

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения
Российской академии наук**

Принято на заседании
Объединенного ученого совета
ПФИЦ УрО РАН
Протокол №7/25
«26» сентября 2025 г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор ПФИЦ УрО РАН
член-корреспондент РАН
О.А. Плехов
О.А. Плехов
«29» сентября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая химия

(наименование дисциплины по учебному плану)

Специальность: 1.4.4. Физическая химия
(код и наименование)

Форма обучения: Очная

Курс: 4

Семестр(ы): 8

Трудоёмкость:

Часов по рабочему учебному плану: 108_ч

Виды контроля:

Экзамен: 1

Зачёт: нет

Курсовой проект: нет

Курсовая работа: нет

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая химия


2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к образовательному компоненту структуры программы аспирантуры и входит в число обязательных дисциплин, направленных на сдачу кандидатского экзамена образовательной программы по специальности 1.4.4 Физическая химия. Дисциплина разработана на основании:

- Приказа Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021г. №951 «Об утверждении федеральных государственных требований 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)»;
- Рабочего учебного плана очной формы обучения специальности «Физическая химия», Основной образовательной программы аспирантуры (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утверждённой протоколом №7/25 заседания Объединенного ученого совета ПФИЦ УрО РАН от 26.09.2025 г.;
- Положения о порядке разработки и утверждения программ аспирантуры Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН) принятого на заседании Объединенного ученого совета ПФИЦ УрО РАН, протокол №7/25 от 26.09.2025 г.;
- Примерной программы кандидатского экзамена, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации;
- Приказа Минобрнауки России от 03 июня 2025 года № 466: «О внесении изменений в федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиями их реализации, сроком освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденные приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 г. №951». Рабочая программа дисциплины «Физическая химия» является дополненной программой минимума и согласована с рабочими программами:

1. Иностранный язык.
2. История и философия науки
3. Программами научно-исследовательской практики и научно-исследовательской деятельности аспирантов.

Разработчик программы: к.х.н., доцент  Л.Г. Чеканова

Рецензент: д.х.н., профессор  А.Б. Шейн

СОГЛАСОВАНО

директор «ИТХ УрО РАН»
член-корреспондент РАН

«__» сентября 2025 г.



В.Н. Стрельников

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ

В результате освоения дисциплины «Физическая химия» аспиранты должны обладать фундаментальными знаниями в области физической химии и смежных с ней наук.

В результате изучения дисциплины аспиранты должны освоить и демонстрировать следующие знания, умения и навыки:

- **знать:**

- основные законы, концепции и методы физической химии, её основные тенденции развития;
- теоретические представления химии, в том числе о строении вещества, механизмах химических реакций и взаимосвязи между химическим составом, структурой и физико-химическими свойствами веществ и реакционных сред;
- современные экспериментальные методы, применяемые в физико-химических исследованиях.

- **уметь:**

- применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач физической химии;
- использовать уравнения и методы физической химии в исследовательской деятельности;
- анализировать взаимосвязь между составом, строением и свойствами химических соединений;
- прогнозировать и использовать реакционную способность химических веществ в различных агрегатных состояниях и в различных условиях.

- **владеть:**

- навыками планирования и проведения химического эксперимента, выполнения физико-химических расчётов и теоретического анализа результатов экспериментальных исследований, представления результатов научных исследований в виде научных публикаций;
- численными методами решения задач физической химии;

- методами теоретического анализа физико-химических явлений и процессов.

Результатом освоения учебной дисциплины является сдача кандидатского экзамена по специальности 1.4.4 Физическая химия.

4. АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина нацелена на формирование и развитие у аспирантов знаний в области решения задач физической химии и в смежных областях, на получение аспирантами теоретических знаний для быстрой и квалифицированной переработки фундаментальных теоретических исследований и получение новых результатов в процессе практической работы над проблемами физической химии; овладение математическими моделями и методами решения задач, позволяющими выпускникам успешно работать в различных областях профессиональной деятельности: научно-исследовательской, проектной и производственно-технологической. Курс «Физическая химия» нацелен на подготовку аспирантов к защите научно-квалификационной работы в виде диссертации на соискание степени кандидата наук, а также к подготовке и успешной сдаче кандидатского экзамена по специальности.

