



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«ИРКУТСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИИ им. А.Е. ФАВОРСКОГО  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»



А.В. Иванов

2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ХИМИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Шифр и наименование области науки:**

1. Естественные науки

**Шифр и наименование группы научных специальностей:**

1.4. Химические науки

**Шифр и наименование научных специальностей:**

1.4.7. Высокомолекулярные соединения

Иркутск  
2025

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 и Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным Постановлением Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122.

Рабочая программа составлена Жизневский В.Н. БДС

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании Ученого совета ИрИХ СО РАН (Протокол № 6 от «09» июня 2025 г.)

## 1. Цели и задачи учебной дисциплины

**Цель** изучения дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений»: приобретение фундаментальных знаний и практических навыков, необходимых для профессиональной научно-исследовательской, инновационной и образовательной деятельности в области химии высокомолекулярных соединений; формирование обобщающей теоретической базы для изучения фундаментальных основ химии высокомолекулярных соединений и возможности их использования на практике.

### **Задачи:**

- формирование у обучающихся современных представлений о химии высокомолекулярных соединений, ее роли и значимости в сопоставлении с другими химическими науками;
- освоение навыков теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области 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.

## 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Химия высокомолекулярных соединений» является частью образовательного компонента (Подраздел 2.1.1.3. раздела 2.1.1. «Обязательные дисциплины») программы аспирантуры по научной специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Учебная дисциплина реализуется на первом и втором году обучения.

Знания, умения и навыки, приобретенные аспирантами по результатам изучения учебной дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений», используются ими для сдачи кандидатского экзамена и при написании диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата наук.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

### **Знать:**

- методы получения, химические свойства и практическое использование основных классов высокомолекулярных соединений;
- типовые методы синтеза полимеров, используемые реагенты и оборудование;
- механизмы основных полимеризационных процессов, подходы и методы изучения механизмов;
- влияние строения на реакционную способность высокомолекулярных соединений;
- физико-химические методы исследования строения высокомолекулярных соединений и полимеризационных процессов;
- современную периодическую литературу (журналы) и электронные базы данных в области химии высокомолекулярных соединений и методов поиска свойств и получения полимеров;
- роль и место химии высокомолекулярных соединений в системе фундаментальных химических наук и производстве современной инновационной продукции.

### **Уметь:**

- выбирать методы и реагенты синтеза мономеров и полимеров;
- планировать полимеризационный процесс;
- проводить разделение смесей полученных высокомолекулярных соединений и идентификацию состава и строения с помощью химических и физико-химических

методов анализа;

- осуществлять поиск методов получения и свойств высокомолекулярных соединений с использованием современных баз данных и поисковых систем.

**Иметь опыт:**

- планирования и проведения синтеза высокомолекулярных соединений;
- очистки полимеров и идентификации их строения с использованием химических и физико-химических методов;
- моделирования свойств веществ и параметров реакций с использованием квантово-химических методов;
- написания научных отчетов и статей.

#### 4. Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц (324 часа).

##### Структура дисциплины

Таблица 4.1. Структура учебной дисциплины

№	Наименование дисциплины	Объем учебной работы, ч						Форма контроля	
		Всего	Всего аудиторн.	Из аудиторных			СР		
				Лек	Лаб	П			КСР
1	Химия высокомолекулярных соединений	324	144	63	-	81	18	162	Экзамен

#### Раздел 1. Классификация и номенклатура полимеров

**Тема 1.** Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава и строения основной цепи, в зависимости от топологии макромолекул. Однотяжные и двухтяжные макромолекулы. Природные (волокна, каучук) и синтетические полимеры. Органические, элементоорганические и неорганические полимеры. Линейные, разветвленные, лестничные и сшитые полимеры, дендримеры. Гомополимеры, сополимеры, блок-сополимеры, привитые сополимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры.

**Тема 2.** Номенклатура полимеров. Биополимеры, основные биологические функции белков рибонуклеиновой и дезоксирибонуклеиновой кислот. Краткая характеристика и области применения важнейших представителей различных классов полимеров.

#### Раздел 2. Синтез полимеров

**Тема 3.** Полимеризация. Радикальная полимеризация. Механизм радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации. Факторы, влияющие на кинетику радикальной полимеризации. Определение скорости полимеризации. Определение скорости инициирования полимеризации. Катионная полимеризация. Кинетика катионной полимеризации. Координационная полимеризация. Цепная сополимеризация. Полимеризация в растворе. Анионная полимеризация. Кинетика анионной полимеризации. Суспензионная полимеризация. Эмульсионная полимеризация.

**Тема 4.** Поликонденсация. Кинетика поликонденсации. Способы проведения поликонденсации. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при линейной поликонденсации. Кинетика поликонденсации: влияние концентрации мономеров, стехиометрии, температуры, катализатора, монофункциональных примесей, низкомолекулярного продукта реакции на предельную степень поликонденсации. Трехмерная

поликонденсация, ее особенности. Способы проведения поликонденсации: в расплаве, растворе и на границе раздела фаз.

