



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИРКУТСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИИ им. А.Е. ФАВОРСКОГО  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор, д.х.н.

А.В. Иванов

« 17 » мая 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Теоретические основы органической химии**

основная образовательная программа –  
программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки,  
профиль Органическая химия

Квалификация: Исследователь.  
Преподаватель-исследователь.

Год набора: 2021

Иркутск

2021

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) (утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 № 869)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании Ученого совета ИрИХ СО РАН протокол № 5 от «27» мая 2021 г.

Начальник отдела аспирантуры к.х.н.

 Н.Н. Трофимова

## 1. Цели и задачи учебной дисциплины

Рассматриваемая дисциплина относится к основным дисциплинам при подготовке аспирантов, обучающихся по профилю Органическая химия.

**Целью изучения дисциплины** является приобретение фундаментальных знаний и практических навыков, необходимых для профессиональной научно-исследовательской, инновационной и образовательной деятельности в области органической химии и в смежных областях науки; формирование обобщающей теоретической базы для изучения фундаментальных основ органической химии и возможности их использования на практике.

### Задачи:

- формирование у обучающихся современных представлений об органической химии, ее роли и значимости в сопоставлении с другими химическими науками;
- освоение теоретических основ органической химии;
- формирование глубокого понимания общих закономерностей зависимости свойств органических соединений от их строения;
- освоение навыков теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области органической химии;
- освоение методов планирования эксперимента и обработки собственных исследований;
- обучение умению систематизировать и обобщать результаты собственных исследований в сопоставлении с известными литературными данными;
- обучение умению оформлять результаты собственных исследований в виде публикаций, отчетов, докладов;
- освоение методики преподавания химии.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.ОД.2 «Теоретические основы органической химии» входит в вариативную часть междисциплинарного профессионального модуля ООП.

2.2. Данная программа строится на преемственности программ в системе высшего образования и предназначена для аспирантов ИрИХ СО РАН, прошедших обучение по программе магистров или специалистов, прослушавших соответствующие курсы и имеющих по ним положительные оценки. Она основывается на положениях, отраженных в учебных программах указанных уровней. Для освоения дисциплины «Теоретические основы органической химии» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Органическая химия;
- Физико-химические методы анализа;
- Химия высокомолекулярных соединений;
- Физическая химия;
- Неорганическая химия;
- Аналитическая химия;

- Квантовая химия;
- Строение вещества;
- Химическая технология.

2.3. Освоение дисциплины «Теоретические основы органической химии» необходимо при подготовке к государственной итоговой аттестации.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Теоретические основы органической химии» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профиль Органическая химия:

#### **Профессиональные компетенции**

- владение базовыми представлениями о теоретических основах органической химии, механизмах органических реакций, стереохимии, химии элементоорганических и высокомолекулярных соединений (ПК-3).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:

#### **Знать:**

- закономерности строения, методы получения, химические свойства и основные направления практического использования основных классов органических соединений;
- типовые методы и современные методологии органического синтеза, используемые реагенты и оборудование;
- механизмы химических реакций в органической химии, подходы и методы изучения механизмов;
- влияние строения на реакционную способность и физико-химические свойства органических соединений;
- физико-химические методы исследования строения органических соединений и реакций органической химии;
- современную периодическую литературу (журналы) и электронные базы данных по органической химии, методы поиска информации о свойствах и синтезе органических веществ;
- принципы теоретических расчетов свойств органических соединений, термодинамических и кинетических параметров реакций в органической химии;
- роль и место органической химии в системе фундаментальных химических наук и производстве современной инновационной продукции.

#### **Уметь:**

- выбирать методы и реагенты для осуществления направленного органического синтеза;
- проводить разделение реакционных смесей, определять состав и строение продуктов реакций с помощью химических и физико-химических методов;
- осуществлять поиск методов получения и свойств элементоорганических соединений с использованием современных баз данных и поисковых систем;
- проводить моделирование химических реакций с использованием полуэмпирических и неэмпирических квантово-химических методов.

