

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт естественных наук и математики  
Химико-технологический институт

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
А.В. Германенко  
20 г.

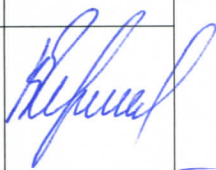
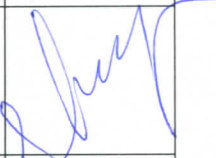
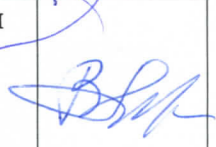


**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры Физическая химия	Код ПА 1.4.4.
Группа специальностей Химические науки	Код 1.4.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург  
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Черепанов Владимир Александрович	д.х.н., профессор	зав. кафедрой	Кафедра физической и неорганической химии Института естественных наук и математики	
2	Зуев Андрей Юрьевич	д.х.н., профессор	профессор	Кафедра физической и неорганической химии Института естественных наук и математики	
3	Марков Вячеслав Филиппович	д.х.н., профессор	зав. кафедрой	Кафедра физической и коллоидной химии Химико-технологического института	

**Рекомендовано:**

**Учебно-методическим советом института естественных наук и математики**

Председатель учебно-методического совета ИЕНиМ  
Протокол № 5 от 17.05.2022 г.

  
Е.С. Буянова

**Учебно-методическим советом химико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета ХТИ  
Протокол № 6 от 30.05.2022 г.

  
А.Б. Даринцева

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК

  
Е.А. Бутрина

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## 1.1. Аннотация содержания дисциплины

Специальная дисциплина «Физическая химия» способствует освоению основных профессиональных компетенций и их компонентов и направлена на углубленное изучение базовых разделов физической химии: основ химической и статистической термодинамики, химической кинетики, явлений переноса, электрохимии, электрохимической кинетики.

## 1.2. Язык реализации дисциплины - русский

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Дисциплина «Физическая химия» относится к базовой части программы аспирантуры, направлена на подготовку к сдаче кандидатского минимума.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

### **Знать:**

- основы химической и статистической термодинамики;
- основы химической кинетики;
- основы явлений переноса;
- основы электрохимии и электрохимической кинетики

### **Уметь:**

- использовать специализированное программное обеспечение и современные информационные технологии;
- систематизировать полученные теоретические и опытные данные, обобщать полученные знания и представлять полученные результаты в форме научных публикаций;
- давать рекомендации на основании проведенных исследований;
- выбирать и анализировать научную литературу для избранного направления исследований, формулировать задачи работы на основе анализа литературы;

### **Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):**

- системой фундаментальных химических понятий;
- навыками работы с научной литературой и базами данных с целью определения направления исследования и решения специализированных задач;
- навыками научной коммуникации;
- навыками моделирования основных процессов исследования;
- принципами организации эксперимента по изучению явлений переноса;
- принципами организации эксперимента по изучению электрохимии и электрохимической кинетики.

## 1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	<b>Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>104</b>	<b>1</b>	<b>104</b>
5.	<b>Промежуточная аттестация</b>	Экзамен	<b>1</b>	Экзамен, 18
6.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>108</b>	<b>5</b>	<b>108</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>3</b>		<b>3</b>

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	<b>Основы химической термодинамики.</b> <i>Лекции 1 час; самостоятельная работа аспиранта, 9 часов.</i>	<p>Основные понятия термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Уравнения состояния. Теплота и работы различного рода. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия. Закон термохимии. Зависимость теплоемкости от температуры и расчеты тепловых эффектов реакций.</p> <p>Второй закон термодинамики. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Теорема Карно - Клаузиуса. Энтропия как функция состояния. Изменение энтропии при различных процессах.</p> <p>Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса. Уравнение Максвелла. Связь между калорическими и термодинамическими переменными. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов, выраженные через характеристические функции. Химические потенциалы.</p>
2	<b>Химические и адсорбционные равновесия.</b> <i>Самостоятельная работа аспиранта, 13 часов.</i>	<p>Закон действия масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Химическая переменная. Химическое равновесие в идеальных и неидеальных системах. Термодинамический вывод закона действия масс. Роль коэффициентов активности. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца при химической реакции. Расчеты констант равновесия химических реакций с</p>