Аттестация, подтверждающая усвоение содержания дисциплины, проводится в форме кандидатского экзамена после окончания восьмого семестра четвертого года обучения. Программой дисциплины предусмотрены лекции, практические занятия (18 ч.) и самостоятельная работа аспирантов (80 ч).

5. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса заключается в формировании аспирантами комплекса знаний, умений и навыков, необходимых в научно-исследовательской деятельности в различных областях современной физической химии.

Задачами учебной дисциплины являются: (1) создание углубленного представления о современной физической химии, о её месте среди других химических наук; (2) формирование знания основных законов, концепций и методов физической химии, основных тенденций её развития. Формирование

умений: применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач физической химии. Формирование навыков: (1) планировать и проводить химические эксперименты, выполнять физико-химические расчёты и теоретический анализ результатов экспериментальных исследований; (3) представлять результаты исследований в виде научных публикаций.

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- законы физической химии;
- физико-химические основы химической технологии;
- экспериментальные и теоретические методы изучения вещества и физико-химических процессов.

6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ, ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО И ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ, ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Таблица 1

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)
№ семестров	8
Аудиторные занятия	28
Самостоятельная работа	80
Всего часов на дисциплину	108
Формы итогового контроля	Кандидатский экзамен
Формы промежуточного контроля	Устное собеседование по тематике раздела
Формы текущего контроля	Собеседование, творческие задания

Тематический план

Таблица 2

Наименование тем и разделов	Всего часов	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
		лекции	практики	контрольные мероприятия	
Теория химического строения молекул и методы анализа строения молекул	5	2	-	-	3
Квантово-механическое описание молекулярных систем	3	-	-	-	3
Межмолекулярные взаимодействия	6	-	2	-	4
Строение конденсированных фаз	7	-	-	-	7
Промежуточный контроль по разделу I	2			2	
Основные понятия и законы термодинамики	6	2	-	-	4
Элементы термодинамики необратимых процессов	7	-	2	-	5
Термодинамика растворов	5	-	-	-	5
Введение в статистическую термодинамику	5	-	-	-	5
Статистическая термодинамика твёрдого тела	6	-	2	-	4
Промежуточный контроль по разделу II	2			2	
Формальная кинетика химических реакций	5	2	-	-	3
Элементарные химические реакции и фотохимические реакции	4	-	-	-	4
Катализ	5	-	2	-	3
Промежуточный контроль по разделу III	2			2	
Физическая химия растворов электролитов	6	2	-	-	4
Равновесные электродные процессы	3	-	-	-	3
Электрохимическая кинетика	5	-	2	-	3
Промежуточный контроль по разделу IV	2			2	
Кандидатский экзамен	22			2	20
Всего часов:	108	8	10	10	80

Образовательные технологии, используемые для изучения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, обеспечивающие достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программе.

Лекционные занятия. Это одна из форм учебных занятий, цель которого состоит в рассмотрении основных положений и теоретических вопросов излагаемой дисциплины в логически выдержанной форме. Конечная цель лекций – овладение изучаемыми теоретическими знаниями в степени, необходимой для продолжения обучения и изучения последующих дисциплин.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты являются не пассивными слушателями, а активными участниками занятия, отвечающими на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия. Целью практических занятий является формирование практических умений: (а) учебных, необходимых в учебной деятельности по освоению учебных дисциплин, и (б) профессиональных, необходимых в последующей профессиональной деятельности.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом в процессе обучения аспирантов доминирует активность. Роль преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

Самостоятельная работа. Это планируемая учебная и научная работа, выполняемая по заданию преподавателя под его методическим и научным руководством. Самостоятельная работа включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (повторение пройденного учебного материала по конспектам, рекомендованной преподавателем учебной и научной литературе; изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельное освоение;

- подготовку к практическим занятиям (выполнение домашних заданий в виде задач, упражнений и т.д.).

Фонд оценочных средств для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля по дисциплине «Физическая химия» представлен в виде Приложения к Рабочей программе дисциплины.

7. АННОТИРОВАННОЕ ОПИСАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Строение вещества.

Тема 1. Теория химического строения молекул и методы анализа строения молекул.

Основные положения классической теории химического строения. Изомерия. Конформации молекул. Связь строения и свойств молекул. Механическая модель молекулы. Потенциалы парных взаимодействий. Методы молекулярной механики и молекулярной динамики при анализе строения молекул.