#### **Иметь опыт:**

- планирования и проведения органического синтеза;
- очистки элементоорганических веществ и идентификации их строения с использованием химических и физико-химических методов;
- моделирования свойств веществ и параметров органических реакций с использованием квантово-химических методов;
- написания научных отчетов, статей, проектов.

#### 4. Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

##### 4.1. Структура дисциплины

№	Наименование дисциплины	Объем учебной работы, ч						Самост. работа	Вид итогового контроля
		Всего	Всего аудиторн.	Из аудиторных					
				Лекц.	Лаб.	Практ.	КСР		
1	Теоретические основы органической химии	144	54	27	-	27	36	54	Диф. зачет

##### 4.2. Содержание дисциплины

###### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы и трудоемкость, ч						Формы текущего контроля успеваемости
		Всего	Лекц.	Лаб	Практ	СР	КСР	
1	Закономерности строения и реакционного поведения органических соединений.	9	2	-	2	3	2	Устный групповой опрос
2	Основные положения квантовой химии.	9	2	-	2	2	3	Устный групповой опрос
3	Классификация реакций в органической химии.	9	2	-	2	3	2	Устный групповой опрос
4	Теории кислот и оснований.	9	2	-	2	3	2	Устный групповой опрос,
5	Влияние среды на скорости и равновесие органических реакций.	8	1	-	1	4	2	Устный групповой опрос
6	Карбениевые ионы (карбокатионы)	8	1	-	1	4	2	Устный групповой опрос
7	Радикальные процессы.	8	1	-	1	4	2	Устный групповой опрос
8	Реакции нуклеофильного замещения.	9	2	-	2	3	2	Устный групповой опрос, решение задач
9	Электрофильные реакции в органической химии.	9	2	-	2	3	2	Устный групповой опрос, решение задач
10	Реакции элиминирования	9	2	-	2	3	2	Устный групповой опрос
11	Присоединение по кратным углерод-углеродным связям	8	1	-	1	4	2	Устный групповой опрос

12	Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе.	8	2	-	2	2	2	Устный групповой опрос, решение задач
13	Перегруппировки в карбокатионных интермедиатах.	8	1	-	1	4	2	Устный групповой опрос, решение задач
14	Молекулярные реакции.	8	1	-	1	4	2	Устный групповой опрос
15	Согласованные реакции.	7	1	-	1	3	2	Устный групповой опрос
16	Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений.	9	2	-	2	3	2	Устный групповой опрос
17	Основы фотохимии органических соединений.	9	2	-	2	2	3	Устный групповой опрос
<b>Всего часов:</b>		<b>144</b>	<b>27</b>	<b>-</b>	<b>27</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Формы проведения занятий
1	Закономерности строения и реакционного поведения органических соединений.	Современные представления о природе химической связи. Типы связей в органической химии. Гибридизация атомов углерода и азота. Электронные эффекты. Электроотрицательность атомов и заместителей. Понятие о конформации молекулы. Связь конформации и реакционной способности. Принцип Кертвина-Гаммета. Номенклатура геометрических изомеров. Энантиомерия. Асимметрия и хиральность. Номенклатура оптических антиподов. Неуглеродные атомы как центры хиральности. Способы получения и разделения энантиомеров.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
2	Основные положения квантовой химии.	Атомные и молекулярные орбитали. Понятие о полуэмпирических методах, основанных на приближении Хартри-Фока (MNDO, AM1, PM3 и др.). Методы <i>ab initio</i> . Теория возмущений MO. Понятие о резонансе в классической и квантовой химии. Правило Хюккеля. Мезоионные соединения. Ароматичность с антиароматичность.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
3	Классификация реакций в	Классификация реакций по типу образования и разрыва связей в лимитирующей стадии, по	Лекции, семинары,

