



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

« 27 » мая

2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Физическая химия**

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

Квалификация: Исследователь.  
Преподаватель-исследователь.

Год набора: 2021<sub>2</sub>

Иркутск 2021

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

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

Начальник отдела аспирантуры к.х.н.

 Н.Н. Трофимова

### 1. Цели и задачи учебной дисциплины

Рассматриваемая дисциплина относится к факультативным дисциплинам при подготовке аспирантов, обучающихся по профилю Высокомолекулярные соединения.

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

#### Задачи:

- формирование у обучающихся современных представлений о физической химии, ее роли и значимости в сопоставлении с другими химическими науками;
- освоение навыков теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области физической 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 использовать в работе программно-аппаратные средства для изучения физико-химических процессов;
- обучение умению оформлять результаты собственных исследований в виде публикаций, отчетов, докладов.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП

2.1. Учебная дисциплина ФТД.1 «Физическая химия» 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, прослушавших соответствующие курсы и имея по ним положительные оценки. Она основывается на положениях, отраженных в учебных программах указанных уровней. Для освоения дисциплины «Физическая химия» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Основы квантово-химического моделирования строения молекул и реакционной способности вещества;
- Физико-химические методы исследования структуры веществ;
- Механизмы органических реакций;
- Теоретические основы органической химии;
- Органическая химия;
- Химия элементоорганических соединений;
- Основы стереохимии;
- Современные физико-химические и аналитические методы исследования органических веществ и реакций.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Физическая химия» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профиль Высокомолекулярные соединения:

**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 применять физико-химические методы исследования структуры высокомолекулярных соединений и полимерных композиционных материалов (ПК-4).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

**Знать:**

- современные достижения науки и передовые технологии в области физической химии;
- современные методы исследования, используемые при физико-химических исследованиях;
- теоретические представления химии, в том числе о строении и механизмов химических реакций;
- важнейшие методы квантовой химии
- фундаментальные основы и методы дизайна и синтеза химических соединений и материалов, в том числе и с заранее заданными свойствами;
- методы исследования структуры и функционально важных свойств химических соединений.

**Уметь:**

- оценивать перспективные направления развития физической химии с учетом мирового опыта;
- анализировать взаимосвязь между составом, строением и свойствами соединений, в том числе, наноструктурированных материалов;
- применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач физической химии;
- прогнозировать и использовать реакционную способность химических веществ в различных агрегатных состояниях и экстремальных условиях.

**Иметь опыт:**

- планирования процессов решения задач физической химии;
- анализировать возможность создания новых технологий на базе проведенных исследований;
- работы с программно-аппаратными средствами для изучения физико-химических процессов.

### 4. Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 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	Физическая химия	144	18	18				126	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	Строение вещества	29	3	-	-	26	-	Устный групповой опрос
2	Термодинамика и кинетика процессов сорбции	31	6	-	-	25	-	Устный групповой опрос
3	Теория растворов	28	3	-	-	25	-	Устный групповой опрос, решение задач
4	Фазовые равновесия	28	3	-	-	25	-	Устный групповой опрос, решение задач
5	Кинетика химических реакций	28	3	-	-	25	-	Устный групповой опрос
<b>Всего часов:</b>		<b>144</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>126</b>	<b>-</b>	

### 4.2.2 Содержание разделов и тем дисциплины

#### Раздел 1. Строение вещества

Общие принципы квантово-механического описания молекулярных систем. Стационарное уравнение Шрёдингера для свободной молекулы. Методы решения уравнения Шрёдингера. Адиабатическое приближение. Выбор волновой функции молекулы. Методы МО ЛКАО и ВС. Принцип Паули. Теорема о средней энергии. Секулярные уравнения. Вариационная теорема. Расчет молекулы водорода методом МО ЛКАО.

Приближения Хюккеля. Распределение электронов по молекулярным уровням.

Основные приближения при расчете органических молекул методом МОХ.

Расчет молекул этилена, бутадиена и бензола методом МОХ. Описание свойств молекул и реакционной способности по данным расчета. Индексы реакционной способности.

Интерпретация строения молекул на основе орбитальных моделей и исследования распределения электронной плотности. Локализованные молекулярные орбитали.