### **Раздел 3. Химические реакции полимеров**

**Тема 5.** Реакции без изменения степени полимеризации. Полимераналогичные превращения. Внутримолекулярные превращения. Особенности реакционной способности функциональных групп макромолекул.

Примеры использования полимераналогичных превращений и внутримолекулярных реакций для получения новых полимеров.

**Тема 6.** Реакции, приводящие к изменению степени полимеризации. Сшивание макромолекул. Отверждение. Блок- и привитая сополимеризация. Образование полиэлектролитных комплексов. Деструкция полимеров. Механизм цепной и случайной деструкции. Деполимеризация. Термоокислительная и фотохимическая деструкция. Механодеструкция. Принципы стабилизации полимеров.

### **Раздел 4. Макромолекулы и их поведение в растворах**

**Тема 7.** Конфигурации и конфигурационная изомерия макромолекулы. Конфигурации и конформации макромолекул.

**Тема 8.** Конформационная изомерия и конформация макромолекулы. Модели линейной полимерной цепи. Модель свободно-сочлененной цепи. Модель цепи со свободным вращением мономерных звеньев с сохранением валентного угла. Модель реальной цепи.

**Тема 9.** Макромолекулы в растворах.

### **Раздел 5. Полимерные тела.**

**Тема 10.** Структура и основные физические свойства полимерных тел. Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Особенности молекулярного строения полимеров и принципы упаковки макромолекул. Аморфные и кристаллические полимеры. Условия, необходимые для кристаллизации полимеров. Три физических состояния. Термомеханические кривые аморфных полимеров.

**Тема 11.** Свойства аморфных полимеров. Высокоэластическое состояние. Молекулярный механизм высокоэластических деформаций. Нижний предел молекулярных масс, необходимых для проявления высокоэластичности. Релаксационные явления в полимерах.

Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол. Хрупкость полимеров.

Вязко-текучее состояние. Механизм вязкого течения. Кривые течения полимеров. Зависимость температуры вязкого течения от молекулярной массы. Формование изделий из полимеров в режиме вязкого течения.

### **Раздел 6. Нанополимеры**

**Тема 12.** Свойства нанополимеров. Удельный вес. Стойкость к коррозии. Термо- и электроизолирующие свойства.

**Тема 13.** Получение наноматериалов. Нанотехнологии в индустрии полимеров. Синтез полимеров. Механическое диспергирование. Микрокапсулирование полимерами. Напыление на полимеры. Золь-гель технологии.

**Тема 14.** Применение нанополимеров. Нанотехнологии в медицине. Наноматериаловедение. Наноприборостроение. Наноэлектроника.

### **Раздел 7. Полимерные материалы и изделия**

**Тема 15.** Пластические массы. Свойства, применение

**Тема 16.** Эластомеры. Каучуки, резины.

**Тема 17.** Пленки. Пленки из природных, искусственных и синтетических полимеров. Получение пленок и их применение.

**Тема 18.** Волокна. Химические и натуральные. Химические: искусственные и натуральные. Свойства волокон. Классификация.

**Тема 19.** Растворы полимеров. Использование.

### Раздел 8. Подготовка к кандидатскому экзамену

**Тема 20.** Подготовка к кандидатскому экзамену.

Содержание раздела дифференцировано, так как включает ответы на вопросы аспирантов по программе кандидатского минимума, проработку и повторение терминов и тем по запросу. Также в содержание включена проработка теоретического базиса экспериментальной работы в рамках узко специализированных тем диссертационных работ аспирантов.

### Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий с указанием трудоемкости

№	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы и трудоемкость, ч						Формы текущего контроля успеваемости
		Всего	Лек	Лаб	П	СР	КСР	
<b>Раздел 1. Классификация и номенклатура полимеров</b>								
1	Классификация полимеров	10	1	-	2	6	1	Собеседование
2	Номенклатура полимеров	10	2	-	1	6	1	
<b>Раздел 2. Синтез полимеров</b>								
3	Полимеризация.	11	1	-	3	6	1	Собеседование
4	Поликонденсация.	11	1	-	3	6	1	
<b>Раздел 3. Химические реакции полимеров</b>								
5	Реакции без изменения степени полимеризации.	10	2	-	2	5	1	Собеседование
6	Реакции, приводящие к изменению степени полимеризации	10	1	-	3	5	1	
<b>Раздел 4. Макромолекулы и их поведение в растворах</b>								
7	Конфигурации и конфигурационная изомерия макромолекулы.	11	2	-	4	4	1	Собеседование
8	Конформационная изомерия и конформация макромолекулы.	11	2	-	4	4	1	
9	Макромолекулы в растворах.	11	2	-	4	4	1	
<b>Раздел 5. Полимерные тела.</b>								
10	Структура и основные физические свойства полимерных тел.	11	2	-	4	4	1	Собеседование
11	Свойства аморфных полимеров	11	2	-	4	4	1	
<b>Раздел 6. Нанополимеры</b>								
12	Свойства нанополимеров	13	3	-	2	7	1	Собеседование
13	Получение наноматериалов	12	3	-	2	6	1	