	органической химии.	типу реагента и по соотношению числа молекул реагентов и продуктов. Теория переходного состояния. Кинетические уравнения основных типов реакций. Метод стационарного состояния (принцип Боденштейна). Постулат Хэммонда. Корреляционные уравнения, принцип линейности свободных энергий Гиббса. Уравнения Гаммета и Тафта. Принцип ЖМКО и его обоснование на основе теории возмущений МО.	самостоятельная работа
4	Теории кислот и оснований.	Кислоты Бренстеда и Льюиса. Кислотно-основное равновесие. Понятие рН. Кинетическая и термодинамическая кислотность. Уравнение Бренстеда. Постулат Гаммета. Принцип ЖМКО и его обоснование на основе теории возмущений МО.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
5	Влияние среды на скорости и равновесие органических реакций.	Клеточный эффект. Водородная связь. Классификация и шкалы параметров растворителей. Уравнения Уинстейна и Грюнвальда, Коппеля-Пальма. Влияние ассоциации ионов на их реакционную способность. Уравнение Акри. Межфазный катализ. Краун-эфиры, криптанды, поданды, катализаторы межфазного переноса. Понятие о супрамолекулярной химии.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
6	Карбениевые системы и карбокатионы.	Генерация карбокатионов в растворах и в газовой фазе. Влияние структурных и сольватационных факторов на стабильность карбокатионов. Карбены. Синглетное и триплетное состояние карбенов. Методы генерации карбенов и их использование. Нитрены, их генерация, строение и свойства.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
7	Радикальные процессы.	Методы генерирования радикалов. Электронное строение и факторы стабилизации свободных радикалов. Типы стабильных свободных радикалов. Основы методов ЭПР и ХПЯ. Катион- и анион-радикалы. Комплексы с переносом заряда. Радикальные и ион-радикальные реакции присоединения, замещения и элиминирования. Ингибиторы, инициаторы и промоторы цепных реакций. Редокс-реакции. Электросинтез органических соединений.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
8	Реакции нуклеофильного замещения.	Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду. Влияние структуры субстрата и полярности растворителя на скорости и механизм реакции. Анхимерное содействие и синартетическое ускорение. Корреляционные уравнения Суэйна-Скотта и Эдвардса. Нуклеофильное замещение при кратной углерод-углеродной связи и в ароматическом	Лекции, семинары, самостоятельная работа

		ядре. Типичные механизмы нуклеофильного замещения у $sp^2$ -гибридного атома углерода. Винильный катион. Катализ переходными металлами. Нуклеофильное замещение водорода (викариозное замещение). Комплексы Мейзенгеймера. Нуклеофильное замещение в ароматических гетероциклах. Кине-замещение.	
9	Электрофильные реакции в органической химии.	Механизмы замещения $S_E1$ , $S_E2$ , $S_Ei$ . Нуклеофильный катализ электрофильного замещения. Влияние структуры субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакций. Правила ориентации и их молекулярно-орбитальная интерпретация. Электрофильное замещение других групп, кроме водорода. Ипсо-замещение. Кинетические изотопные эффекты.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
10	Реакции элиминирования	Механизмы гетеролитического элиминирования. Стереoeлектронные требования и стереоспецифичность при $E2$ -элиминировании. Термическое син-элиминирование.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
11	Присоединение по кратным углерод-углеродным связям	Электрофильное присоединение. Сильные и слабые электрофилы, механизм и стереохимия присоединения, регио- и стереоселективность реакций. Присоединение к сопряженным системам. Нуклеофильное присоединение по кратным связям $C=C$ . Реакция Михаэля. Анионная полимеризация олефинов.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
12	Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе.	Реакции карбонильных соединений с нуклеофилами, в том числе с карбанионами, металлоорганическими реагентами. Реакция Анри. Механизм этерификации кислот и получение ацеталей. Нуклеофильное присоединение к альд- и кетиминам и карбоний-иммониевым ионам (реакция Манниха).	Лекции, семинары, самостоятельная работа
13	Перегруппировки в карбокатионных интермедиатах.	Классификация перегруппировок: пинаколиновая и ретропинаколиновая, перегруппировка Демьянова. Перегруппировка Вагнера-Мейервейна. Перегруппировки с миграцией к атому азота (Гофмана, Курциуса, Бекмана). Реакция Байера-Виллигера.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
14	Молекулярные реакции.	Цис-транс-изомеризация, распад молекул, размыкание циклов. Коарктатные реакции.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
15	Согласованные реакции.	Концепция сохранения орбитальной симметрии и правила Вудворда-Гофмана. Электроциклические реакции, сигматропные	Лекции, семинары, самостоятельная работа