Представления о зарядах на атомах в молекуле и порядках связей. Корреляции дескрипторов электронного строения и свойств молекул.

#### Раздел 2. Термодинамика и кинетика процессов сорбции

Адсорбент, адсорбат. Виды адсорбции. Структура поверхности и пористость адсорбента. Локализованная и делокализованная адсорбция. Изотермы мономолекулярной сорбции при низких и высоких концентрациях сорбтива. Уравнение Генри и Ленгмюра. Определение постоянных в этих уравнениях. Динамический характер адсорбционного равновесия.

Адсорбция из растворов.

Уравнение Брунауэра – Эмета – Теллера (БЭТ) для полимолекулярной адсорбции. Определение площади поверхности адсорбента. Термодинамика полимолекулярной сорбции на основе статистической термодинамики. Определение числа слоев полимолекулярной сорбции.

Адсорбция на пористых сорбентах. Теория объемного заполнения микропор (ТОЗМ). Определение размеров пор. Изотермы сорбции на пористых сорбентах. Уравнение Дубинина-Радушкевич. Определение постоянных этого уравнения. Оценка степени заполнения пор.

Кинетика сорбции. Скорость адсорбции и десорбции в модели Лэнгмюра. Скорость многоцентровой адсорбции. Уравнение Рогинского-Зельдовича. Уравнения для скорости адсорбции и десорбции Бэнхема–Барта, Квана.

Сорбция на активированных углях. Общая характеристика углеродных сорбентов. Механизм сорбции молекул и ионов электролитов. Сорбция органических веществ на активированных углях.

Зависимость адсорбции от температуры. Методы расчета энергии активации адсорбции и десорбции.

Использование сорбции для разделения и концентрирования в технологических схемах процессов.

### **Раздел 3. Теория растворов**

Парциальные молярные величины. Методы определения парциальных молярных величин. Термодинамические типы растворов. Функция смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, атермальные и регулярные растворы, их свойства. Расчет функций смешения по различным моделям: модель парного взаимодействия, модель «окруженного атома», квантово-химические модели. Связь термодинамических функций с равновесным потенциалом бинарного сплава.

### **Раздел 4. Фазовые равновесия**

Понятия компонента, фаза, степень свободы. Правило фаз Гиббса. Правила Курнакова. Методы описания фазовых диаграмм. Фазовые диаграммы двухкомпонентные смесей. Диаграммы с твердыми растворами и с химическими соединениями. Оценка фазового состава наноструктурированных бинарных сплавов по данным электрохимического анализа.

### **Раздел 5. Кинетика химических реакции**

Основной постулат химической кинетики. Формальная кинетика. Способы определения скорости реакции методом формальной кинетики. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции. Реакции переменного порядка.

Кинетика диффузионно-контролируемых химических реакций. Законы Фика. Решение диффузионных задач методами формальной кинетики и методом Лапласа. Скорость и стадии электродного процесса. Уравнение Левича. Поляризация электродов. Полярография. Ток обмена и перенапряжение. Зависимость скорости стадии разряда от строения двойного слоя. Уравнения для предельного диффузионного тока в вольтамперометрии.

Кинетика необратимых электродных процессов. Гетерогенная константа скорости. Влияние различных факторов на ток и потенциал необратимого электродного процесса. Критерии обратимости электродного процесса. Использование электрохимических процессов в технологии и анализе.

Кинетика каталитических процессов. Гомогенный и гетерогенный катализ. Решение кинетических задач каталитических процессов. Роль сорбции в гетерогенном катализе. Выбор и основные свойства катализаторов. Модифицирование катализаторов. Технология приготовления катализаторов и исследование их свойств. Селективность катализатора.

Основные промышленные каталитические процессы. Роль диффузии в кинетике гетерогенных реакций. Кинетика гетерогенных каталитических реакций. Различные режимы протекания реакций (кинетическая и внешняя кинетическая области, области внешней и внутренней диффузии).

Реакции в растворах, влияние растворителя и заряда реагирующих частиц. Клеточный эффект и сольватация. Ферментативный катализ.

### **Темы решения задач**

1. Квантово-химический расчет молекул методом МО Хюккеля.
2. Определение поверхности сорбента методом БЭТ.
3. Сорбция на пористых сорбентах. Определение постоянных в уравнении Дубинина-Радушкевич.

