

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1143578	Транспортные процессы в твердых телах

**Екатеринбург**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Химия	<b>Код ОП</b> 1. 04.04.01/33.02
<b>Направление подготовки</b> 1. Химия	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 04.04.01

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Киселев Евгений Александрович	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	физической и неорганической химии
2	Михайловская Зоя Алексеевна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	Школа бакалавриата

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Транспортные процессы в твердых телах

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из двух дисциплин: «Высокотемпературная электрохимия твердого тела», «Импедансная спектроскопия: теория и применение». Модуль направлен на формирование у студентов глубокого и интегративного понимания разделов различных областей химического знания: электрохимии, кристаллохимии, химии твердого тела и неорганической химии – применительно к описанию транспортных процессов в твердофазных, преимущественно оксидных, объектах. Ключевое внимание уделяется изучению явлений переноса заряда и массы в химическом, электрическом и температурных полях, а также углублению представлений о веществе с пониманием возможностей целенаправленного регулирования его функциональных свойств

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Высокотемпературная электрохимия твердого тела	3
2	Импедансная спектроскопия: теория и применение	3
ИТОГО по модулю:		6

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Дефектная структура и свойства функциональных материалов
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	1. Функциональные неорганические материалы

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Высокотемпературная электрохимия	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении	3-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и

твердого тела	<p>фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p>
	<p>ПК-1 - Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение методов решения научно-исследовательских задач в выбранной области профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов планирования научно-исследовательской работы</p> <p>У-1 - Выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p> <p>У-2 - Составлять общий план научно-исследовательской работы и детальные планы ее отдельных стадий</p> <p>П-1 - Иметь опыт выбора методов решения поставленных задач и прогнозирования результатов исследования, исходя из</p>

		<p>наличия материальных и временных ресурсов</p> <p>П-2 - Иметь опыт планирования НИР в целом и отдельных стадий НИР</p>
	<p>ПК-2 - Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук</p>	<p>З-1 - Представлять возможности существующих поисковых систем и электронных библиотек, используемые для поиска химической, в том числе патентной информации</p> <p>У-1 - Анализировать и обобщать результаты информационного/патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных наук</p> <p>П-1 - Иметь опыт работы с поисковыми системами, электронными библиотеками, базами данных по химии и смежным областям</p>
	<p>ПК-3 - Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>З-1 - Представлять актуальные направления теоретических и экспериментальных исследований и областей практического применения результатов в выбранной области химии или смежных науках</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов анализа и систематизации результатов НИР и НИОКР</p> <p>У-1 - Определять возможные направления развития теоретических и экспериментальных работ и перспективы практического применения полученных результатов в своей профессиональной области</p> <p>У-2 - Систематизировать информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализировать ее и сопоставлять с литературными данными</p> <p>П-1 - Иметь опыт прогнозирования направления собственных исследований с учетом практического применения результатов</p> <p>П-2 - Иметь опыт анализа полученных экспериментальных и/или теоретических результатов собственного исследования в сравнении с литературными данными</p>

	<p>ПК-4 - Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение методов исследования, необходимых для решения технологических задач</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов организации и планирования материально-технического сопровождения НИР и НИОКР</p> <p>У-1 - Предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p> <p>У-2 - Планировать отдельные стадии и работу в целом, организовать материально-техническое сопровождение прикладных НИР и НИОКР</p> <p>П-1 - Иметь опыт выбора методов решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР с учетом глобальных вызовов и неопределенностей</p> <p>П-2 - Иметь опыт планирования отдельных стадий НИР и НИОКР и работы в целом, материально-технического сопровождения прикладных НИР и НИОКР</p>
<p>Импедансная спектроскопия: теория и применение</p>	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных</p>

	<p>экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
<p>ПК-1 - Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение методов решения научно-исследовательских задач в выбранной области профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p> <p>У-2 - Составлять общий план научно-исследовательской работы и детальные планы ее отдельных стадий</p> <p>П-1 - Иметь опыт выбора методов решения поставленных задач и прогнозирования результатов исследования, исходя из наличия материальных и временных ресурсов</p>
<p>ПК-2 - Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук</p>	<p>З-1 - Представлять возможности существующих поисковых систем и электронных библиотек, используемые для поиска химической, в том числе патентной информации</p> <p>У-1 - Анализировать и обобщать результаты информационного/патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных наук</p>
<p>ПК-3 - Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>З-1 - Представлять актуальные направления теоретических и экспериментальных исследований и областей практического применения результатов в выбранной области химии или смежных науках</p> <p>У-1 - Определять возможные направления развития теоретических и экспериментальных работ и перспективы практического применения полученных результатов в своей профессиональной области</p> <p>П-1 - Иметь опыт прогнозирования направления собственных исследований с</p>