14	Применение нанополимеров.	11	2	-	2	6	1	
<b>Раздел 7. Полимерные материалы и изделия</b>								
15	Пластические массы	12	3	-	1	7	1	Собеседование
16	Эластомеры	13	4	-	1	7	1	
17	Пленки	13	4	-	1	7	1	
18	Волокна	13	4	-	1	7	1	
19	Растворы полимеров	12	4	-	1	7	-	
<b>Раздел 8. Подготовка к кандидатскому экзамену</b>								
20	Подготовка к кандидатскому экзамену	108	18	-	36	54	-	Собеседование
<b>Всего часов:</b>		<b>324</b>	<b>63</b>	<b>-</b>	<b>81</b>	<b>162</b>	<b>18</b>	

Рабочей программой дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений» предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 162 ч. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

Перечень рекомендуемых видов самостоятельной работы:

- регулярная проработка пройденного на лекциях учебного материала по разделам курса;
- ознакомление с литературой в электронно-библиотечных системах, включая публикации из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров, конференций различного уровня;
- участие в семинарах ИрИХ СО РАН по тематике курса, научно-методических семинарах лабораторий, посещение защит диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук;
- подготовка к сдаче экзамена по курсу.

### **5. Организация текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения учебной дисциплины**

**Текущий контроль** по дисциплине «Химия высокомолекулярных соединений» осуществляется в следующих формах: собеседование по контрольным вопросам.

Собеседование – средство контроля, организованное в форме собеседования по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.

Собеседование по контрольным вопросам и письменным ответам на вопросы оценивается в соответствии со следующими критериями: аргументированность позиции, широта используемых теоретических знаний.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине «Химия высокомолекулярных соединений» проводится на втором году обучения в форме экзамена и на четвертом году в форме кандидатского экзамена.

Экзамен (кандидатский экзамен) – средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков, полученных по итогам изучения дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений», позволяющих аспиранту анализировать различные факты и явления в своей профессиональной области.

Кандидатский экзамен проводится в присутствии не менее 2 членов экзаменационной комиссии из состава, утвержденного приказом по ИрИХ СО РАН, в устном или письменном виде с последующим устным собеседованием по вопросам, указанным в экзаменационном билете. На подготовку ответов в письменном виде отводится 1 академический час.

Результаты сдачи экзамена оцениваются как «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания ответа аспиранта:

- для оценки «отлично»: наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме программы кандидатского экзамена, правильные и уверенные действия по применению теоретических знаний для решения практических задач, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;

- для оценки «хорошо»: наличие твердых и достаточно полных знаний программы кандидатского экзамена, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению теоретических знаний для решения практических задач, четкое изложение материала;

- для оценки «удовлетворительно»: наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению теоретических знаний для решения практических задач;

- для оценки «неудовлетворительно»: наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

Дисциплина считается освоенной, если обучающийся получил оценку «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

### **Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **Примеры контрольных вопросов для проведения собеседования**

1. Полимерное состояние - как особая форма существования вещества. Важнейшие свойства полимерных веществ.
2. Современная теория макромолекулярного строения. Полимергомология. Полидисперсность. Полимераналогия. Разнозвенность.
3. Основные понятия и определения в химии ВМС: мономер, полимер, олигомер, макромолекула, элементарное звено, степень полимеризации и контурная длина цепи. Структурные единицы полимеров: макромолекула, сегмент Куна.
4. Роль усредненных характеристик при описании строения и свойств полимеров. Полимергомология. Средние молекулярные массы и степени полимеризации. Полидисперсность. Молекулярно-массовые распределения (ММР) полимеров.
5. Способы фракционирования полимеров: аналитические, препаративные. Необходимость фракционирования.
6. Полимергомология. Полидисперсность. Молекулярно-массовые распределения полимеров (интегральные, дифференциальные, уни- и полимодальные).
7. Полимергомология. Средние молекулярные массы и степени полимеризации. Способы определения молекулярных масс полимеров.
8. Конфигурация макромолекулы и конфигурационная изомерия. Стереои́зомерия и стереорегулярные макромолекулы. Особенности свойств стереорегулярных полимеров. Способы их получения.
9. Конформационная изомерия и конформация макромолекулы. Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекулы. Важнейшие конформации полимерных молекул.
10. Способы очистки и разделения полимеров. Методы исследования полимеров.
11. Классификация полимеров в зависимости от происхождения, способа получения, химического состава и пространственного строения звеньев и основной цепи, характера чередования звеньев, величины молекулярной массы, фазового и физического состояния, отношения к температуре.
12. Способы получения полимеров из мономеров: поликонденсация (ступенчатая полимеризация), полимеризация. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов.
13. Поликонденсация. Разновидности поликонденсации.
14. Поликонденсация. Основные стадии поликонденсации.