4. Расчеты по оценке состава фаз наноструктурных электролитических осадков по опытным данным.

5. Законы диффузионной кинетики. Расчет коэффициентов диффузии ионов.

6. Кинетика необратимых электродных процессов. Расчет кинетических параметров.

## **5. Образовательные технологии**

Технология процесса обучения по дисциплине «Физическая химия» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);

б) самостоятельная работа студентов;

в) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончании;

г) промежуточную и итоговую аттестацию (по разделам в форме зачёта).

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

## **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.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физическая химия» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

Проверка приобретенных знаний, навыков и умений осуществляется посредством устного группового опроса и решением задач в ходе лекции.

## **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 «Физическая химия». Форма аттестации – зачет.

### Список вопросов для проведения текущего контроля и устного опроса обучающихся:

1. Общие принципы образования химических связей.
2. Основные приближения при решении квантово-химических задач
3. Методы выбора волновой функции молекулы
4. Методы решения уравнения Шредингера
5. Основные приближения при расчете молекул методом МО-Хюкеля.
6. Элементы симметрии молекул
7. Расчет молекул органических веществ методом МОХ.
8. Что такое  $\pi$  - электронная плотность на атомах, индекс свободной валентности, порядок связи между атомами?
9. Может ли быть порядок связи между атомами дробной величиной?
10. Сформулируйте основные положения теории Лэнгмюра.
11. Какой изотермой описывается многоцентровая адсорбция на однородных поверхностях?
12. Как проверить соответствие опытных данных данной изотерме сорбции?
13. Расскажите, как можно определить поверхность твёрдых тел на основании адсорбционных данных (метод Лэнгмюра, БЭТ, Гаркинса и Юра).
14. Какие существуют особенности адсорбции веществ в микропорах?
15. Как проводится определение размеров пор по уравнению. Дубинина – Радушкевич?
16. Расскажите, какие существуют особенности изучения кинетики при многоцентральной сорбции?
17. Сформулируйте кинетический закон Бэнхема.
18. Расскажите, какие бывают термодинамические типы растворов.
19. Энтальпия и энтропия смешения на основе модели парного взаимодействия.
20. Энтальпия и энтропия смешения на основе модели окруженного атома
21. Энтальпия и энтропия смешения, рассчитанная по квантово-химическим моделям.
22. Постулаты, позволяющие описывать фазовые равновесия с помощью фазовых диаграмм.
23. Рассмотрите несколько примеров фазовых диаграмм с твердыми растворами.
24. Как связана энергия Гиббса с равновесным потенциалом окислительно-восстановительной системы?
25. Какие параметры кинетического процесса описываются методом формальной кинетики?
26. Кинетические параметры диффузионно-контролируемых химических реакций.
27. Как можно рассчитать коэффициент диффузии иона в растворе?
28. Гидродинамические критерии обратимости электродных процессов.
29. Гомогенные катализаторы. Приведите примеры.
30. Ферментативный катализ и его особенности.
31. Приведите примеры известных каталитических процессов.

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

Показатели	Критерии оценивания	Средства оценивания
<b>Знать:</b> современные достижения науки и передовые технологии в области физической химии (ОПК 1, ПК 4);	<i>низкий уровень:</i> имеет слабый уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 35-40%	вопросы 1-31;
современные методы исследования, используемые при физико-химических исследованиях (ОПК 1, ПК 4);		вопросы 1,2,7,15,29,31;