		<p>учетом практического применения результатов</p> <p>П-2 - Иметь опыт анализа полученных экспериментальных и/или теоретических результатов собственного исследования в сравнении с литературными данными</p>
	<p>ПК-4 - Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p>	<p>З-1 - Сформулировать теоретические принципы и описать техническое исполнение методов исследования, необходимых для решения технологических задач</p> <p>У-1 - Предлагать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач в рамках прикладных НИР и НИОКР</p> <p>П-1 - Иметь опыт выбора методов решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР с учетом глобальных вызовов и неопределенностей</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Высокотемпературная электрохимия**  
**твёрдого тела**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Киселев Евгений Александрович	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра физической химии

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики**

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Киселев Евгений Александрович, Доцент, физической и неорганической химии**

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Равновесие точечных дефектов в твердых телах	Точечные дефекты в твердых телах: основные понятия и определения. Классификация точечных дефектов: собственные/примесные, атомные/электронные, ассоциированные, обмен кристалла с газовой фазой по летучему компоненту. Методы описания точечных дефектов в сложнооксидных материалах (на примере фаз Раддлсдена - Поппера): идеальный кристалл, квазихимические реакции, номенклатура Крегера-Винка, диаграммы Броуэра.
2	Явления переноса в твердых телах	Явления переноса в твердых телах: основные понятия и определения. Линейная термодинамика неравновесных процессов: принципы Онзагера. Явления переноса при единичных и смешанных градиентах: химического потенциала, температуры и электрического поля. Уравнения электро- и теплопроводности. Законы Фика. Диффузия и ионная проводимость в смешанных проводниках. Термодиффузия и термоэлектрические явления: эффекты Зеебека, Пельте и Томпсона. Абсолютная термоэлектрическая шкала.
3	Экспериментальные методы исследования явлений переноса в твердых телах при высоких температурах	Методы измерения электропроводности: двухзондовая и четырехзондовая схема измерения электропроводности, метод Ван-дер-Пау. Интегральный и дифференциальный метод измерения коэффициентов термо-эдс. Методы оценки ионной проводимости и коэффициентов диффузии, скоростей обмена смешанных электронных и кислород-ионных проводниках с газовой фазой (на примере фаз Раддлсдена - Поппера): измерения кислородопроницаемости, изотопного обмена,

		релаксация электропроводности, метод Хэбба-Вагнера и его модификации. Обработка экспериментальных данных на конкретных примерах. Спектроскопия электрохимического импеданса.
4	Обработка экспериментальных данных по модельным представлениям	Вывод и анализ основных уравнений для описания термо-эдс и электропроводности в проводниках со смешанной ионной и электронно-дырочной проводимостью в зависимости от внешних термодинамических параметров: температуры и давления летучего компонента. Квазисвободные и локализованные состояния электронных дефектов, прыжковый механизм и зонная модель переноса. Гомогенная и гетерогенная термо-эдс в ионных и смешанных проводниках. Формулы Хейкса и их модификации с учетом спинового вырождения локализованных состояний электронных дефектов. Расчёт и/или уточнение основных характеристик электронно-дырочного транспорта в сложноксидных системах (на примере фаз Раддлсдена - Поппера): теплоты переноса, энергий активации и подвижности электронных дефектов на базе моделей равновесия точечных дефектов.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Высокотемпературная электрохимия твердого тела

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Келли, А., А., Шаскольский, М. П.; Кристаллография и дефекты в кристаллах; Мир, Москва; 1974; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447893> (Электронное издание)

#### Печатные издания

- Петров, А. Н.; Твердые материалы. Химия дефектов. Структура и свойства твердых тел : [учеб. пособие для вузов].; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2008 (98 экз.)
- Жуковский, В. М., Конев, В. Н.; Введение в химию твердого тела : учеб. пособие.; Изд-во Урал. гос. ун-та, Свердловск; 1978 (40 экз.)
- Кнотько, А. В.; Химия твердого тела : учеб. пособие для вузов.; Academia, Москва; 2006 (12 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<https://materials.springer.com>

<https://www.sciencedirect.com>

<https://elar.urfu.ru>

#### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

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

<https://www.rsc.org>

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Высокотемпературная электрохимия твердого тела

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Доска аудиторная  Персональные компьютеры по количеству обучающихся  Подключение к сети Интернет	OriginPro  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Maple 11
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	OriginPro  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES  Maple 11

4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<p>OriginPro</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Maple 11</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>OriginPro</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Maple 11</p>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Импедансная спектроскопия: теория и**  
**применение**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Буянова Елена Станиславовна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	Кафедра аналитической химии
2	Емельянова Юлия Валерьевна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра аналитической химии
3	Михайловская Зоя Алексеевна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	Школа бакалавриата

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Буянова Елена Станиславовна, Доцент, аналитической химии и химии окружающей среды
- Емельянова Юлия Валерьевна, Доцент, аналитической химии и химии окружающей среды
- Михайловская Зоя Алексеевна, Доцент, Школа бакалавриата