15. Сополиконденсация. Значение поликонденсации и новое в поликонденсации.
16. Полимеризация. Термодинамика полимеризации. Способы оценки термодинамических характеристик.
17. Полимеризационно-деполимеризационное равновесие. Максимальная температура полимеризации. Предельная температура полимеризации и ее зависимость от давления, концентрации мономера. Способы оценки предельной температуры полимеризации.
18. Классификация полимеризационных процессов в зависимости от механизма: радикальная, катионная, анионная, ионно-координационная.
19. Радикальная полимеризация. Способы инициирования, эффективность инициирования. Способы определения константы скорости инициирования, эффективности инициирования, порядка реакции по инициатору. Зависимость скорости полимеризации, выхода и молекулярной массы полимера от концентрации инициатора.
20. Радикальная полимеризация. Реакции передачи цепи. Теломеризация, типичные телогены, применение теломеризации. Константы передачи цепи и их оценка.
21. Радикальная полимеризация. Замедление и ингибирование, типичные замедлители и ингибиторы (механизм их действия).
22. Молекулярно-массовое распределение на начальной стадии и высоких степенях завершенности радикальной полимеризации («гель-эффект», передача цепи на полимер)
23. Радикальная сополимеризация. Виды сополимеров. Уравнения состава сополимера Майо-Льюиса и Файнмана-Росси. Типы сополимеризации: «идеальная», чередующаяся, блок-сополимеризация. Необходимость синтеза сополимеров. Значение сополимеризации.
24. Способы определения констант сополимеризации: экспериментальные (методы Майо-Льюиса и Файнмана-Росси), алгебраическое, теоретическое (Q-е схема Алфрея-Прайса).
25. Катионная полимеризация. Основные стадии катионной полимеризации.
26. Кинетика катионной полимеризации при отщеплении катализатора, реакций передачи цепи на мономер, специальный агент. Псевдокатионная полимеризация. Влияние различных факторов на скорость полимеризации, степень полимеризации, регулярность (стереорегулярность) и полидисперсность полимера, порядки реакции по реагентам.
27. Анионная полимеризация. Основные стадии анионной полимеризации.
28. Кинетика анионной полимеризации при передаче цепи на растворитель. Полимеризация по механизму «живых цепей». Влияние различных факторов на скорость полимеризации, степень полимеризации, регулярность (стереорегулярность), полидисперсность полимера, порядки реакции по реагентам.
29. Ионно-координационная полимеризация. Ионно-координационные катализаторы: примеры катализаторов, основные стадии, виды обрыва цепи, механизм катализа.
30. Кинетика ионно-координационной полимеризации. Области применения ионно-координационной полимеризации.
31. Способы проведения поликонденсации и полимеризации.
32. Макромолекулы в растворах. Существенные различия свойств разбавленных растворов полимеров и низкомолекулярных соединений. Критические температуры растворения. Гидродинамические свойства макромолекул в растворах.
33. Концентрированные растворы полимеров и гели. Тиксотропия. Неограниченное и ограниченное набухание. Жидкокристаллическое состояние жесткоцепных полимеров.
34. Полиэлектролиты: поликислоты, полиоснования, полиамфолиты. Ионизационное равновесие в водных растворах. Гидродинамические свойства полиэлектролитов. Ионообменные полимерные материалы.
35. Полиэлектролиты: полимер-олигомерные комплексы, химизм комплексообразования, устойчивость комплексов. Факторы, определяющие эффективность комплексообразования полимеров. Полимерный эффект, кооперативность. Методы изучения комплексообразования. Практическое значение комплексообразования (матричные реакции).
36. Модификация полимеров: классификация. Необходимость модификации полимеров.
37. Химическая модификация полимеров с уменьшением молекулярных масс полимеров.
38. Химическая модификация полимеров с увеличением молекулярных масс полимеров.

39. Физическая (структурная) модификация полимеров: пластификация и пластификаторы, наполнители, ориентирование, отжиг, армирование.
40. Старение полимеров. Усилители, ингибиторы старения. Долговечность полимерных материалов. Механизм разрушения полимеров.
41. Свойства аморфных полимеров. Три физических состояния. Термомеханические кривые. Температуры стеклования, хрупкости, текучести, размягчения: факторы, определяющие их величины. Значение физических состояний. Особенности механических свойств полимеров, находящихся в стеклообразном состоянии.
42. Свойства кристаллических полимеров. Надмолекулярные структуры полимеров: способы их оценки; факторы, определяющие их природу. Анизотропия механических свойств. Температура кристаллизации. Особенности механических свойств кристаллических полимеров.
43. Формование изделий из полимеров. Самозастекловывание. Основные принципы получения ориентированных полимерных волокон и пленок.
44. Нанополимеры. Свойства, применение.
45. Важнейшие полимеризационные полимеры: полиэтилен и его сополимеры, полипропилен, полистирол и его сополимеры, полибутадиен и его сополимеры, полиизопрен, полихлоропрен, поливинилацетат, полиэтиленоксид, повинихлорид, поливинилиденхлорид, поли(мет)акриловая кислоты и их эфиры, полиацетилен, полиакриламид, тефлон, полиакролеин, полиакрилонитрил, полисилоксан, капрон, полиизоцианаты, пластическая сера, полимерный фосфор.
46. Полимеры, полученные модификацией: поливиниловый спирт, резина, эбонит, нитрат (ацетат, ксантогенат) целлюлозы, целлулоид, медноаммиачное волокно, мерсеризованная целлюлоза, микрокристаллическая целлюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, хитозан, черный орлон, хлорин, ионообменные смолы.