Тема 2. Квантово-механическое описание молекулярных систем

Общие принципы квантово-механического описания молекулярных систем. Стационарное уравнение Шрёдингера для свободной молекулы. Адиабатическое приближение. Электронное волновое уравнение. Потенциальные кривые и поверхности потенциальной энергии. Их общая структура и различные типы. Равновесные конфигурации молекул. Структурная изомерия. Оптические изомеры. Колебания молекул. Вращение молекул. Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Электронные конфигурации и термы атомов. Электронная плотность. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах. Интерпретация строения молекул на основе орбитальных моделей и исследования распределения электронной плотности. Локализованные молекулярные орбитали. Гибридизация. Электронная корреляция в атомах и молекулах. Представления о зарядах на атомах и порядках связей. Корреляции дескрипторов электронного строения и свойств молекул. Индексы реакционной способности. Теория граничных орбиталей.

Тема 3. Межмолекулярные взаимодействия.

Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий: дисперсионное, электро-ориентационное и электро-индукционное взаимодействие. Молекулярные комплексы. Ван-дер-ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.

Тема 4. Строение конденсированных фаз.

Структурная классификация конденсированных фаз. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Строение твердых растворов. Упорядоченные твердые растворы. Аморфные вещества. Металлы и полупроводники. Зонная структура энергетического спектра кристаллов. Различные типы проводимости. Колебания в кристаллах. Фононы. Жидкости. Мгновенная и колебательно усреднённая структура жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Флуктуации и корреляционные функции. Структура простых жидкостей. Растворы неэлектролитов. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов. Мезофазы.

Раздел 2. Химическая термодинамика

Тема 5. Основные понятия и законы термодинамики.

Основные понятия термодинамики: изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, интенсивные и экстенсивные переменные. Уравнения состояния. Теплота. Работа. Энтальпия. Теплоёмкость. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Энтропия. Абсолютная температура. Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Уравнения Максвелла. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов. Уравнение Гиббса–Гельмгольца. Работа и теплота химического процесса. Химические потенциалы. Закон действующих масс. Изотерма Вант-Гоффа. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Расчеты констант равновесия химических реакций. Равновесие в поле внешних сил. Полные потенциалы. Гетерогенные системы: понятия компонента, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса.

Тема 6. Элементы термодинамики необратимых процессов.

Основные положения термодинамики неравновесных процессов. Локальное равновесие. Флуктуации. Функция диссипации. Потoki и силы. Скорость производства энтропии. Зависимость скорости производства энтропии от обобщенных потоков и сил. Соотношения взаимности Онзагера. Стационарное состояние системы и теорема Пригожина.

Тема 7. Термодинамика растворов.

Типы растворов. Идеальные растворы, общее условие идеальности растворов. Давление насыщенного пара жидких растворов, закон Рауля. Неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты

активности и их определение. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент растворов. Симметричная и несимметричная системы отсчета. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания растворов, криоскопия. Осмотические явления. Парциальные мольные величины, их определение для бинарных систем. Уравнение Гиббса–Дюгема. Функция смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, атермальные и регулярные растворы, их свойства.

Тема 8. Введение в статистическую термодинамику.

Микро- и макросостояния химических систем. Фазовые пространства. Э르고дическая гипотеза. Термодинамическая вероятность и её связь с энтропией. Распределение Максвелла – Больцмана. Статистические средние значения макроскопических величин. Ансамбли Гиббса. Микроканоническое и каноническое распределения. Каноническая функция распределения Гиббса. Сумма по состояниям как статистическая характеристическая функция. Статистические выражения для основных термодинамических функций. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная, вращательная, электронная и колебательная суммы по состояниям. Статистический расчет энтропии. Постулат Планка и абсолютная энтропия. Приближение «жесткий ротатор – гармонический осциллятор». Составляющие внутренней энергии, теплоёмкости и энтропии, обусловленные поступательным, вращательным и колебательным движением. Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики. Статистическая термодинамика реальных систем. Потенциалы межмолекулярного взаимодействия и конфигурационный интеграл для реального газа.

Тема 9. Статистическая термодинамика твёрдого тела.