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1.	Введение	Способы описания электрохимических цепей. Этапы развития теории электрохимического импеданса. Взаимосвязь метода импедансной спектроскопии со смежными областями - физической химией, кристаллохимией, электрохимией, химией твердого тела, электроникой
2.	Основные понятия метода импедансной спектроскопии	<p>Понятие об электропроводности. Температурная зависимость электропроводности металлов, полупроводников, ионных и смешанных проводников. Энергия активации проводимости. Числа переноса и область электролитичности. Условия равновесия в электрохимических цепях. Обратимость электродов. Электродвижущая сила (ЭДС). Понятие о смешанном электродном потенциале</p> <p>Токовые методы. Возможности получения информации при применении постоянного и переменного тока. Понятие о релаксации в электрическом поле. Четырехэлектродный метод для определения электропроводности (его модификация ван дер Пау). Эквивалентные электрические цепи. Понятие иммитанса, преобразование комплексных диаграмм импеданса, адмиттанса, емкости и диэлектрической проницаемости друг в</p>

		друга. Активное и реактивное сопротивление. Годограф импеданса.
3.	Измерение импеданса электрохимических ячеек	Истинные, эффективные и измеряемые величины. Выбор частоты измеряемого сигнала. Мост Уитстона. Резонансный метод (метод подстройки). I-V метод. Метод сетевого анализа. Метод автобалансирующего моста. Виды электрохимических ячеек. Анализ и исправление ошибок измерения. Входные импедансы. Калибрование измерительного тракта. Программирование и автоматизация эксперимента. Банк данных и база знаний. Каталог импедансных моделей и спектров.
4.	Моделирование электрохимического импеданса	Основные структурные элементы эквивалентных схем. Сопротивление, емкость, индуктивность. Понятие диффузионного импеданса. Импеданс Варбурга. Конечный диффузионный импеданс. Элемент постоянной фазы (CPE). Конечный элемент постоянной фазы (BCP). Предельные топологические соотношения. Неоднородные элементы Неоднородная модель диффузии (NUD). Модель неоднородной объемной проводимости (NUC). Модель неоднородного фазового элемента (NUP). Основные структуры импедансных моделей. Модель Максвелла. Лестничная модель (Ladder). Модель Войта. Структурные модели электрохимических систем. Модель идеально поляризуемого электрода. Модель Рэндлса-Эшлера. Модель адсорбции. Модель Фрумкина-Мелик-Гайказяна Последовательное соединение сопротивления и емкости. Параллельное соединение сопротивления и емкости. Схема твердого электролита с блокирующими электродами. Последовательное соединение сопротивлений и параллельной емкости. Эквивалентная схема ячейки с двумя параллельными цепочками. Electrode с емкостью двойного слоя и некомпенсированным сопротивлением раствора. Эквивалентная схема с элементом CPE
5.	Анализ спектров импеданса	Спектры импеданса электронных, ионных проводников. Импеданс поверхностных слоев. Импеданс монокристаллов. Изучение электрохимических процессов с применением импедансной спектроскопии. Модели поликристалла и определение на их основе внутри- и межкристаллической электропроводности

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Импедансная спектроскопия: теория и применение**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Анимица, И. Е.; Протонный транспорт в сложных оксидах : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275713> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Чеботин, В. Н., Чеботин, В. Н.; Электрохимия твердых электролитов; Химия, Москва; 1978 (5 экз.)
2. Дамаскин, Б. Б., Петрий, О. А., Царлина, Г. А., Галицкая, Л. И.; Электрохимия : учебник [для вузов] по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия".; Химия : КолосС, Москва; 2006 (36 экз.)
3. Жуковский, В. М., Конев, В. Н.; Введение в химию твердого тела : учеб. пособие.; Изд-во Урал. гос. ун-та, Свердловск; 1978 (40 экз.)
4. Укше, Е. А.; Твердые электролиты; Наука, Москва; 1977 (4 экз.)
5. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 1. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)
6. Иванов-Шиц, А. К., Мурин, И. В.; Ионика твердого тела : В 2 т. Т. 1. ; Издательство Санкт-Петербургского университета, Санкт-Петербург; 2000 (3 экз.)
7. Иванов-Шиц, А. К., Мурин, И. В.; Ионика твердого тела : в 2 т. Т. 2. ; Издательство Санкт-Петербургского университета, Санкт-Петербург; 2010 (5 экз.)
8. ; Импедансная спектроскопия: теория и применение : учебное пособие для студентов, обучающихся по программе специалитета и магистратуры по направлениям подготовки 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия", 04.04.01 "Химия", 04.04.02 "Химия, физика и механика материалов".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017 (20 экз.)
9. ; Прикладная химия твердого тела : практикум.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2013 (39 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ЭБС "Лань", Издательство "Лань"

ЭБС IPR BOOKS

American Chemical Society

American Institute of Physics

Institute of Physics (IOP)

eBook Collections, Springer Nature

ScienceDirect Freedom Collection, Elsevier

Springer Materials

SpringerLink

Springer Nature  
 Taylor&Francis  
 Taylor & Francis Group  
 Wiley Journal Database  
 Wiley Online Library  
 Платформа Nature  
 Springer Nature

### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

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

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Импедансная спектроскопия: теория и применение

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc  Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>