		перегруппировки. Перициклические реакции (2+2) и (2+4)-циклоприсоединения. 1,3-диполярное циклоприсоединение.	работа
16	Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений.	Прототропные и сигматропные перегруппировки. Правило Корнблума. Кето-енольное равновесие. Нитросоединения и нитроновые кислоты, нитрозосоединения и оксимы. Металлотропия	Лекции, семинары, самостоятельная работа
17	Основы фотохимии органических соединений.	Синглетные и триплетные состояния, флуоресценция и фосфоресценция, интеркомбинационная конверсия. Основные типы фотохимических реакций. Явление фотохромизма.	Лекции, семинары, самостоятельная работа

## **5. Образовательные технологии**

1. Активные образовательные технологии: лекции, семинары и практические работы.
2. Сопровождение лекций визуальными материалами в виде слайдов, подготовленных с использованием современных компьютерных технологий, проецируемых на экран с помощью видеопроектора.
3. Проведение практических работ в лабораториях, участие обучающихся в научной работе и выполнении исследовательских проектов.
4. Использование специального программного обеспечения и Интернет-ресурсов для обучения в ходе практических и самостоятельных работ.

### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов**

Виды самостоятельной работы:

в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

### **7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

#### **7.1. Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный групповой опрос (УГО).

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

#### **7.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины «Теоретические основы органической химии». Форма аттестации – дифференцированный зачет.



## Контрольные вопросы к зачету:

### 1. Закономерности строения и реакционного поведения органических соединений

Современные представления о природе химической связи. Типы связей в органической химии. Гибридизация атомов углерода и азота. Электронные эффекты. Электроотрицательность атомов и заместителей. Понятие о конформации молекулы. Связь конформации и реакционной способности. Принцип Кертина-Гаммета. Номенклатура геометрических изомеров. Энантиомерия. Асимметрия и хиральность. Номенклатура оптических антиподов. Неуглеродные атомы как центры хиральности. Способы получения и разделения энантиомеров.

### 2. Основные положения квантовой химии

Атомные и молекулярные орбитали. Понятие о полуэмпирических методах, основанных на приближении Хартри-Фока (MNDO, AM1, PM3 и др.). Методы *ab initio*. Теория возмущений МО. Понятие о резонансе в классической и квантовой химии. Правило Хюккеля. Мезоионные соединения. Ароматичность с антиароматичность.

### 3. Классификация реакций в органической химии

Классификация реакций по типу образования и разрыва связей в лимитирующей стадии, по типу реагента и по соотношению числа молекул реагентов и продуктов. Теория переходного состояния. Кинетические уравнения основных типов реакций. Метод стационарного состояния (принцип Боденштейна). Постулат Хэммонда. Корреляционные уравнения, принцип линейности свободных энергий Гиббса. Уравнения Гаммета и Тафта. Принцип ЖМКО и его обоснование на основе теории возмущений МО.

### 4. Теории кислот и оснований

Кислоты Бренстеда и Льюиса. Кислотно-основное равновесие. Понятие pH. Кинетическая и термодинамическая кислотность. Уравнение Бренстеда. Постулат Гаммета. Принцип ЖМКО и его обоснование на основе теории возмущений МО.