### **Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов, тематика которых представлена в программе кандидатского экзамена.

#### **Образцы билетов**

##### **Химия высокомолекулярных соединений**

###### **Билет 1**

1. Полидисперсность, молекулярная масса, степень полимеризации, молекулярно-массовое и молекулярно-численное распределение олигомеров и полимеров. Стереохимия полимеров.

2. Конфигурация и конформация макромолекул. Основные модели полимерных цепей: свободносочлененная цепь, цепь с фиксированными углами. Гибкость полимерных цепей и ее характеристики. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекул. Размеры и формы реальных цепных молекул и их экспериментальное определение.

3. Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).

###### **Билет 2**

1. Классификация и номенклатура мономеров, олигомеров и полимеров. Особенности их химического строения. Синтетические органические, элементоорганические, неорганические и природные полимеры.

2. Высокомолекулярные соединения в растворе. Характер взаимодействия в растворах полимеров. Термодинамика растворов полимеров. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе. Диффузия макромолекул в растворе. Методы фракционирования полимеров. Растворы полиэлектролитов. Полимеры как матрицы для твердых электролитов.

3. Спектроскопия полимеров: ИК, МНПВО, КР. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.

#### Билет 3

1. Радикальная полимеризация и ее механизм. Кинетика радикальной полимеризации и уравнение скорости полимеризации. Ингибиторы и регуляторы радикальной полимеризации. Способы проведения радикальной полимеризации: в массе, растворе, твердой фазе, в суспензиях. Эмульсионная полимеризация и ее особенности.

2. Физические и фазовые состояния полимеров: стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее. Аморфные и кристаллические полимеры. Фазовые переходы, механизм кристаллизации и плавления кристаллов. Влияние структуры и внешних воздействий на фазовые переходы.

3. Флуоресцентный анализ полимеров.

#### Билет 4

1. Сополимеризация, ее механизм и основные закономерности. Уравнение состава сополимера. Константы сополимеризации и их физический смысл. Связь строения мономеров с их реакционной способностью.

2. Структура и свойства полимерных стекол. Современные представления об аморфном состоянии и структуре стеклообразных полимеров. Стеклование полимеров и методы его определения. Теории стеклования. Явление вынужденной эластичности. Природа больших деформаций и деформаций в области криогенных температур.

3. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, области применения в химии ВМС.

#### Билет 5

1. Ионная, катионная и анионная, полимеризация. Реакционная способность мономеров в ионных реакциях. Катализаторы и сокатализаторы. Механизмы процесса. Скорость процессов катионной и анионной полимеризации, влияние среды и температуры на кинетику и полидисперсность образующихся полимеров. Примеры образования «живых» полимерных цепей.

2. Основные свойства высокоэластического состояния полимеров. Сеточная теория высокоэластичности. Основное уравнение кинетической теории высокоэластичности. Термодинамика деформации эластомеров. Кристаллизация эластомеров при деформации.

3. Теплофизические методы, дилатометрия, дифференциальный термический анализ, калориметрические методы исследования полимеров.

#### Билет 6

1. Ионно-координационная полимеризация и ее особенности. Катализаторы Циглера-Натта. Ионно-координационная полимеризация на литиевых катализаторах. Металлоценовый катализ, механизм и кинетика реакций. Стереорегулярные полимеры и условия их получения. Механизм стереоспецифической полимеризации.

2. Вязкотекучее состояние и основы реологии полимеров.

3. Масс-спектрометрия. Сущность метода, применение при исследовании структуры полимеров.

#### Билет 7

1. Полиприсоединение. Механизм образования полиуретанов, поликарбамидов и эпоксидных полимеров.

2. Основные типы кристаллических структур макромолекул. Упаковка цепных молекул в кристаллах. Морфология кристаллических полимеров.

3. Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров.

#### Билет 8

1. Поликонденсация: равновесная и неравновесная. Типы химических реакций поликонденсации. Функциональность мономеров, олигомеров и ее значение. Реакционная способность функциональных групп.

2. Жидкокристаллическое состояние полимеров. Ближний и дальний порядок. Типы симметрии. Мезоморфные состояния. Области применения жидкокристаллических полимеров.

3. Применение оптической и электронной микроскопии в изучении структуры полимеров.

#### Билет 9

1. Синтез мономеров и полисопряженных полимеров на их основе, химическое строение, молекулярная и надмолекулярная структура типичных полисопряженных полимеров: полиацетилена, полидиацетиленов, полианилинов, полифениленвиниленов, политиофенов, понятие об их электронной структуре.

2. Ориентированное состояние полимеров. Особенности ориентированного состояния полимеров. Строение и свойства ориентированных полимеров. Структурные модели. Основные методы ориентации полимеров и методы оценки.

3. Физико-механические методы и термомеханический метод исследования структуры полимеров.