		<p>использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций. Расчеты выхода продуктов химических реакций различных типов. Выходы продуктов при совместном протекании химических реакций.</p> <p>Зависимость константы равновесия реакции от температуры. Уравнения изобары и изохоры химической реакции и их термодинамический вывод. Использование различных приближений для теплоемкостей реагентов при расчетах химических равновесий при различных температурах. Гетерогенные химические равновесия и особенности их термодинамического описания.</p> <p>Явления адсорбции. Виды адсорбции. Изотермы и изобары адсорбции. Уравнения Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Ленгмюра. Адсорбция из растворов. Гиббсовская адсорбция. Полимолекулярная адсорбция, ее приближенное описание методом Брунауэра - Эммета - Теллера (БЭТ). Использование уравнения БЭТ для определения поверхности адсорбентов.</p>
3	<p><b>Фазовые равновесия. Растворы.</b>  <i>Лекции 1 час;  самостоятельная работа аспиранта, 14 часов.</i></p>	<p>Понятие фазы, компонента, степени свободы. Гетерогенные равновесия без химических реакций. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клайперона - Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода. Уравнение Эренфеста, его вывод и применение.</p> <p>Однокомпонентные системы и их диаграммы состояния. Полиморфные фазовые превращения, энантиотропия и монотропия. Двухкомпонентные системы и их диаграммы состояния. Перитектическое превращение. Основные принципы физико-химического анализа. Дальтонида и бертолида. Трехкомпонентные системы и их диаграммы состояния.</p> <p>Растворы различных классов. Различные способы выражения состава раствора. Идеальные растворы. Термодинамическая классификация растворов. Функции смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, строго регулярные растворы и их свойства. Парциальные мольные величины. Уравнение Гиббса - Дюгема.</p> <p>Коллигативные свойства растворов. Закон Рауля. Идеальные и неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент. Симметричная и несимметричная системы отсчета. Растворимость в идеальных и предельно разбавленных растворах. Изменение температуры затвердевания различных растворов. Криоскопический метод. Осмотические явления. Уравнение Вант-Гоффа. Осмотические и мембранные равновесия в растворах. Равновесие</p>

		жидкость - пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса - Коновалова.
4	<b>Элементы статистической термодинамики.</b> <i>Самостоятельная работа аспиранта, 12 часов.</i>	<p>Микро- и макросостояние системы. Фазовые Г- и <math>\mu</math>-пространства. Функции распределения Максвелла и Максвелла - Больцмана. Законы распределения Максвелла - Больцмана, Ферми - Дирака и Бозе - Эйнштейна. Статистические средние значения макроскопических величин. Ансамбли Гиббса. Метод функций распределения для канонического и микроканонического ансамблей. Основные постулаты статистической термодинамики.</p> <p>Каноническая функция распределения Гиббса. Статистические выражения для основных термодинамических функций и их вычисление через суммы по состояниям. Статистические расчеты энтропии. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная сумма по состояниям. Вращательная сумма по состояниям. Колебательная сумма по состояниям. Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики.</p> <p>Точечные дефекты кристаллических решеток. Вакансии. Междоузельные частицы. Равновесные и неравновесные дефекты решеток. Сумма по состояниям и термодинамические свойства кристаллов с различными видами точечных дефектов. Нестехиометрические соединения и их термодинамические свойства. "Дальтониды" и "бертолиды" и их свойства.</p>
5	<b>Элементы линейной термодинамики неравновесных процессов.</b> <i>Самостоятельная работа аспиранта, 9 часов.</i>	<p>Описание необратимых процессов в термодинамике. Потоки. Силы. Феноменологические законы для скоростей процессов. Открытые и закрытые системы. Необратимые процессы и производство энтропии. Зависимость скорости производства энтропии от обобщенных потоков и сил. Стационарное состояние системы и теорема Пригожина.</p> <p>Потоки при совместном действии нескольких сил. Соотношения взаимности Онзагера и их применения в линейной термодинамике необратимых процессов. Миграция. Термодиффузия.</p>
6	<b>Химическая кинетика.</b> <i>Лекции 1 час;</i> <i>самостоятельная работа аспиранта, 13 часов.</i>	<p>Основные понятия химической кинетики. Определение скорости реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Определение константы скорости и порядка реакции. Молекулярность элементарных реакций. Кинетический закон действия масс и область его применимости. Необратимые реакции первого, второго и третьего порядков. Зависимость константы скорости от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Сложные реакции. Обратимые реакции. Последовательные реакции. Кинетические кривые накопления отдельных</p>