### 5. Влияние среды на скорости и равновесие органических реакций

Клеточный эффект. Водородная связь. Классификация и шкалы параметров растворителей. Уравнения Уинстейна и Грюнвальда, Коппеля-Пальма. Влияние ассоциации ионов на их реакционную способность. Уравнение Акри. Межфазный катализ. Краун-эфир, криптанды, поданды, катализаторы межфазного переноса. Понятие о супрамолекулярной химии.

### 6. Карбениевые системы и карбокатионы

Генерация карбокатионов в растворах и в газовой фазе. Влияние структурных и сольватационных факторов на стабильность карбокатионов. Карбены. Синглетное и триплетное состояние карбенов. Методы генерации карбенов и их использование. Нитрены, их генерация, строение и свойства.

### 7. Радикальные процессы

Методы генерирования радикалов. Электронное строение и факторы стабилизации свободных радикалов. Типы стабильных свободных радикалов. Основы методов ЭПР и ХПЯ. Катион- и анион-радикалы. Комплексы с переносом заряда. Радикальные и ион-радикальные реакции присоединения, замещения и элиминирования. Ингибиторы, инициаторы и промоторы цепных реакций. Редокс-реакции. Электросинтез органических соединений.

### 8. Реакции нуклеофильного замещения

Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду. Влияние структуры субстрата и полярности растворителя на скорости и механизм реакции. Анхимерное содействие и

синергетическое ускорение. Корреляционные уравнения Суэйна-Скотта и Эдвардса. Нуклеофильное замещение при кратной углерод-углеродной связи и в ароматическом ядре. Типичные механизмы нуклеофильного замещения у  $sp^2$ -гибридного атома углерода. Винильный катион. Катализ переходными металлами. Нуклеофильное замещение водорода (викариозное замещение). Комплексы Мейзенгеймера. Нуклеофильное замещение в ароматических гетероциклах. Кине-замещение.

#### 9. Электрофильные реакции в органической химии

Механизмы замещения  $SE_1$ ,  $SE_2$ ,  $SE_i$ . Нуклеофильный катализ электрофильного замещения. Влияние структуры субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакций. Правила ориентации и их молекулярно-орбитальная интерпретация. Электрофильное замещение других групп, кроме водорода. Ипсо-замещение. Кинетические изотопные эффекты.

#### 10. Реакции элиминирования

Механизмы гетеролитического элиминирования. Стереoeлектронные требования и стереоспецифичность при  $E_2$ -элиминировании. Термическое син-элиминирование.

#### 11. Присоединение по кратным углерод-углеродным связям

Электрофильное присоединение. Сильные и слабые электрофилы, механизм и стереохимия присоединения, регио- и стереоселективность реакций. Присоединение к сопряженным системам. Нуклеофильное присоединение по кратным связям  $C=C$ . Реакция Михаэля. Анионная полимеризация олефинов.

#### 12. Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе

Реакции карбонильных соединений с нуклеофилами, в том числе с карбанионами, металлоорганическими реагентами. Реакция Анри. Механизм этерификации кислот и получение ацеталей. Нуклеофильное присоединение к альд- и кетиминам и карбоний-иммониевым ионам (реакция Манниха).

#### 13. Перегруппировки в карбокатионных интермедиатах

Классификация перегруппировок: пинаколиновая и ретропинаколиновая, перегруппировка Демьянова. Перегруппировка Вагнера-Мейервейна. Перегруппировки с миграцией к атому азота (Гофмана, Курциуса, Бекмана). Реакция Байера-Виллигера.

#### 14. Молекулярные реакции

Цис-транс-изомеризация, распад молекул, размыкание циклов. Коарктатные реакции.

#### 15. Согласованные реакции

Концепция сохранения орбитальной симметрии и правила Вудворда-Гофмана. Электроциклические реакции, сигматропные перегруппировки. Перициклические реакции  $(2+2)$  и  $(2+4)$ -циклоприсоединения.  $1,3$ -дипольное циклоприсоединение.

#### 16. Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений

Прототропные и сигматропные перегруппировки. Правило Корнблюма. Кето-енольное равновесие. Нитросоединения и нитроновые кислоты, нитрозосоединения и оксимы. Металлотропия.

