



**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  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основы физико-химических методов исследования высокомолекулярных соединений и полимерных композиционных материалов**

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 факультативным 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 химии высокомолекулярных соединений и в смежных областях науки. Формирование компетенций в области химии полимеров при установлении состава и строения высокомолекулярных веществ, формирование навыков к самостоятельной работе с приборной и аналитической базой, компьютерным парком и онлайн базами данных.

### Задачи:

- формирование представлений об физико-химических методах изучения состава и структуры высокомолекулярных соединений и полимерных композитов;
- ознакомление с основами важнейших современных физико-химических методов анализа;
- формирование навыков и умений получения и интерпретации данных физико-химических методов анализа установления строения, а также физико-механических свойств полимеров по совокупности данных инструментальных методов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

2.1. Учебная дисциплина ФТД.2 «Основы физико-химических методов исследования высокомолекулярных соединений и полимерных композиционных материалов» 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 подготовки 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 «Основы физико-химических методов исследования высокомолекулярных соединений и полимерных композиционных материалов» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Химия высокомолекулярных соединений;
- Органическая химия;
- Физико-химические методы анализа;
- Физическая химия;
- Неорганическая химия;
- Аналитическая химия;
- Квантовая химия;
- Строение вещества.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Основы физико-химических методов исследования высокомолекулярных соединений и полимерных композиционных материалов» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профиль Физическая химия:

**Общепрофессиональные компетенции:**

- Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

**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-4).

**Знать:**

- теоретических и методологические основы физико-химических методов изучения структуры высокомолекулярных веществ;
- принципы, условия и методологию применения физико-химических методов на практике;
- возможности тех или иных физико-химических методов в установлении структуры и свойств полимеров и полимерных композитов.

**Уметь:**

- выбирать необходимые и оптимальные методы для установления структуры полимеров и полимерных композитов;
- проводить идентификацию состава полимеров и определять строение с помощью химических и физико-химических методов анализа;
- осуществлять поиск информации о методах изучения структуры и структурных параметрах полимерных соединений с использованием современных баз данных и поисковых систем.

**Иметь опыт:**

- работы на современном научном оборудовании для физико-химических исследований полимеров;
- написания научных отчетов и статей.

### 4. Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

#### 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	Основы физико-химических методов исследования высокомолекулярных соединений и полимерных композиционных материалов	108	18	18	-			90	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	Характеристика методов исследования полимеров.	7	1	-	-	6	-	Устный групповой опрос
2	Изучение химического состава полимеров.	8	1	-	-	7	-	Устный групповой опрос
3	Методы хроматографии.	8	1	-	-	7	-	Устный групповой опрос
4	Масс-спектрометрический метод анализа.	7	1	-	-	6	-	Устный групповой опрос, решение задач
5	Радиационные методы.	6	1	-	-	5	-	Устный групповой опрос
6	Методы, использующие ультрафиолетовый и видимый свет	6	1	-	-	5	-	Устный групповой опрос
7	Инфракрасная спектроскопия	8	2	-	-	6	-	Устный групповой опрос
8	Методы радиоспектроскопии	6	1	-	-	5	-	Устный групповой опрос
9	Электрохимические методы анализа	7	1	-	-	6	-	Устный групповой опрос
10	Изучение массы, разветвленности и взаимодействия макромолекул	7	2	-	-	5	-	Устный групповой опрос, решение задач
11	Изучение надмолекулярных структур	9	2	-	-	7	-	Устный групповой опрос, решение задач
12	Методы определения температуры стеклования полимеров	6	1	-	-	5	-	Устный групповой опрос
13	Оценка стойкости полимеров к внешним воздействиям и эффективности действия стабилизаторов	8	1	-	-	7	-	Устный групповой опрос
14	Реологические и пластоэластические свойства каучуков и резиновых смесей	7	1	-	-	6	-	Устный групповой опрос
15	Примеры комплексного применения методов анализа при исследовании полимеров	8	1	-	-	7	-	Устный групповой опрос, решение задач
<b>Всего часов:</b>		<b>108</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>90</b>	<b>-</b>	