Распределения Бозе–Эйнштейна и Ферми–Дирака. Вырожденный идеальный газ. Электроны в металлах. Уровень Ферми. Статистическая теория Эйнштейна идеального кристалла, теория Дебая. Точечные дефекты кристаллических решеток. Равновесные и неравновесные дефекты. Вычисление сумм по состояниям для кристаллов с различными точечными дефектами. Нестехиометрические соединения и их термодинамическое описание.

Раздел 3. Химическая кинетика и катализ

Тема 10. Формальная кинетика химических реакций.

Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Основной постулат химической кинетики. Способы определения скорости реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции. Реакции переменного порядка. Феноменологическая кинетика сложных химических реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций. Квазистационарное приближение. Метод Боденштейна–Тёмкина. Кинетика гомогенных каталитических и ферментативных реакций. Цепные реакции. Кинетика неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях. Полуостров воспламенения, период индукции. Тепловой взрыв. Реакции в потоке. Реакции идеального вытеснения и идеального смешения. Колебательные реакции.

Тема 11. Элементарные химические реакции и фотохимические реакции.

Элементарные акты химических реакций и физический смысл энергии активации. Термический и нетермические пути активации молекул. Обмен энергией (поступательной, вращательной и колебательной) при столкновениях молекул. Время релаксации в молекулярных системах. Теория активных столкновений. Сечение химических реакций. Формула Траутца–Льюиса. Расчет предэкспоненциального множителя по молекулярным постоянным. Стерический фактор. Теория переходного состояния (активированного комплекса). Поверхность потенциальной энергии. Путь и координата реакции. Статистический расчет константы скорости. Энергия и энтропия активации. Использование молекулярных постоянных при расчете константы скорости. Различные типы химических реакций. Мономолекулярные реакции в газах, схема Линдемана–Христиансена. Теория РРКМ. Бимолекулярные и тримолекулярные реакции, зависимость предэкспоненциального множителя от температуры. Реакции в растворах, влияние растворителя и заряда реагирующих частиц. Клеточный эффект и сольватация. Фотохимические и радиационнохимические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Эксимеры и эксиплексы. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход. Закон Эйнштейна – Штарка.

Тема 12. Катализ

Понятие о катализе. Теория промежуточных соединений в катализе, принцип энергетического соответствия. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гаммета. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Брэнстеда. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций. Специфический и общий основной катализ. Нуклеофильный и электрофильный катализ. Катализ металлокомплексными соединениями. Ферментативный катализ. Адсорбционные и каталитические центры ферментов. Активность и субстратная селективность ферментов. Коферменты.

Раздел 4. Электрохимия

Тема 13. Физическая химия растворов электролитов.

Растворы электролитов. Ион-дипольное взаимодействие, как основной процесс, определяющий устойчивость растворов электролитов. Коэффициенты активности в растворах электролитов. Средняя активность и средний коэффициент активности, их связь с активностью отдельных ионов. Основные положения теории Дебая – Хюккеля. Потенциал ионной атмосферы. Электропроводность растворов электролитов; удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса, подвижность ионов и закон Кольрауша. Электрофоретический и релаксационные эффекты.

Тема 14. Равновесные электродные процессы.

Условия электрохимического равновесия на границе раздела фаз и в электрохимической цепи. Термодинамика гальванического элемента. Электродвижущая сила, её выражение через энергию Гиббса реакции в элементе. Уравнения Нернста и Гиббса–Гельмгольца для равновесной электрохимической цепи. Понятие электродного потенциала.

Тема 15. Электрохимическая кинетика.

Электрохимические реакции. Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя. Теория Гуи – Чапмена – Грэма. Электрокапиллярные явления, уравнение Липпмана. Скорость и стадии электродного процесса. Поляризация электродов. Ток обмена и перенапряжение. Зависимость скорости стадии разряда от строения двойного слоя. Химические источники тока, их виды. Электрохимическая коррозия. Методы защиты от коррозии.