#### 17. Основы фотохимии органических соединений

Синглетные и триплетные состояния, флуоресценция и фосфоресценция, интеркомбинационная конверсия. Основные типы фотохимических реакций. Явление фотохромизма.

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования в рамках промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

Показатели	Критерии оценивания	Средства оценивания
<b>Знать:</b> закономерности строения, методы получения, химические свойства и основные направления практического использования основных классов органических соединений (ПК 3);	<i>низкий уровень:</i> имеет слабый уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями	вопросы 1;
типичные методы и современные методологии органического синтеза, используемые реагенты и оборудование (ПК 3);	35-40% <i>средний уровень:</i> имеет хороший уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями	вопросы 1,5,17;
механизмы химических реакций в органической химии, подходы и методы изучения механизмов (ПК 3*);	41-70%	вопросы 7-17;
влияние строения на реакционную способность и физико-химические свойства органических соединений (ПК 3);	<i>высокий уровень:</i> имеет отличный уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями	вопросы 1,3-5;
физико-химические методы исследования строения органических соединений и реакций органической химии (ПК 3);	больше 71%	вопросы 1,2,4,5;
современную периодическую литературу (журналы) и электронные базы данных по органической химии, методы поиска информации о свойствах и синтезе органических веществ (ПК 3);		вопросы 7-17;
принципы теоретических расчетов свойств органических соединений, термодинамических и кинетических параметров реакций в органической химии (ПК 3);		вопросы 1,2,5;
роль и место органической химии в системе фундаментальных химических наук и производстве современной инновационной продукции (ПК 3).		вопросы 7-17;
<b>Уметь:</b> выбирать методы и реагенты для осуществления направленного органического синтеза (ПК 3);	<i>низкий уровень:</i> имеет слабый уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями	вопросы 1,3-5,7-17;
проводить разделение реакционных смесей, определять состав и строение продуктов реакций с помощью химических и физико-химических методов (ПК 3);	35-40% <i>средний уровень:</i> имеет хороший уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями	вопросы 1,7-17;
осуществлять поиск методов получения и свойств элементоорганических соединений с использованием современных баз данных и поисковых систем (ПК 3);		вопросы 7-17;

проводить моделирование химических реакций с использованием полуэмпирических и неэмпирических квантово-химических методов (ПК 3);	владения компетенциями 41-70% <i>высокий уровень:</i> имеет отличный уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями больше 71%	вопросы 1,2;
<b>Иметь опыт:</b> планирования и проведения органического синтеза (ПК 3);	<i>низкий уровень:</i> имеет слабый уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 35-40%	вопросы 1,5-17;
очистки органических веществ и идентификации их строения с использованием химических и физико-химических методов (ПК 3);	<i>средний уровень:</i> имеет хороший уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 41-70%	вопросы 7-17;
моделирования свойств веществ и параметров органических реакций с использованием квантово-химических методов (ПК 3);	<i>высокий уровень:</i> имеет отличный уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями больше 71%	вопросы 1,2;
написания научных отчетов и статей (ПК 3).		вопросы 1-17;

\* Жирным шрифтом выделены показатели, соответствующие **высокому уровню** сформированности компетенции

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература

1. Реутов, О. А. Органическая химия: В 4-х т. Т. 1 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 567 с.
2. Реутов, О. А. Органическая химия: В 4-х т. Т. 2 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 623 с.
3. Реутов, О. А. Органическая химия: В 4-х т. Т. 3 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 544 с.
4. Реутов, О. А. Органическая химия: В 4-х т. Т. 4 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 726 с.
5. Смит, В. А. Основы современного органического синтеза. Учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 750 с.

### Дополнительная литература

1. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. – М.: Лань, 2012. – 464 с.
2. Бабкин, В. А. Биомасса лиственницы: от химического состава до инновационных продуктов / В. А. Бабкин, Л. А. Остроухова, Н. Н. Трофимова; отв. ред.