#### 4.2.2 Содержание разделов и тем дисциплины

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Формы проведения занятий
1	Характеристика методов исследования полимеров.	Классификация и современные тенденции развития методов исследования. Выбор оптимального метода исследования.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
2	Изучение химического состава полимеров.	Анализ полимеров термическими методами. Элементный анализ. Химический анализ на содержание отдельных элементов. Анализ функциональных групп. Определение ненасыщенности полимеров.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
3	Методы хроматографии.	Газовая хроматография. Жидкостная хроматография. Хроматомембранные методы разделения. Тонкослойная хроматография. Гельпроницающая хроматография. Особенности изучения олигомеров. Особенности исследования сшитых полимеров.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
4	Масс-спектрометрический метод анализа.	Области применения масс-спектрометрии. Анализ химического состава смесей. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
5	Радиационные методы.	Радиохимические методы анализа. Рентгеноструктурный анализ и электронография. Рентгеновская и рентгеноэлектронная спектроскопия. Электронография. Рентгеновские и радиографические методы дефектоскопии. Рентгеновская дефектоскопия. Метод меченых атомов.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
6	Методы, использующие ультрафиолетовый и видимый свет.	Спектрофотометрический метод анализа в УФ- и видимой области. Методы, использующие оптические законы. Методы, основанные на отражении света. Методы, основанные на преломлении света. Методы, основанные на рассеянии света. Фотоколориметрический метод анализа.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
7	Инфракрасная спектроскопия.	Применение метода ИК-спектроскопии для определение чистоты, состава, структуры полимеров и сополимеров, исследования механизмов химических реакций, температурных переходов в полимерах. Лазерная аналитическая спектроскопия. Лазерно-индуцированный эмиссионный спектральный анализ. Лазерный флуоресцентный анализ.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
8	Методы радиоспектроскопии.	Метод ядерного магнитного резонанса. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный квадрупольный резонанс.	Лекции, семинары, самостоятельная работа

9	Электрохимические методы анализа.	Потенциометрический метод анализа. Метод кондуктометрии. Кулонометрический метод анализа. Вольтамперометрические методы. Полярографический метод анализа. Инверсионные электрохимические методы. Высокочастотные методы.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
10	Изучение массы, разветвленности и взаимодействия макромолекул.	Виды молекулярных масс полимеров и их определение. Определение ММР полимеров. Анализ функциональности олигомеров. Изучение разветвленности макромолекул. Исследование межмолекулярных взаимодействий в полимерах.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
11	Изучение надмолекулярных структур.	Определение удельного объема полимеров. Измерение плотности полимеров. Методы микроскопии. Интерференционно-дифракционные методы. Исследование кристаллизации методом ЭПР. Определение степени кристалличности, размеров кристаллитов, ориентации в полимерах.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
12	Методы определения температуры стеклования полимеров.	Статические методы. Динамические методы. Динамические механические методы. Электрические методы. Динамические магнитные методы.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
13	Оценка стойкости полимеров к внешним воздействиям и эффективности действия стабилизаторов.	Изучение процессов термического старения. Окислительное старение полимеров. Оценка химической стойкости полимеров. Изучение механохимической деструкции. Изучение эффективности действия и выбор стабилизатора.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
14	Реологические и пластоэластические свойства каучуков и резиновых смесей.	Ротационная вискозиметрия. Капиллярная вискозиметрия. Сжимающие пластометры. Динамические методы реологических испытаний.	Лекции, семинары, самостоятельная работа
15	Примеры комплексного применения методов анализа при исследовании полимеров.	Методы исследования полимерных смесей. Применение термических и динамических методов анализа и данных набухания. Исследование гомогенности и морфологии смесей полимеров. Изучение межфазного распределения наполнителя. Определение типа эластомера в вулканизате. Определение типа вулканизирующей системы.	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 «Основы физико-химических методов исследования высокомолекулярных соединений и полимерных композиционных материалов». Форма аттестации –зачет.