теоретические представления химии, в том числе о строении и механизмах химических реакций (ОПК 1, ПК 4);	<i>средний уровень:</i> имеет хороший уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 41-70% <i>высокий уровень:</i> имеет отличный уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями больше 71%	вопросы 1-31;
важнейшие методы квантовой химии (ОПК 1, ПК 4);		вопросы 2-7;
фундаментальные основы и методы дизайна и синтеза химических соединений и материалов, в том числе и с заранее заданными свойствами (ОПК 1, ПК 4);		вопросы 10-31;
методы исследования структуры и функционально важных свойств химических соединений (ОПК 1, ПК 4).		вопросы 7-31;
<b>Уметь:</b> оценивать перспективные направления развития физической химии с учетом мирового опыта (ОПК 1*, ПК 4);	<i>низкий уровень:</i> имеет слабый уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 35-40% <i>средний уровень:</i> имеет хороший уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 41-70% <i>высокий уровень:</i> имеет отличный уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями больше 71%	вопросы 1-31;
анализировать взаимосвязь между составом, строением и свойствами соединений, в том числе, наноструктурированных материалов (ОПК 1, ПК 4);		вопросы 4-31;
применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач физической химии (ОПК 1, ПК 4);		вопросы 4-31;
прогнозировать и использовать реакционную способность химических веществ в различных агрегатных состояниях и экстремальных условиях (ОПК 1, ПК 4).		вопросы 4-31;
<b>Иметь опыт:</b> планирования процессов решения задач физической химии (ОПК 1, ПК 4);		вопросы 3-31;
анализировать возможность создания новых технологий на базе проведенных исследований (ОПК 1, ПК 4);	<i>низкий уровень:</i> имеет слабый уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 35-40% <i>средний уровень:</i> имеет хороший уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 41-70% <i>высокий уровень:</i> имеет отличный уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями больше 71%	вопросы 10-31;
работы с программно-аппаратными средствами для изучения физико-химических процессов (ОПК 1, ПК 4).		вопросы 4-6;7

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



## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература

1. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. – М.: Лань, 2012. – 464 с.
2. Бердетт, Дж. Химическая связь: пер. с англ. / Дж. Бердетт. – М.: Мир; Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 245 с.
3. Горшков, В. И. Основы физической химии / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 407 с.
4. Романовский, Б. В. Основы катализа: учебное пособие / Б. В. Романовский. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 172 с.
5. Сильверстейн, Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 557 с.

### Дополнительная литература

1. Гонсалвес, К. Наноструктуры в биомедицине / К. Гонсалвес, К. Хальберштадт, К. Лоренсин, Л. Наир – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 520 с.
2. Жауен, Ж. Биометаллоорганическая химия / Ж. Жауен. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 496 с.
3. Коваленко, Л. В. Биохимические основы химии биологически активных веществ: учебное пособие / Л. В. Коваленко. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014 – 229 с.
4. Кузнецов, Н. Т. Основы нанотехнологии: учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрив, В. И. Марголин. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 397 с.
5. Лау, А. К. Нано- и биоконпозиты / А. К. Лау, Ф. Хусейн, Х. Лафди. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 392 с.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы: учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 365 с.
11. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологии: учебное пособие / В. В. Старостин. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 431 с.
12. Шишкин, Г. Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства: учебное пособие / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. – 408 с.

### Электронные ресурсы

1. Васильцова, И.В. Органическая и физколлоидная химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Васильцова, Т.И. Бокова, Г.П. Юсупова. — Электрон. дан. — Новосибирск: НГАУ, 2013. — 155 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44513>. — Загл. с экрана.
2. Гончаренко, Е.Е. Адсорбция органических кислот: Метод. указания к лабораторным работам по курсу «Физическая и коллоидная химия» [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Е.Е. Гончаренко, Н.М. Елисеева ; под ред. А.М. Голубева. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 23 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58563>. — Загл. с экрана.
3. Акулова, Ю.П. Физическая химия. Теория и задачи [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.П. Акулова, С.Г. Изотова, О.В. Проскурина, И.А. Черепкова. —

- Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/110903>. — Загл. с экрана.
4. Афанасьев, Б.Н. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б.Н. Афанасьев, Ю.П. Акулова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4312>. — Загл. с экрана.
  5. Бокштейн, Б.С. Физическая химия: термодинамика и кинетика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б.С. Бокштейн, М.И. Менделев, Ю.В. Похвиснев. — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2012. — 258 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47443>. — Загл. с экрана.
  6. Буданов, В.В. Ключевые вопросы курса физической химии [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Буданов. — Электрон. дан. — Иваново: ИГХТУ, 2007. — 48 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4493>. — Загл. с экрана.
  7. Булидорова, Г.В. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская, В.П. Барабанов. — Электрон. дан. — Казань: КНИТУ, 2012. — 396 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73471>. — Загл. с экрана.
  8. Дерябин, В.А. Физическая химия дисперсных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Дерябин, Е.П. Фарафонтова. — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2015. — 88 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98417>. — Загл. с экрана.
  9. Еремин, В.В. Основы физической химии. Теория. В 2 ч [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская, Н.Е. Кузьменко. — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 589 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84118>. — Загл. с экрана.
  10. Лефедова, О.В. Основные понятия и определения дисциплин «Физическая химия» и «Коллоидная химия» [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.В. Лефедова, М.П. Немцева, А.С. Вашурин. — Электрон. дан. — Иваново: ИГХТУ, 2017. — 109 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107402>. — Загл. с экрана.
  11. Максимов, А.И. Введение в нелинейную физическую химию [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Максимов. — Электрон. дан. — Иваново: ИГХТУ, 2010. — 174 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4513>. — Загл. с экрана.
  12. Маринкина, Г.А. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.А. Маринкина, Н.П. Полякова, Ю.И. Коваль. — Электрон. дан. — Новосибирск: НГАУ, 2009. — 151 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4568>. — Загл. с экрана.
  13. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Гетерогенные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60048>. — Загл. с экрана.
  14. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Морачевский. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 160 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64335>. — Загл. с экрана.
  15. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Термодинамика химических реакций [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 112 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64336>. — Загл. с экрана.
  16. Немилов, С.В. Оптическое материаловедение: Физическая химия стекла, курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Немилов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2009. — 113 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/43451>. — Загл. с экрана.
  17. Нигматуллин, Н.Г. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Г. Нигматуллин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67473>. — Загл. с экрана.

18. Основы химической термодинамики к курсу физической химии [Электронный ресурс]: учебное пособие / сост. Булидорова Г.В., Галяметдинов Ю.Г., Ярошевская Х.М., Барабанов В.П.. — Электрон. дан. — Казань: КНИТУ, 2011. — 218 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73353>. — Загл. с экрана.
19. Попова, А.А. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Попова, Т.Б. Попова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 496 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63591>. — Загл. с экрана.
20. Родин, В.В. Основы физической, коллоидной и биологической химии : курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Родин. — Электрон. дан. — Ставрополь: СтГАУ, 2012. — 124 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5763>. — Загл. с экрана.
21. Салем, Р.Р. Физическая химия. Термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.Р. Салем. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2004. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59271>. — Загл. с экрана.
22. Сафонова, Л.П. Физическая химия дисперсных систем [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Л.П. Сафонова, В.В. Королев, В.И. Савельев. — Электрон. дан. — Иваново: ИГХТУ, 2007. — 40 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4465>. — Загл. с экрана.
23. Свиридов, В.В. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Свиридов, А.В. Свиридов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 600 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87726>. — Загл. с экрана.
24. Семериков, И.С. Физическая химия строительных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.С. Семериков, Е.С. Герасимова. — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2015. — 204 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98419>. — Загл. с экрана.
25. Симонов, В.Н. Равновесная и неравновесная термодинамика: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Физическая химия» [Электронный ресурс]: методические указания / В.Н. Симонов, А.В. Велищанский, К.О. Базалева. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 37 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/62043>. — Загл. с экрана.
26. Терзиян, Т.В. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Терзиян. — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2012. — 108 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98442>. — Загл. с экрана.
27. Физическая химия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.М. Селиванова [и др.]. — Электрон. дан. — Казань: КНИТУ, 2016. — 188 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102111>. — Загл. с экрана.
28. Цыро, Л.В. Физическая химия: химическое равновесие [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Л.В. Цыро, С.Я. Александрова. — Электрон. дан. — Томск: ТГУ, 2012. — 117 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44984>. — 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 учебной 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. Аспиранты имеют возможность использовать материально-технические средства лабораторий, в которых выполняют квалификационные и диссертационные работы (оргтехника, реактивы, расходные материалы, лабораторная посуда, измерительное оборудование).

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 Excalibur 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, tandemный 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 имеется вычислительный кластер 39Гц/112Гб/14Тб и необходимое программное обеспечение (GAUSSIAN, GAMESS, DALTON и DIRAC).

Автор-составитель рабочей программы учебной дисциплины:

 / Суелов Д. С. /