- А. А. Семенов; ИрИХ им. А. Е. Фаворского СО РАН. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 236 с.
3. Барышок, В. П. Вездесущий животворный кремний; монография / В. П. Барышок, М. Г. Воронков. – Иркутск: ИрГТУ, 2014. – 276 с.
  4. Воронков, М. Г. Генезис и эволюция химии органических соединений германия, олова и свинца / М. Г. Воронков, К. А. Абзаева, А. Ю. Федорин; ИрИХ им. А. Е. Фаворского СО РАН. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2012. – 214 с.
  5. Воронков, М. Г. О химии и жизни: 70 лет идей, исследований и свершений / М. Г. Воронков; ИрИХ им. А. Е. Фаворского СО РАН. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2014. – 410 с.
  6. Воронков, М. Г. Силаноны. От эфемеров к мономерам, олигомерам и полимерам / М. Г. Воронков, С. В. Басенко; ИрИХ им. А. Е. Фаворского СО РАН. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2014. – 142 с.
  7. Голобокова, Т. В. Неконденсированные вицинальные триазолы: справ.пособие / Т. В. Голобокова, Л. И. Верещагин, Р. Г. Житов, В. Н. Кижняев; отв. ред. А. И. Смирнов. – Иркутск: ИГУ, 2012. – 133 с.
  8. Гонсалвес, К. Наноструктуры в биомедицине / К. Гонсалвес, К. Хальберштадт, К. Лоренсин, Л. Наир – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 520 с.
  9. Горшков, В. И. Основы физической химии / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 407 с.
  10. Гусарова, Н. К. Химия ацетилена: Новые главы / Н. К. Гусарова, А. И. Михалева, Е. Ю. Шмидт, А. Г. Малькина. – Новосибирск: Наука, 2013. – 368 с.
  11. Жауен, Ж. Биометаллоорганическая химия / Ж. Жауен. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 496 с.
  12. Илиел, Э. Основы органической стереохимии / Э. Илиел. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 703 с.
  13. Кленин, В. И. Высокомолекулярные соединения / В. И. Кленин, И. В. Федусенко. – М.: Лань, 2013. – 512 с.
  14. Коваленко, Л. В. Биохимические основы химии биологически активных веществ: учебное пособие / Л. В. Коваленко. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014 – 229 с.
  15. Лау, А. К. Нано- и биокompозиты / А. К. Лау, Ф. Хусейн, Х. Лафди. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 392 с.
  16. Носова, Э. В. Фторсодержащие азины и бензазины / Э. В. Носова, Г. Н. Липунова, В. Н. Чарушин, О. Н. Чупахин. – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – 455 с.
  17. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы: учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 365 с.
  18. Семенов, А. А. Биологическая активность природных соединений / А. А. Семенов, В. Г. Карцев. – М.: МБФНП, 2012. – 520 с.
  19. Сильверстейн, Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 557 с.
  20. Солдатенков, А. Т. Пестициды и регуляторы роста: прикладная органическая химия / А. Т. Солдатенков, Н. М. Колядина, А. Ле Туан. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 223 с.
  21. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологии: учебное пособие / В. В. Старостин. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 431 с.
  22. Титце, Л. Domino-реакции в органическом синтезе / Л. Титце, Г. Браше, К. Герике; пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 671 с.
  23. Толстикова, Г. А. Смоляные кислоты хвойных России. Химия, фармакология / Г. А. Толстикова, Т. Г. Толстикова, Э. Э. Шульц, С. Е. Толстикова, М. В. Хвостов; НИОХ им. Н. Н. Ворожцова СО РАН. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2011. – 395 с.

