



Директор, д.х.н.

А.В. ИВАНОВ

2018 г.



Теоретические основы органической химии

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

Квалификация: Исследователь.
Преподаватель-исследователь.

Год набора: 2018г, 2019г, 2020г

Иркутск

2018

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 № 7 от 30 мая 2018 г.

Начальник отдела аспирантуры к.х.н.



Н.Н. Трофимова

1. Цели и задачи учебной дисциплины

Рассматриваемая дисциплина относится к элективным дисциплинам при подготовке аспирантов, обучающихся по профилю Физическая 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.ДВ.1.2 «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. Дисциплина «Теоретические основы органической химии» необходима 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 Физическая химия:

Профессиональные компетенции

- умение проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для химической отрасли, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике; 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 2 зачетные единицы (72 часа).

4.1. Структура дисциплины

№	Наименование дисциплины	Объем учебной работы, ч							Вид итогового контроля
		Всего	Всего аудиторн.	Из аудиторных				Самост. работа	
				Лекц.	Лаб.	Практ.	КСР		
1	Теоретические основы органической химии	72	36	18	-	18	-	36	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.	5	1	-	2	2	-	Устный групповой опрос
2	Основные положения квантовой химии.	5	2	-	1	2	-	Устный групповой опрос
3	Классификация реакций в органической химии.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
4	Теории кислот и оснований.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос,
5	Влияние среды на скорости и равновесие органических реакций.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
6	Карбениевые ионы (карбокатионы)	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
7	Радикальные процессы.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
8	Реакции нуклеофильного замещения.	5	1	-	1	3	-	Устный групповой опрос, решение задач

9	Электрофильные реакции в органической химии.	5	1	-	1	3	-	Устный групповой опрос, решение задач
10	Реакции элиминирования	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
11	Присоединение по кратным углерод-углеродным связям	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
12	Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос, решение задач
13	Перегруппировки в карбокатионных интермедиатах.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос, решение задач
14	Молекулярные реакции.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
15	Согласованные реакции.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
16	Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
17	Основы фотохимии органических соединений.	4	1	-	1	2	-	Устный групповой опрос
Всего часов:		72	18	-	18	36	-	

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 Кертиса-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	Лекции, семинары, самостоятельная

		др.). <i>Методы ab initio</i> . Теория возмущений МО. Понятие о резонансе в классической и квантовой химии. Правило Хюккеля. Мезоионные соединения. Ароматичность с антиароматичность.	работа
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.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
4	Теории кислот и оснований.	Кислоты Бренстеда и Льюиса. Кисотно-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 Уинштейна 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 синергетическое ускорение. Корреляционные уравнения Суэйна-Скотта и Эдвардса. Нуклеофильное замещение при кратной углерод-	Лекции, семинары, самостоятельная работа

		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 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 перегруппировки. Перициклические реакции $(2+2)$ и $(2+4)$ -циклоприсоединения. 1,3-диполярное циклоприсоединение.	Лекции, семинары, самостоятельная 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 – зачет.

Контрольные вопросы к зачету:

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 Кертиса-Гаммета. Номенклатура геометрических изомеров. Энантиомерия. Асимметрия и хиральность. Номенклатура оптических антиподов. Неуглеродные атомы как центры хиральности. Способы получения и разделения энантиомеров.

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.

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.

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.

Влияние среды на скорости и равновесие органических реакций

Клеточный эффект. Водородная связь. Классификация и шкалы параметров растворителей. Уравнения Уинштейна 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.

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.

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.

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.

Электрофильные реакции в органической химии

Механизмы замещения $SE1$, $SE2$, SEi . 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.

Реакции элиминирования

Механизмы гетеролитического элиминирования. Стереoeлектронные требования и стереоспецифичность при $E2$ -элиминировании. Термическое син-элиминирование.

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.

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).

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.

Молекулярные реакции

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

Согласованные реакции

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

Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений

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

Основы фотохимии органических соединений

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

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.
6. Титце, Л. Domino-реакции в органическом синтезе / Л. Титце, Г. Браше, К. Герике; пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 671 с.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия / К. Эльшенбройх. – 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 биокмозиты / А. К. Лау, Ф. Хусейн, Х. Лафди. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 392 с.
16. Носова, Э. В. Фторсодержащие азины и бензацины / 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. Спектротрическая 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. 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.
23. Трофимов, Б. А. Химия пиррола. Новые страницы / Б. А. Трофимов, А. И. Михалева, Е. Ю. Шмидт, Л. Н. Собенина. – Новосибирск: Наука, 2012. – 383 с.
24. Хельвинкель, Д. Систематическая номенклатура органических соединений / Д. Хельвинкель. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 232 с.
25. Чернова, С. В. Фармацевтическая химия: учебник для вузов / С. В. Чернова; под ред. Г. В. Раменской. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 472 с.
26. 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, воздухопроводом. 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 мультаядерный 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.

**Сведения о переутверждении рабочей программы учебной дисциплины
на очередной учебный год и регистрация изменений**

Учебный год	Решение Ученого совета (№ протокола, дата заседания)	Подпись ответственного (Ф.И.О., подпись)	Номер изменения (или без изменений)
2019-2020 уч.г.	Протокол № 3 от 06.06.2019г.	Розеник О.М. <i>[подпись]</i>	Без изменений
2020-2021 уч.г.	Протокол № 6 от 27.03.2020г.	Розеник О.М. <i>[подпись]</i>	Без изменений

Содержание изменений (вносится от руки):