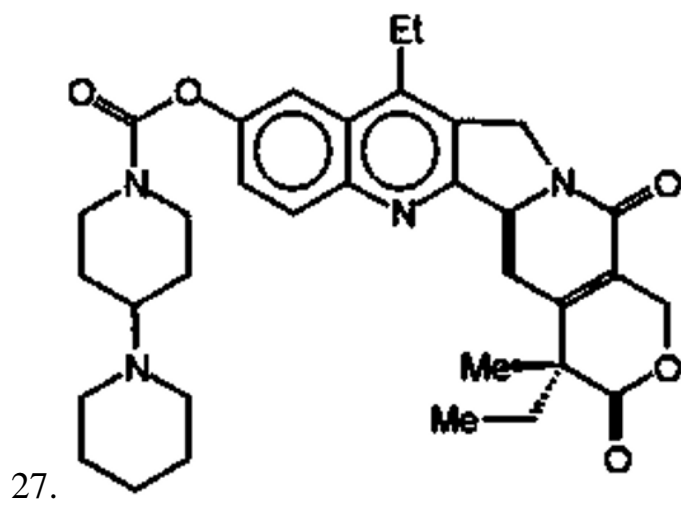
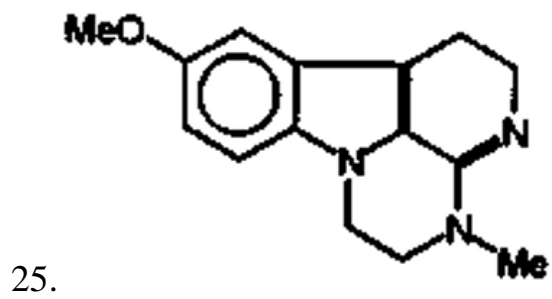
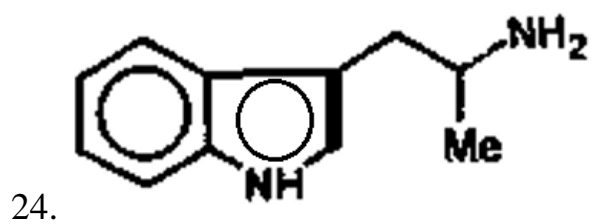


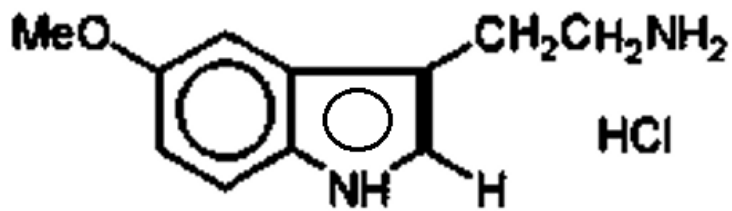
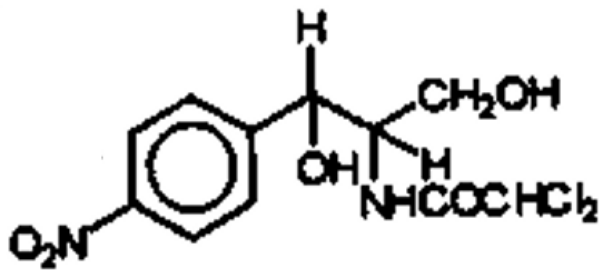
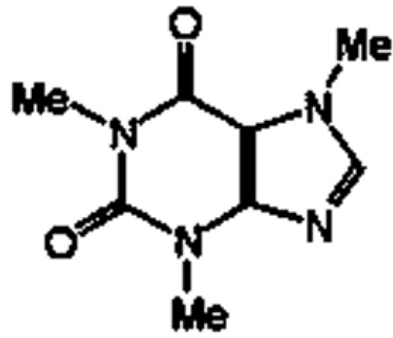
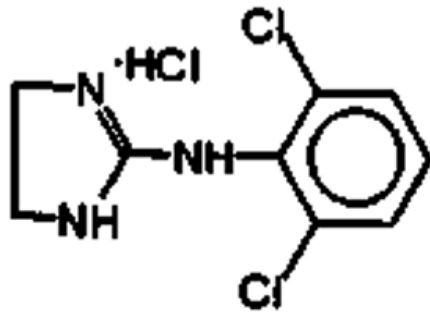
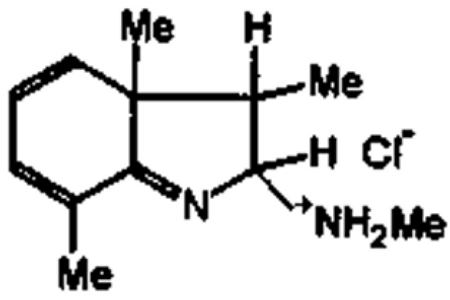