24. Травень, В. Ф. Органическая химия: учебное пособие для вузов: В 3-ех т. Т. 1 / В. Ф. Травень. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 368 с.
25. Травень, В. Ф. Органическая химия: учебное пособие для вузов: В 3-ех т. Т. 2 / В. Ф. Травень. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 517 с.
26. Травень, В. Ф. Органическая химия: учебное пособие для вузов: В 3-ех т. Т. 3 / В. Ф. Травень. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 388 с.
27. Трофимов, Б. А. Химия пиррола. Новые страницы / Б. А. Трофимов, А. И. Михалева, Е. Ю. Шмидт, Л. Н. Собенина. – Новосибирск: Наука, 2012. – 383 с.
28. Хельвинкель, Д. Систематическая номенклатура органических соединений / Д. Хельвинкель. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 232 с.
29. Чернова, С. В. Фармацевтическая химия: учебник для вузов / С. В. Чернова; под ред. Г. В. Раменской. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 472 с.
30. Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия / К. Эльшенбройх. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 750 с.
31. Юровская, М. А. Химия ароматических гетероциклических соединений / М. А. Юровская. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 208 с.

### Электронные ресурсы

1. Боровлев, И.В. Органическая химия: термины и основные реакции [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Боровлев. — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 362 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70742>. — Загл. с экрана.
2. Зыкова, М.В. Органическая химия. Классификация и номенклатура органических соединений [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.В. Зыкова, Г.А. Жолобова, О.Ф. Прищепова. — Электрон. дан. — Томск: СибГМУ, 2015. — 110 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105886>. — Загл. с экрана.
3. Смит, В.А. Основы современного органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Смит, А.Д. Дильман. — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 753 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66366>. — Загл. с экрана.
4. Теоретические основы органической химии. Вып. 5.1. Топологические индексы [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / сост. Прялкин Б.С.. — Электрон. дан. — Томск: ТГУ, 2016. — 40 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105104>. — Загл. с экрана.
5. Хельвинкель Д., Систематическая номенклатура органических соединений [Электронный ресурс]: учебное пособие / Хельвинкель Д.; пер. с англ. В. М. Демьянович, И. Н. Шишкиной. — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 235 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94145>. — Загл. с экрана.

### Интернет-ресурсы

- [Taylor & Francis](#) (журналы издательства)
- [American Chemical Society](#)
- [Thieme Chemistry](#)
- [Wiley Online Library](#)
- [Royal Society Chemistry](#)
- [Springer](#)
- [Sci Finder \(Chemical Abstracts Service\)](#)
- [Web of Science](#)
- [Реферативная база данных ГПНТБ СО РАН](#)
- [E-library](#)
- [ЭБС «Издательство «Лань»](#)

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для освоения программы обучения и для выполнения научно-исследовательских работ по теме диссертации каждому аспиранту предоставлено индивидуальное рабочее место, оборудованное приточно-вытяжной вентиляцией, водопроводом, водоотведением, воздуховодом. При выполнении квалификационных и диссертационных работ аспиранты имеют возможность использовать материально-технические средства лабораторий (оргтехника, реактивы, расходные материалы, лабораторная посуда, измерительное оборудование и др.), а также имеют доступ к дорогостоящему оборудованию ИрИХ и Байкальского центра коллективного пользования СО РАН (цифровой мультядерный Фурье-спектрометр ЯМР DPX-400, ЯМР-спектрометр AV-400 фирмы Bruker Bio-Spin, хроматомасс-спектрометр GCMS-QP5050A фирмы SHIMADZU, импульсный ЭПР-спектрометр Bruker ELEXSYS E580, инфракрасный Фурье-спектрометр IFS-25 фирмы Bruker, ИК-КР Фурье спектрометры Varian и Vertex-70 фирмы Varian, UV/VIS-спектрометр Lamda 35 фирмы Perkin Elmer, спектрофлуориметр LS55, изготовитель Perkin Elmer, порошковый дифрактометр D2 PHASER, монокристаллический дифрактометр D8 VENTURE и др.) Для проведения квантово-химических расчетов имеется вычислительный кластер 39Гц/112Гб/14Тб и необходимое программное обеспечение.

Автор-составитель рабочей программы учебной дисциплины:

В.Ю. / Кутенев В.Н. /