		<p>продуктов.</p> <p>Цепные реакции. Элементарные процессы возникновения, продолжения, разветвления и обрыва цепей. Длина цепи. Разветвленные цепные реакции. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Полуостров воспламенения. Фотохимические реакции. Квантовый выход. Закон фотохимической эквивалентности Эйнштейна. Определение кинетических постоянных фотохимических реакций.</p> <p>Теория активных соударений. Расчет предэкспоненциального множителя. Стерический фактор. Элементарные акты химических реакций и физический смысл энергии активации. Поверхность потенциальной энергии взаимодействия. Метод переходного состояния (активированного комплекса). Статистический расчет константы скорости. Основные допущения теории активированного комплекса и область ее применимости. Трансмиссионный коэффициент. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Энтропия активации.</p> <p>Катализ. Общие принципы катализа. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Классификация реакций кислотно-основного типа. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Ферментативный катализ. Общие сведения о кинетике и механизмах ферментативных реакций. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная и атомная активность. Активность и селективность катализаторов. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций. Теория мультиплетов Баландина. Принципы геометрического и энергетического соответствия. Теория активных ансамблей Кобозева. Окислительно-восстановительные реакции на окисных катализаторах. Работы Борескова.</p>
7	<p><b>Электрохимия.</b>  <i>Лекции 1 час;</i>  <i>самостоятельная работа</i>  <i>аспиранта, 16 часов.</i></p>	<p>Растворы электролитов. Теория Аррениуса и ее недостатки. Энергия кристаллической решетки и энергия сольватации. Ион-дипольное взаимодействие. Средняя активность и средний коэффициент активности. Теория Дебая-Гюккеля.</p> <p>Неравновесные явления в растворах электролитов. Диффузионный и миграционный потоки. Формула Нернста-Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса и методы их определения. Подвижности ионов и закон Кольрауша. Зависимость подвижностей, эквивалентной электропроводности и чисел переноса от концентрации в рамках теории Дебая-Гюккеля-Онзагера.</p> <p>Понятие электрохимического потенциала и условие электрохимического равновесия на границе раздела</p>

		<p>фаз. Равновесные электрохимические цепи и их ЭДС. Формула Нернста и уравнение Гиббса-Гельмгольца. Понятие электродного потенциала. Классификация электродов и электрохимических цепей. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы; разности потенциалов Гальвани и Вольта. Двойной электрический слой. Электрокапиллярные явления; основное уравнение электрокапиллярности. Емкость двойного слоя. Основные модельные представления о структуре ионного двойного слоя.</p> <p>Плотность тока как мера скорости электродного процесса; поляризация электродов. Стадии электродного процесса. Зависимость тока от потенциала в условиях медленной стационарной диффузии к плоскому электроду. Полярография; качественный и количественный полярографический анализ. Уравнение для тока в теории замедленного разряда. Ток обмена и перенапряжение. Методы защиты металлов от коррозии. Химические источники тока.</p>
--	--	--

### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1. Практические занятия

не предусмотрено

#### 3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

##### 3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

не предусмотрено

##### 3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

не предусмотрено

### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 4.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их



	различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

[Выбрать из списка, либо дополнить наименования оценочных средств]

### 4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

не предусмотрено

### 4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Термодинамические системы и термодинамический метод их описания.
2. Термическое равновесие системы. Термодинамические переменные. Температура. Интенсивные и экстенсивные величины.
3. Теплоемкости. Калорические и термические величины. Обратимые и необратимые процессы.
4. Теплота и работы различного рода. Вычисление работы расширения для различных процессов и различных газов. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия.
5. Энтальпия. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Теплоты сгорания. Теплоты образования.
6. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгофа. Зависимость теплоемкости от температуры и расчеты тепловых эффектов реакций.
7. Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов.