#### **Контрольные вопросы к зачету:**

##### **1. Характеристика методов исследования полимеров**

Классификация и современные тенденции развития методов исследования. Выбор оптимального метода исследования.

##### **2. Изучение химического состава полимеров**

Определение содержания различных химических элементов в макромолекулах. Анализ полимеров термическими методами. Элементный анализ. Химический анализ на содержание отдельных элементов. Анализ функциональных групп. Определение ненасыщенности полимеров.

##### **3. Методы хроматографии**

Характеристика методов хроматографии. Газовая хроматография. Капиллярная газовая хроматография. Реакционная газовая хроматография. Обратная газовая хроматография. Пиролитическая газовая хроматография. Жидкостная хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Капиллярные электросепарационные методы. Ионообменная жидкостная хроматография. Хроматомембранные методы разделения. Тонкослойная хроматография. Методика проведения анализа. Области применения метода ТСХ. Гельпроникающая хроматография. Аппаратурное оформление метода. Определение молекулярной массы и ММР полимеров. Исследование кинетики полимеризации. Изучение состава сополимеров. Особенности изучения олигомеров. Особенности исследования сшитых полимеров.

##### **4. Масс-спектрометрический метод анализа**

Аппаратурное оформление метода. Способы ввода пробы. Способы ионизации вещества. Типы анализаторов масс. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Области применения масс-спектрометрии. Анализ химического состава смесей. Изучение химических реакций в масс-спектрометре. Анализ полимеров и полимерных материалов.

## 5. Радиационные методы

Радиохимические методы анализа. Рентгеноструктурный анализ и электронография. Рентгеновская и рентгеноэлектронная спектроскопия. Электронография. Рентгеновские и радиографические методы дефектоскопии. Рентгеновская дефектоскопия. Метод меченых атомов.

## 6. Методы, использующие ультрафиолетовый и видимый свет

Спектрофотометрический метод анализа в УФ- и видимой области. Основы абсорбционной спектрофотометрии. Аппаратурное оформление. Способы подготовки образцов. Проведение количественного анализа. Изучение кинетики химических реакций. Исследование полимеров и сополимеров. Методы, использующие оптические законы. Методы, основанные на отражении света. Методы, основанные на преломлении света. Рефрактометрия. Двойное лучепреломление. Методы, основанные на рассеянии света. Метод светорассеяния. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Фотоколориметрический метод анализа.

## 7. Инфракрасная спектроскопия

Аппаратурное оформление метода. Применение метода ИК-спектроскопии. Определение чистоты веществ. Исследование механизма химических реакций. Изучение состава и структуры полимеров. Определение состава сополимеров. Изучение микроструктуры, конфигурации и конформации макромолекул. Исследование поверхностных слоев полимеров. Определение температурных переходов в полимерах. Исследование окисления и механодеструкции полимеров. Изучение процессов смешения и вулканизации. Исследование структуры вулканизатов. Другие области применения ИК-спектроскопии. Лазерная аналитическая спектроскопия. Лазерно-индуцированный эмиссионный спектральный анализ. Лазерный флуоресцентный анализ.

## 8. Методы радиоспектроскопии

Метод ядерного магнитного резонанса. Физические основы метода. Характеристики спектров ЯМР. Аппаратурное оформление. Использование метода ЯМР. Изучение степени превращения мономеров в процессе полимеризации. Конформационный анализ полимеров. Определение состава и молекулярной массы полимеров. Исследование молекулярных движений в полимерах. Изучение процессов старения каучуков. Исследование совместимости компонентов и межмолекулярных взаимодействий при смешении полимеров. Изучение вулканизационных сеток в эластомерах. Изучение деформации и течения полимеров. Электронный парамагнитный резонанс. Характеристики спектра ЭПР. Аппаратурное оформление метода ЭПР. Применение метода ЭПР. Идентификация парамагнитных частиц. Исследование радикалов в полимерах. Изучение молекулярных движений в полимерах. Изучение структурирования эластомеров. Ядерный квадрупольный резонанс.