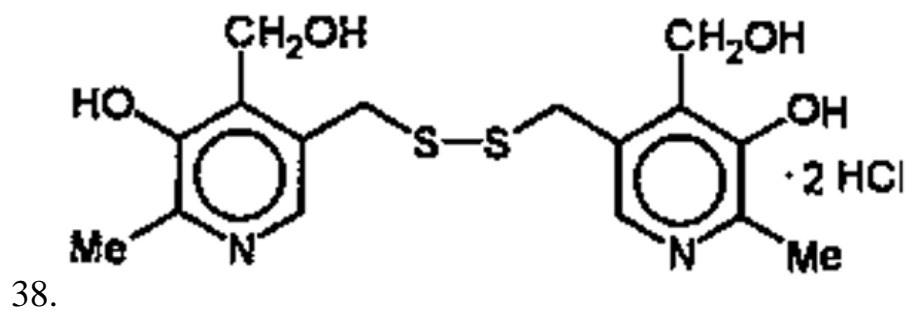
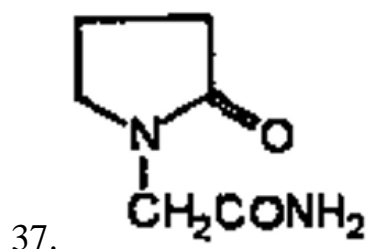
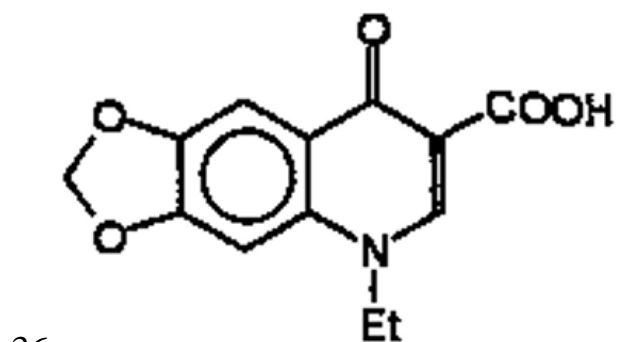
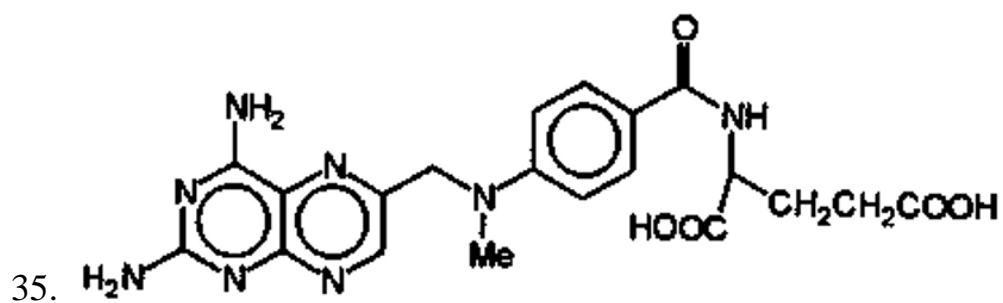
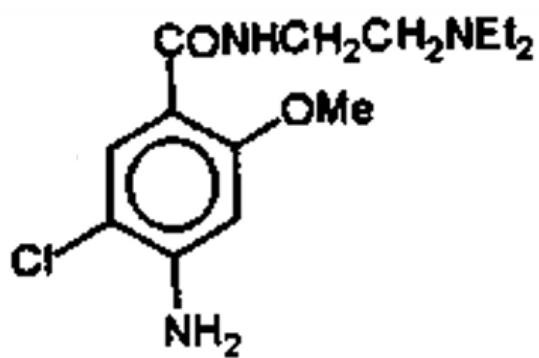




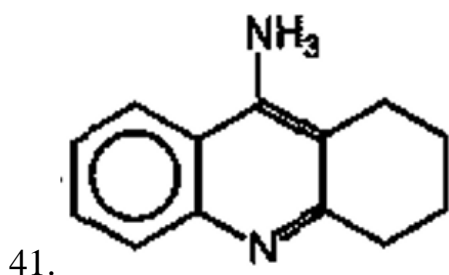
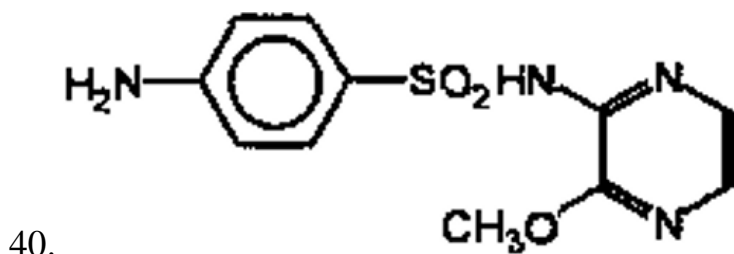
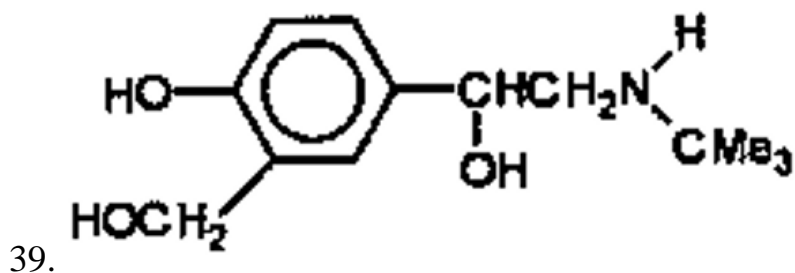












#### Критерии оценки

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.