#### Билет 10

1. Основные признаки разветвленных полимеров и методы синтеза, их конфигурация (на уровнях звена, цепи, присоединения звеньев, присоединения блоков) и конформация. Факторы, определяющие конформационные переходы. Структурная модификация и надмолекулярная структура. Сверхразветвленные полимеры и дендримеры, их синтез и особенности строения.

2. Релаксационные явления в полимерах.

3. Неразрушающие методы исследования ПКМ.

#### Билет 11

1. Сшитые полимеры. Формирование трехмерных структур в процессе синтеза и химических превращений в макромолекулах. Сшитые жесткоцепные и эластичные полимеры. Параметры сеток. Основные зависимости между структурными характеристиками пространственно сшитых полимеров. Образование пространственных структур в эластомерах и их динамика. Виды сшивающих агентов и особенности строения сеток. Влияние типа поперечных связей на механические свойства сшитых эластомеров.

2. Физико-механические свойства полимеров. Деформационные свойства. Напряжение, деформация и упругость.

3. Электрофизические методы исследования свойств полимеров и ПКМ.

#### Билет 12

1. Природные полимеры и их разновидности, методы выделения из природного сырья и идентификации, методы модификации. Целлюлоза, хитин, хитозан и их производные. Применение природных полимеров.

2. Электрические, оптические и магнитные свойства полимеров и ПКМ. Линейные и нелинейные эффекты в полимерах и полимерных композитах.

3. Транспортные методы для исследования полимеров. Обратная и гель-проникающая хроматография.

#### Билет 13

1. Химическая модификация полимеров. Реакционная способность функциональных групп макромолекул и низкомолекулярных соединений. Эффекты цепи и соседней группы, конфигурационные и конформационные эффекты. Реакции замещения, реакции структурирования полимеров. Межмолекулярные реакции и образование трехмерных сеток. Реакции присоединения, отщепления и изомеризации.

2. Оптические свойства полимеров: коэффициент светопропускания, спектральный коэффициент пропускания, светостойкость, светорассеяние, показатель преломления и оптический коэффициент напряжения и оптическая нетермостойкость.

3. Полярография и другие электрохимические методы изучения структуры высокомолекулярных веществ.

#### Билет 14

1. Классификация полимерных композиционных материалов и полимерных нанокомпозитов. Методы получения полимерных композиционных материалов. Нанокомпозиты.

2. Нанокомпозиты. Наполнители с нанометровым размерным размером частиц. Структура и свойства нанокомпозитов. Нанокомпозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.

3. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, области применения в химии ВМС.

#### Билет 15

1. Деструкция полимеров и композиционных материалов. Вторичная переработка полимеров и ПКМ, основные тенденции и современное состояние.

2. Понятие о применении полимеров и ПКМ в функциональных и интеллектуальных (smart) структурах. Термо- и фотохромные, химотронные, тензочувствительные и др. материалы для интеллектуальных структур.

3. Масс-спектрометрия. Сущность метода, применение при исследовании структуры полимеров.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **Основная литература**

1. Кленин, В. И. Высокомолекулярные соединения / В. И. Кленин, И. В. Федусенко. – М.: Лань, 2013. – 512 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. Лау, А. К. Нано- и биокompозиты / А. К. Лау, Ф. Хусейн, Х. Лафди. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 392 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Алексеев, Р. С. Реакции нуклеофильного замещения и элиминирования: Учебное пособие для студентов высшей школы / Р. С. Алексеев, С. С. Карлов, В. И. Теренин, Л. И. Ливанцова, М. В. Ливанцов. – М.: Лаборатория знаний, 2024. – 284 с.
2. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. – М.: Лань, 2012. – 464 с.
3. Гонсалвес, К. Наноструктуры в биомедицине / К. Гонсалвес, К. Хальберштадт, К. Лоренсин, Л. Наир – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 520 с.
4. Горшков, В. И. Основы физической химии / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 407 с.

5. Гринвуд, Н. Химия элементов: В 2-х т. Т. 1 / Н. Гринвуд, А. Эрншо. – М.: Лаборатория знаний, 2023. – 607 с.
6. Гринвуд, Н. Химия элементов: В 2-х т. Т. 2 / Н. Гринвуд, А. Эрншо. – М.: Лаборатория знаний, 2023. – 670 с.
7. Жауен, Ж. Биометаллоорганическая химия / Ж. Жауен. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 496 с.
8. Илиел, Э. Основы органической стереохимии / Э. Илиел. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 703 с.
9. Коваленко, Л. В. Биохимические основы химии биологически активных веществ: учебное пособие / Л. В. Коваленко. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014 – 229 с.
10. Кузнецов, Н. Т. Основы нанотехнологии: Учебник для высшей школы / Н. Т. Кузнецов, В. А. Жабрев, В. М. Новоторцев. – М.: Лаборатория знаний, 2023. – 397 с.
11. Майстренко, В. Н. Энантиоселективные сенсоры / В. Н. Майстренко, Г. А. Евтюгин. – М.: Лаборатория знаний, 2023. – 259 с.
12. Раменская, Г. В. Фармацевтическая химия: учебник / Г. В. Раменская. – М.: Лаборатория знаний, 2021. – 640 с.
13. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы: учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 365 с.
14. Сильверстейн, Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2023. – 557 с.
15. Смит, В. А. Основы современного органического синтеза. Учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 750 с.
16. Смит, М. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение: Углубленный курс для университетов и химических вузов: В 4-х т. Т. 1 / М. Смит. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 458 с.
17. Смит, М. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение: Углубленный курс для университетов и химических вузов: В 4-х т. Т. 2 / М. Смит. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 539 с.
18. Смит, М. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение: Углубленный курс для университетов и химических вузов: В 4-х т. Т. 3 / М. Смит. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 550 с.
19. Смит, М. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение: Углубленный курс для университетов и химических вузов: В 4-х т. Т. 4 / М. Смит. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 511 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. 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.
23. 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.
24. 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.
25. Хельвинкель, Д. Систематическая номенклатура органических соединений / Д. Хельвинкель. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 232 с.
26. Чернова, С. В. Фармацевтическая химия: учебник для вузов / С. В. Чернова; под ред. Г. В. Раменской. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 472 с.
27. Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия / К. Эльшенбройх. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 750 с.
28. Юровская, М. А. Химия ароматических гетероциклических соединений / М. А. Юровская. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 208 с.