8. Энтропия как функция состояния. Изменение энтропии при различных процессах. Изменение энтропии при различных процессах. Изменение энтропии изолированной системы и направление процесса.
9. Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса и их свойства. Уравнение Максвелла. Использование уравнения Максвелла для вывода различных термодинамических соотношений.
10. Связь между калорическими и термодинамическими переменными. Методы вычисления энтропии, внутренней энергии, энтальпии, энергии Гельмгольца и энергии Гиббса. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов, выраженные через характеристические функции.
11. Химические потенциалы, их определение, вычисление и свойства.
12. Закон действия масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Термодинамический вывод закона действия масс.
13. Зависимость константы равновесия реакции от температуры.
14. Уравнения изобары и изохоры химической реакции и их термодинамический вывод.
15. Явления адсорбции. Виды адсорбции. Изотермы и изобары адсорбции. Уравнения Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Ленгмюра, его термодинамический вывод.
16. Гетерогенные равновесия без химических реакций. Условия фазового равновесия. Понятие фазы, компонента, степени свободы.
17. Правило фаз Гиббса, его вывод.
18. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса и его применение к различным фазовым переходам первого рода. Кривые давления пара.
19. Фазовые переходы второго рода. Уравнение Эрнфеста, его вывод и применение.
20. Однокомпонентные системы и их диаграммы состояния (примеры). Анализ хода линий диаграммы на основе уравнения Клаузиуса-Клапейрона. Полиморфные фазовые превращения, энантиотропия и монотропия (примеры).
21. Двухкомпонентные системы и их диаграммы состояния. Перитектическое превращение.
22. Основные принципы физико-химического анализа. Дальтонида и бертолиды.
23. Трехкомпонентные системы и их диаграммы состояния.
24. Растворы различных классов. Различные способы выражения состава раствора. Идеальные растворы.
25. Термодинамическая классификация растворов. Функции смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, строго регулярные растворы и их свойства.
26. Парциальные мольные величины и их определение из опытных данных (для бинарных систем). Уравнение Гиббса - Дюгема.
27. Давление насыщенного пара жидких растворов. Закон Рауля. Идеальные жидкие растворы и их определение.
28. Неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение по парциальным давлениям компонент.
29. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент. Симметричная и несимметричная системы отсчета.
30. Растворимость в идеальных и предельно разбавленных растворах. Изменение температуры затвердевания различных растворов. Криоскопический метод.
31. Осмотические явления. Уравнение Вант-Гоффа, его термодинамический вывод и область применимости. Осмотические и мембранные равновесия в растворах.
32. Равновесие жидкость - пар в двухкомпонентных системах. Равновесные составы пара и жидкости. Различные виды диаграмм состояния.
33. Основные понятия химической кинетики. Определение скорости реакции. Кинетические уравнения. Определение константы скорости и порядка реакции. Молекулярность элементарных реакций.
34. Зависимость константы скорости от температуры. Уравнение Аррениуса.

35. Необратимые реакции первого, второго и третьего порядков. Определение констант скорости из опытных данных. Методы определения порядка реакции и вида кинетического уравнения.
36. Сложные реакции. Принцип независимости элементарных стадий. Параллельные реакции.
37. Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка. Кинетические кривые накопления отдельных продуктов и определение констант скорости из опытных данных.
38. Цепные реакции. Элементарные процессы возникновения, продолжения, разветвления и обрыва цепей. Длина цепи. Кинетика цепных реакций.
39. Метод переходного состояния (активированного комплекса). Свойства активированного комплекса. Статистический расчет константы скорости. Основные допущения теории активированного комплекса и область ее применимости. Трансмиссионный коэффициент.
40. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Энтропия активации. Соотношения между опытной и истинной энергией активации.
41. Теория соударений в химической кинетике. Преимущество и недостатки теории соударений.
42. Фотохимические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Фотохимически активные частицы. Квантовый выход. Закон фотохимической эквивалентности Эйнштейна.
43. Общие принципы катализа. Роль катализа в химии. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ.
44. Основные положения теории Аррениуса. Недостатки этой теории.
45. Энергия кристаллической решетки и энергия сольватации.
46. Термодинамическое описание ион-ионного взаимодействия. Понятия средней активности и среднего коэффициента активности; их связь с активностью и коэффициентом активности отдельных ионов.
47. Основные допущения теории Дебая-Гюккеля; их физический смысл. Потенциал ионной атмосферы. Уравнения для коэффициента активности в первом, втором и третьем приближении теории Дебая-Гюккеля.
48. Диффузионный и миграционный потоки. Формула Нернста-Эйнштейна.
49. Удельная и эквивалентная электропроводность.
50. Числа переноса и методы их определения.
51. Подвижности ионов и закон Кольрауша. Зависимость подвижностей, эквивалентной электропроводности и чисел переноса от концентрации в рамках теории Дебая-Гюккеля-Онзагера.
52. Зависимость предельных подвижностей от радиуса иона и температуры.
53. Понятие электрохимического потенциала и условие электрохимического равновесия на границе раздела фаз.
54. Равновесные электрохимические цепи и их ЭДС. Формула Нернста и уравнение Гиббса-Гельмгольца.
55. Классификация электродов и электрохимических цепей.
56. Определение коэффициентов активностей и чисел переноса на основе измерения ЭДС.
57. Плотность тока как мера скорости электродного процесса; поляризация электродов. Стадии электродного процесса.
58. Уравнение для тока в теории замедленного разряда. Ток обмена и перенапряжение.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1.Рекомендуемая литература