Перечень тем практических занятий

Таблица 3

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	3	Межмолекулярное взаимодействие	Собеседование	Вопросы по темам/разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	6	Элементы термодинамики необратимых процессов	Собеседование. Творческое задание	Вопросы по темам/разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	9	Статистическая термодинамика твёрдого тела	Собеседование. Творческое задание	Вопросы по темам/разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	12	Катализ	Собеседование. Творческое задание	Вопросы по темам/разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	15	Электрохимическая кинетика	Собеседование. Творческое задание	Вопросы по темам/разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

Содержание самостоятельной работы аспирантов

Таблица 4

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Теория химического строения молекул и методы анализа строения молекул	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Квантово-механическое описание молекулярных систем	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Межмолекулярные взаимодействия	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

4	4	Строение конденсированных фаз	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	Основные понятия и законы термодинамики	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	6	Элементы термодинамики необратимых процессов	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	7	Термодинамика растворов	Творческое задание	Темы творческих заданий
8	8	Введение в статистическую термодинамику	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
9	9	Статистическая термодинамика твёрдого тела	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
10	10	Формальная кинетика химических реакций	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
11	11	Элементарные химические реакции и фотохимические реакции	Творческое задание	Темы творческих заданий
12	12	Катализ	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
13	13	Физическая химия растворов электролитов	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
14	14	Равновесные электродные процессы	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
15	15	Электрохимическая кинетика	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Обязательная:

1. Кнорре Д.Г. и др. Физическая химия. М.: ВШ, 1990, 415 с.
2. Панченков Г., Лебедев В. Химическая кинетика и катализ. М.: Химия, 1985, 592 с.
3. Практикум по физической химии (под ред. В.В. Буданова, Н.К. Воробьева). М.: Химия, 1986, 352 с.

Периодические издания:

Электронные информационно-образовательные ресурсы

1. Электронная библиотека диссертаций РГБ
<http://diss.rsl.ru>
2. Научная электронная библиотека РИНЦ (Elibrary)
<http://elibrary.ru>
3. Научная электронная библиотека ScienceDirect
<https://www.sciencedirect.com/>
4. Научная электронная библиотека SpringerLink
<https://link.springer.com/>
5. Научная электронная библиотека Elsevier
<https://www.elsevier.com>
6. Полнотекстовая мультидисциплинарная база данных диссертаций ProQuest Dissertations & Theses Global
<http://proquest.com/pqdtglobal/dissertations>
7. Университетская информационная система Россия
<https://uisrussia.msu.ru/>
8. Университетские библиотеки г. Перми
<http://biblioclub.ru/>
<http://pspu.ru/university/biblioteka/jelektronnye-resursy-biblioteki>
<https://perm.hse.ru/library/>
<http://biblioteki.perm.ru/main/index.html?id=34>
9. Научомерическая и реферативная база данных Scopus
<https://www.scopus.com>
10. Электронная база данных Web of Science
<http://apps.webofknowledge.com>
11. Национальная электронная библиотека
<https://нэб.рф/>

9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРАКТИКИ

Образовательный процесс предполагает использование лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Номер договора на покупку лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	ЭС «Охрана труда»	3 431 от 24.01.02019	Анализ решений для специалистов по охране труда
2	Практическое	Kaspersky Total Security	A0019369661 от 14.08.2019	Безопасность данных
3	Практическое, Лекционное	Office Standard 2013 Russian OLP NL Academic Edition	93/14 от 16.12.2014	Работа с текстовыми документами, презентациями и таблицами

10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИКИ

Для проведения дисциплины необходимо следующее материально-техническое обеспечение: аудитории для лекционных и практических занятий; компьютерные классы, лаборатории, ноутбуки, проекционная аппаратура, аудиторная доска, принтеры, сканеры.

Лекционная аудитория № 203 БОН	Проектор, экран, маркерная доска, ноутбук Лицензионное ПО Договор № 93/14 ЗАО "СофтЛайн Трейд" от 16.12.2014 г. и № 56182/ЕКТ2780 от 29.09.2016 ПО: Microsoft Договор 18-08-01186/18 от 31.01.2018
Библиотека	компьютеры Pentium 4 CPU @2GHz, 512 ОЗУ, 80 Gb, 15" с выходом в Интернет, Лицензионное ПО Договор № 93/14 ЗАО "СофтЛайн Трейд" от 16.12.2014 г. и № 56182/ЕКТ2780 от 29.09.2016 ПО: Microsoft Договор 18-08-01186/18 от 31.01.2018