## Электронные ресурсы

1. Девятловская, А.Н. Органическая химия и высокомолекулярные соединения: сборник контрольных заданий для студентов специальности 250403.65 «Технология деревообработки» [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Девятловская. — Электрон. дан. — Красноярск: СибГТУ, 2013. — 100 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60620>. — Загл. с экрана.
2. Кленин, В.И. Высокомолекулярные соединения [Электронный ресурс]: учебник / В.И. Кленин, И.В. Федусенко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 512 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5842>. — Загл. с экрана.
3. Котомин, С.В. Полимерные материалы и пластики — свойства и применение [Электронный ресурс]: методические указания / С.В. Котомин, О.И. Романко, Е.А. Якушева. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 48 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103310>. — Загл. с экрана.
4. Михайлин, Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Михайлин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НОТ, 2011. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4291>. — Загл. с экрана.
5. Настольная книга терминов и понятий для специалистов полимерного направления: словарь терминов и понятий [Электронный ресурс]: словарь / И.Х. Гараев [и др.]. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2016. — 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102177>. — Загл. с экрана.
6. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов при освоении дисциплины «Высокомолекулярные соединения» [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / сост. Е.М. Березина, А.С. Кучевская. — Электрон. дан. — Томск: ТГУ, 2014. — 114 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106166>. — Загл. с экрана.
7. Филимошкин, А.Г. Макромолекула. Основы физики полимерного тела и физической химии растворов полимеров [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Филимошкин. — Электрон. дан. — Томск: ТГУ, 2011. — 200 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44985>. — Загл. с экрана.
8. Шишонок, М.В. Высокомолекулярные соединения [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.В. Шишонок. — Электрон. дан. — Минск: "Вышэйшая школа", 2012. — 535 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65688>. — Загл. с экрана.

## Рекомендуемые источники научно-технической информации

### Научно-технические журналы из библиотечного фонда ИРИХ СО РАН:

1. Вестник Российской академии наук.
2. Высокомолекулярные соединения. Серия А: Физика полимеров.
3. Высокомолекулярные соединения. Серия Б: Физика полимеров.
4. Доклады академии наук.
5. Журнал общей химии.
6. Журнал органической химии.
7. Журнал прикладной химии.
8. Журнал структурной химии.
9. Известия Академии наук. Серия химическая.
10. Успехи химии (электронный журнал).
11. Химико-фармацевтический журнал.
12. Химия в интересах устойчивого развития.
13. Химия гетероциклических соединений.
14. Электрохимия.
15. Journal of Sulfur Chemistry.
16. Mendeleev Communications.

## Электронно-библиотечные системы профессиональные базы данных, информационные справочные и поисковые системы:

1. Химическая реферативная служба Американского химического общества CAS SciFinder <https://sso.cas.org/>
2. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>.
3. Федеральная служба по интеллектуальной собственности <http://www.rupto.ru>.
4. The United States Patent and Trademark Office <http://www.uspto.gov>.
5. Academic Reference – база данных полнотекстовых англоязычных ресурсов по всем академическим дисциплинам, опубликованных в Китае <https://ar.cnki.net>.
6. База цитирования РИНЦ <https://www.elibrary.ru/>.
7. База данных электронно-библиотечной системы «Лань» <https://e.lanbook.com/>.
8. Ресурсы удаленного доступа и базы данных ФГБУН Государственной публичной научно-технической библиотеки СО РАН <http://www.spsl.nsc.ru/>.
9. Электронно-библиотечная система Центральной научной библиотеки ИИЦ СО РАН (на базе АИБС «Ирбис») <http://csl.isc.irk.ru/>.
10. Royal Society of Chemistry: база данных RSC DATABASE <https://www.rsc.org/>.
11. Wiley: Коллекция журналов Database Collection <https://onlinelibrary.wiley.com/>.
12. Справочно-правовая система "КонсультантПлюс" <https://consultant.ru/>
13. Сайт ВАК Минобрнауки РФ <https://vak.minobrnauki.gov.ru/>.
14. Электронная информационно-образовательная среда ИрИХ СО РАН <http://eios-irich.com.ru/moodle/>.
15. Портал для аспирантов и соискателей ученой степени: <http://www.аспирантура.рф/>.

## Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>  
Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>  
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/>  
База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
4. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>  
Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев.
5. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>  
Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс, является платформой для рецензируемых научных журналов открытого доступа, издающихся MDPI AG (Базель, Швейцария). Издательство выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.
6. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>  
Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.
7. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>  
ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).

8. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>  
PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. Все журналы размещены в свободном доступе (Open Access), все статьи проходят строгое научное рецензирование.

## 7. Материально-техническое обеспечение научно-исследовательской работы

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Химия высокомолекулярных соединений» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

Для реализации образовательного процесса в форме лекций и практических занятий используются следующие помещения: малый лекционный зал (библиотека), оснащенный компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет, учебной мебелью и демонстрационным оборудованием (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран).

Для освоения программы обучения и для выполнения практических и научно-исследовательских работ по теме диссертации каждому аспиранту предоставлено индивидуальное рабочее место, оборудованное приточно-вытяжной вентиляцией, водопроводом, водоотведением, воздуховодом. Аспиранты имеют возможность использовать материально-технические средства лабораторий, в которых выполняют диссертационные работы (оргтехника, реактивы, расходные материалы, лабораторная посуда, измерительное оборудование).

### Программное обеспечение:

Лицензионные продукты:

- Microsoft Office 2010 Russian Academic Open;
- Microsoft Office Professional 2010 Russian Academic Open;
- Яндекс Телемост – система видеоконференцсвязи с возможностью обмена сообщениями и передачей контента в режиме реального времени.

Свободно распространяемое ПО: браузер Яндекс, Mozilla Firefox 60.02, Opera53; Pascal ABC 3.3; система текстовой, голосовой и видеосвязи Skype7.41.0.101; программа для создания электронных учебных продуктов Moodle 3.2.; программа для просмотра электронных документов Foxit PDF Reader 9.1.0.5096; архиватор 7zip 17.01 beta.

### Приборная база:

Основу материально-технической базы института составляют два цифровых мультядерных Фурье-спектрометра ЯМР (DPX 400 и AVANCE 400), рентгеновский дифрактометр Bruker D8 ADVANCE, рентгеновский дифрактометр D2 PHASER, инфракрасный Фурье-спектрометр Vertex 70 с Раман приставкой, инфракрасный Фурье-спектрометр Excalibar HE 3100 Varian, микроанализатор Flash EA 1112 CHN-O/MAS 200, микроанализатор Termo Flash EA 2000 CHNS, ЭПР-спектрометр ELEXSYS E580, установка наносекундного импульсного фотолиза, хроматомасс-спектрометр QP-5050A, хроматомасс-спектрометр Agilent 5975 с химической ионизацией, тандемный TOF/TOF масс-спектрометр Ultra Flex, электронный микроскоп TM 3000 Hitachi, спектрофлуориметр FLPS920 Edinburg Instruments, УФ/ВИД-спектрометр LAMBDA 35 и диэлькометр.

Для проведения квантово-химических расчетов имеются компьютеры в лабораториях и вычислительный кластер 39Гц/112Гб/14Тб.

Лицензионное программное обеспечение, встроенное в соответствующие приборные комплексы, являющееся его неотъемлемой частью, обеспечивающей функционирование приборов:

- Gaussian 09, Пакет квантово-химических программ, для расчета геометрии и электронных характеристик молекул.
- Apex 2, Apex 3, Программы для обработки данных монокристалльного дифрактометра;
- CCDC (ConQuest, Mercury, DASH, Mogul, Hermes), Кристаллографическая база данных и пакет программ для работы с базой данных;

- TurboMol, Пакет квантово-химических программ, для расчета геометрии и электронных характеристик молекул;
- XWinNMR, Программа для записи и обработки данных спектрометра ЯМР;
- TOPAS, EVA, Программы для обработки данных порошкового дифрактометра;
- PDF-2, База данных порошковых дифрактограм неорганических соединений;
- ResolutionsPro Opus, Пакет программ, для записи и обработки ИК-спектров;
- Lambda35, Программа для записи и обработки УФ-спектров;
- Программа Flexanalysis 3.3 для обработки массива данных по биополимерам, нелетучих биомакромолекул, олигомерам, синтетическим полимерам, солям и нелетучих веществ;
- Xepi, XSophe, XepiView, Пакет программ для записи и обработки спектров ЭПР.  
С открытой лицензией:
- Dalton2016, пакет квантово-химических программ, используемых для расчета, изучения свойств веществ, моделирования реакций;
- DIRAC, программа для атомных и молекулярных прямых итеративных релятивистских вычислений на всех электронах, вычислений молекулярных свойств с использованием релятивистских квантово-химических методов;
- ORCA software, пакет квантово-химических программ, используемых для расчета, изучения свойств веществ, моделирования реакций.