#### 5.1.1. Основная литература

1. Эткинс П., де Паула Дж. Физическая химия в 3х частях. Ч.1 Равновесная термодинамика. М.: Мир, 2007.
2. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии, т.1 Теория. М.:Бином. Лаборатория знаний. 2013.
3. Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии, т.2 Задачи. М.:Бином. Лаборатория знаний. 2013.
4. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика М.: Мир. 2002.
5. Петров А.Н. Химическая термодинамика. Издательство Уральского университета. 2007.
6. Черепанов В.А. Явления переноса в электролитических средах. Уч. пособие. Екатеринбург. Изд. Уральского ун-та. 2004.
7. Черепанов В.А. Равновесия в растворах электролитов. Уч. пособие. Екатеринбург, УрГУ, 1999, 88 с.
8. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высш. шк., 2003.
9. Физическая химия, т.2, Под ред. Краснова К.С., М. Высш.шк., 2001
10. Физическая химия. Под ред. Никольского Б.П., Л. Химия, 1987.
11. А.А. Жуховицкий, Л.А. Шварцман .— 5-е изд., стер. — М. : Металлургия, 2001 .— 688 с. : ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 680.
12. Физическая химия : Учебник для студентов геол. специальностей вузов / И.А. Семиохин .— М. : Издательство Московского университета, 2001 .— 272 с. : ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 256.
13. Физическая химия / Р. Р. Салем .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Вузовская книга, 2004 .— 328 с. :
14. Зимон А.Д., Лещенко И.Ф. Физическая химия. М.: Химия. 2003.
15. В. М. Байрамов. Химическая кинетика и катализ. Москва : Академия, 2003.
16. Н. В. Карякин. Основы химической термодинамики. Москва : Академия, 2003.
17. А. Б. Ярославцев. Физическая химия. Москва : Научный мир, 2013.
18. А. В. Артемов. Физическая химия Москва : Академия, 2013.

#### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М., Высш.шк.1984.
2. Глазов В.М. Основы физической химии. М.: Высш. шк., 1981.
3. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М., Химия. Колос. С. 2006
4. Полторак О.М. Термодинамика в физической химии. М.: Высш. шк., 1991.
5. Фролов Ю.Г., Белик В.В. Физическая химия. М.: Химия. 1993.
6. Базаров И.П. Термодинамика. М.: Высш. шк., 1991.
7. Голиков Г.А. Руководство по физической химии. М.: Высш. шк., 1988.
8. Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. М.: Металлургия, 1964.
9. Фен Д. Машины, энергия, энтропия. М.: Мир, 1986.
10. Эткинс П. Физическая химия.Т.1, М.: Мир, 1980.
11. Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. М.: 1973

## 5.2. Методические разработки

Не предусмотрено

## 5.3. Программное обеспечение

1. Microsoft office (Word, Excel, Power point);
2. Adobe Reader X
3. ChemOffice 2010
4. Isis Draw (Version 2.5)
5. Mercury (Version 2.4.5)
6. AutoDock (Version 1.5)
7. MestReNova (Version 6.0.2)
8. Open Babel (Version 2.3.1)
9. Avogadro (Version 1.0.3)
10. RasMol (Version 2.7.5.2)
11. Jmol (Version 12.0.45)

## 5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
2. Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
3. Scopus: <http://www.scopus.com>;
4. Reaxys: <http://reaxys.com>;
5. SciFinder <https://scifinder.cas.org>
6. Espacenet <https://ru.espacenet.com>
7. РИНЦ <https://www.elibrary.ru>
8. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;
9. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;

## 5.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Уральский федеральный университет имеет материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации программы аспирантуры, обеспечения дисциплин (модулей), научно-исследовательской работы и практик, в соответствии с требованиями к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению направленности программы.