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Учебный класс	«ИТХ УрО РАН»	112	36	4
2	Специализированная лаборатория	«ИТХ УрО РАН»	201	36	5
3	Специализированная лаборатория	«ИТХ УрО РАН»	202	36	5
4	Специализированная лаборатория	«ИТХ УрО РАН»	203	36	5
5	Специализированная лаборатория	«ИТХ УрО РАН»	313	36	5
6	Специализированная лаборатория	«ИТХ УрО РАН»	315	36	5
7	Специализированная лаборатория	«ИТХ УрО РАН»	316	36	5

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер помещения
1	2	3	4	5
1	- Мультимедиа проектор для демонстрации презентаций и видеороликов - Персональные компьютеры для проведения расчетов и анализа результатов	2 5	Собственность	Помещение № 112, 313, 315, 316
2	Специализированное лабораторное оборудование для проведения исследований: - Спектрофотометр СФ-2000; - Иономер И-160; - Весы аналитические ACCULAB;	15	Собственность	Помещения 313 313 313

1	2	3	4	5
	<ul style="list-style-type: none"> - Установка микроволновой системы Mars 6 (SEMCorp., США), для подготовки проб при определении тяжёлых металлов и токсичных элементов; - Инфракрасный спектрометр IFS 66S (Bruker, Германия); - ИК-Фурье спектрометр Vertex 80V (Bruker, Германия); - ИК-Фурье спектрометр Senterra (Bruker, Германия); - Хромато-масс-спектрометрическая система Agilent 6890 (Agilent, США); - Высокоэффективный жидкостный хроматограф (Agilent, США); - Дифференциально-сканирующий калориметр DSC 882e/400 (Mettler Toledo, Швейцария); - Прибор совмещенного термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии TGA/DSC 1/ 1100 LF (Mettler Toledo, Швейцария); - Прибор термомеханического и дифференциального термического анализа TMA/SDTA841 (Mettler Toledo, Швейцария); - Капиллярный электрофорез Agilent CE (Agilent, США); - Автоматический анализатор элементного состава LECO CHNS-932 (Leco, США); - Атомно-абсорбционный спектрометр iCE 3500 с пламенной атомизацией (Thermo, США) 			<p>316</p> <p>201</p> <p>201</p> <p>201</p> <p>202</p> <p>201</p> <p>203</p> <p>203</p> <p>203</p> <p>202</p> <p>202</p> <p>202</p> <p>202</p>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Аспирантам:

Освоение курса требует систематического изучения всех тем в последовательности, указанной в программе.

Основными видами учебной работы является самостоятельная работа. Их цель - расширить базовые знания студентов по изучаемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для более глубокого освоения программного материала. Студенту важно помнить, что индивидуальные консультации эффективно помогут студенту овладеть программным материалом благодаря прямому визуальному и эмоциональному контакту студента с преподавателем, обеспечивая более полную реализацию воспитательной компоненты обучения.

При самостоятельной работе следует использовать:

- учебно-методическую литературу из рекомендованного списка;
- ресурсы информационной поддержки учебного процесса.

Студенту необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента.

Преподавателям:

Преподавателю следует иметь в виду, что освоение курса требует систематического изучения всех тем в последовательности, указанной в программе.

Важно помнить, что индивидуальные консультации помогают студенту овладеть программным материалом благодаря правильной расстановке преподавателем необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудиовизуального механизма восприятия информации. Кроме того, во время консультации имеет место прямой визуальный и эмоциональный контакт студента с преподавателем, обеспечивающий более полную реализацию воспитательной компоненты обучения, в том числе на личном примере педагога (культура речи, манера одеваться, общаться со студентами и аудиторией в целом, и т.д.).

Преподавателю следует иметь в виду, что содержание консультации должно удовлетворять следующие дидактические требования,

обеспечивающие активную работу студента и эффективное освоение им программного материала:

- логичность, четкость и ясность изложения материала;
- последовательность изложения материала - от простого к сложному, от известного к неизвестному;
- проблемность (с широким привлечением диалога, дискуссии);
- наглядность;
- связь с практикой и будущей профессиональной деятельностью студента.

Преподавателю необходимо систематически контролировать результаты самостоятельной работы и учитывать их при аттестации студента.

При проведении аттестации студентов важно помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – это главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний. Проверка, контроль и оценка знаний студента требуют учёт его индивидуального стиля в осуществлении учебной деятельности. Знание критериев оценки знаний обязательно и для преподавателя, и для студента.