## 9. Электрохимические методы анализа

Потенциометрический метод анализа. Метод кондуктометрии. Кулонометрический метод анализа. Вольтамперометрические методы. Полярографический метод анализа. Инверсионные электрохимические методы. Высокочастотные методы.

## 10. Изучение массы, разветвленности и взаимодействия макромолекул

Определение молекулярной массы полимеров. Среднечисловая молекулярная масса. Среднемассовая молекулярная масса. Другие виды молекулярных масс. Определение ММР полимеров. Анализ функциональности олигомеров. Изучение разветвленности макромолекул. Исследование межмолекулярных взаимодействий в полимерах.

## 11. Изучение надмолекулярных структур

Определение удельного объема полимеров. Измерение плотности полимеров. Методы микроскопии. Трансмиссионная электронная микроскопия. Сканирующая электронная микроскопия. Интерференционно-дифракционные методы. Исследование кристаллизации методом ЭПР. Определение степени кристалличности. Определение размеров кристаллитов. Исследование ориентации в полимерах.

## 12. Методы определения температуры стеклования полимеров

Статические методы. Динамические методы. Динамические механические методы. Электрические методы. Динамические магнитные методы.

13. Оценка стойкости полимеров к внешним воздействиям и эффективности действия стабилизаторов

Изучение процессов термического старения. Термогравиметрический метод анализа. Дифференциально-термический анализ. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Окислительное старение полимеров. Исследование поглощения кислорода. Изучение продуктов окисления. Оценка химической стойкости полимеров. Изучение механохимической деструкции. Изучение эффективности действия и выбор стабилизатора.

## 14. Реологические и пластоэластические свойства каучуков и резиновых смесей

Ротационная вискозиметрия. Капиллярная вискозиметрия. Сжимающие пластометры. Динамические методы реологических испытаний.

## 15. Примеры комплексного применения методов анализа при исследовании полимеров

Методы исследования полимерных смесей. Экспресс-методы идентификации полимеров. Пиролитическая газовая хроматография. Применение ИК- и ЯМР-спектроскопии. Применение термических и динамических методов анализа и данных набухания. Исследование гомогенности и морфологии смесей полимеров. Изучение межфазного распределения наполнителя. Определение типа эластомера в вулканизате. Определение типа вулканизирующей системы.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### Основная литература

1. Анализ органических и элементоорганических соединений; учеб.-метод. пособие / сост.: Г. Б. Недвецкая, Л. П. Шаулина, А. А. Татарина, Т. В. Мамасева. – Иркутск: ИГУ, 2014. – 93 с.
2. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. – М.: Лань, 2012. – 464 с.
3. Горшков, В. И. Основы физической химии / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 407 с.
4. Кленин, В. И. Высокмолекулярные соединения / В. И. Кленин, И. В. Федусенко. – М.: Лань, 2013. – 512 с.
5. Сильверстейн, Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 557 с.

### Дополнительная литература

1. Илиел, Э. Основы органической стереохимии / Э. Илиел. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 703 с.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Смит, В. А. Основы современного органического синтеза. Учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 750 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. Хельвинкель, Д. Систематическая номенклатура органических соединений / Д. Хельвинкель. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 232 с.
11. Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия / К. Эльшенбройх. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 750 с.

#### **Электронные ресурсы**

1. Купцов, А.Х. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров [Электронный ресурс]: справочник / А.Х. Купцов, Г.Н. Жижин. — Электрон. дан. — Москва: Техносфера, 2013. — 696 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73562>. — Загл. с экрана.
2. Суханов, П.П. Анализ многокомпонентных полимерных систем методами ЯМР. Ч. II. Олигомер–полимерные превращения [Электронный ресурс]: монография / П.П. Суханов. — Электрон. дан. — Казань: КНИТУ, 2006. — 269 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/13264>. — 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.

**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.	Розенштейн О.М. <i>[подпись]</i>	Без изменений
2020-2021 уч.г.	Протокол № 6 от 27.03.2020г.	Розенштейн О.М. <i>[подпись]</i>	Без изменений

**Содержание изменений (вносится от руки):**