

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

Код модуля	Модуль
1161925	Введение в химию твердого тела

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Фундаментальная и прикладная химия	<b>Код ОП</b> 1. 04.05.01/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Фундаментальная и прикладная химия	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 04.05.01

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	Зуев Андрей Юрьевич	доктор химических наук, профессор	Профессор	физической и неорганической химии
2	Киселев Евгений Александрович	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	физической и неорганической химии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Введение в химию твердого тела

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из одноименной дисциплины и направлен на получение студентами фундаментальных физико-химических знаний и представлений о методах получения, фазовом составе, особенностях кристаллической и дефектной структуры веществ, находящихся в твердом состоянии. Формирует у студентов навыки и умения для получения веществ с заданным фазовым составом и набором физико-химических 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	Введение в химию твердого тела	6
ИТОГО по модулю:		6

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Физическая химия
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Избранные главы физической химии твердого тела

## 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
Введение в химию твердого тела	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты	З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать

		необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований
	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</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>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>
	ПК-4 - Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР и НИОКР	<p>З-2 - Демонстрировать понимание принципов организации и планирования материально-технического сопровождения 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-2 - Иметь опыт планирования отдельных стадий НИР и НИОКР и работы в целом, материально-технического сопровождения прикладных НИР и НИОКР</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Введение в химию твердого 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	Зуев Андрей Юрьевич	д.х.н., профессор	профессор	физической и неорганической химии
2	Киселев Евгений Александрович	кандидат химических наук	доцент	физической и неорганической химии

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

Протокол № 2 от 30.01.2023 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Зуев Андрей Юрьевич, профессор, физической и неорганической химии
- 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	Введение. Предмет и задачи дисциплины. Элементы кристаллохимии	Предмет курса, его связь с наукой и практикой. Особенности кристаллического состояния вещества. Процессы упорядочения и разупорядочения в веществе. Химическая связь в кристаллах. Основные понятия и определения. Операции и элементы симметрии. Пространственная решетка. Трансляция, вектор трансляции и период трансляции. Точечные группы (классы) симметрии. Пространственные группы симметрии. Решётки Бравэ. Источники рентгеновского излучения. Уравнение Вульфа-Брэггов. Рентгеновский фазовый и структурный анализ. Основные структурные типы неорганических соединений. Элементы кинематической теории дифракции рентгеновского излучения. Метод Ритвельда.
2	Термодинамика кристаллов. Сумма по состояниям и её связь с термодинамическими функциями. Термодинамические свойства идеального кристалла. Структурные дефекты кристаллической решётки. Термодинамика кристалла с дефектами. Квазихимический метод описания реальной (дефектной) структуры	Молекулярная и статистическая сумма по состояниям. Определение и связь с наиболее важными термодинамическими свойствами: внутренней энергией, теплоёмкостью, энтропией, функциями Гельмгольца и Гиббса. Идеальный кристалл, как система гармонических осцилляторов. Расчет статистической суммы по состояниям идеального кристалла. Внутренняя энергия, энтропия, функции Гельмгольца и Гиббса идеального кристалла. Теплоёмкость идеального кристалла. Модели Эйнштейна и Дебая. Определение и классификация типов структурных дефектов. Точечные дефекты, линейные дефекты, двумерные дефекты, трёхмерные дефекты. Сумма по состояниям дефектного

	кристалла. Полное термическое равновесие дефектов в кристалле. Равновесие твёрдое тело – газ.	кристалла. Термическое равновесие кристалла. Химический потенциал точечного дефекта. Номенклатура точечных дефектов по Крёгеру-Винку. Структурно чувствительные свойства кристаллов. Правила записи квазихимических уравнений. Закон действия масс в применении к квазихимическим реакциям. Донорные и акцепторные дефекты. Термодинамическое описание термического равновесия дефектов в произвольном кристалле. Метод Броуэра. Применение метода Броуэра к анализу равновесия кристалла с окружающей газовой фазой. Влияние примесей на равновесие дефектов в кристалле.
3	Методы исследования термодинамики процессов в твёрдом теле и дефектной структуры. Калориметрия. Метод ЭДС. Термогравиметрия. Кулонометрическое титрование. Исследование электропроводности.	Исследование твердофазных реакций. Теоретические основы метода ЭДС, конструкция измерительной ячейки. Определение термодинамической стабильности оксидов в атмосферах с различным содержанием кислорода. Термогравиметрия для изучения кислородной нестехиометрии оксидов в зависимости от температуры и парциального давления кислорода. Восстановление оксидов в токе водорода. Кулонометрия, как наиболее прецизионный метод изучения кислородной нестехиометрии в зависимости от парциального давления кислорода и температуры. Переход из относительной шкалы нестехиометрии в абсолютную. Определение парциально-молярных свойств кислорода в оксидах.
4	Использование зависимости различных свойств оксидов от парциального давления кислорода и температуры для анализа дефектной структуры.	Зависимости общей электропроводности и кислородной нестехиометрии от парциального давления кислорода при постоянной температуре в применении к анализу дефектной структуры. Основные приёмы и методы анализа дефектной структуры.
5	Практическое приложение физической химии твёрдого тела.	Физическая химия твёрдого тела в науке и технике: мембраны для парциального окисления газов, катализаторы, твердооксидные топливные элементы, датчики парциального давления газов.

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

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований,

				применяемых в профессиональной области
--	--	--	--	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Введение в химию твердого тела

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Уваров, Н. Ф.; Химия твердого тела : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575292> (Электронное издание)
2. Миркин, Л. И., Уманский, Я. С.; Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов : справочник.; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва; 1961; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447940> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 1. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)
2. Чеботин, В. Н., Козлова, В. И., Михайлов, А. Я.; Физическая химия твердого тела; Химия, Москва; 1982 (23 экз.)
3. Найш, В. Е.; Теория симметрии кристаллов : учебное пособие.; Уральский государственный университет, Свердловск; 1986 (42 экз.)
4. , Филонова, Е. А., Пирогов, А. Н.; Элементы структурного анализа. Метод Fullprof как один из методов обработки дифракционных данных : метод. указ. для студентов хим. фак.; [б. и.], Екатеринбург; 2005 (39 экз.)

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

<http://www.xray.cz/xray/csca/kol2011/kurs/Dalsi-cteni/clanky/McCusker-JApplCryst-1999-32-36-Rietveld-Guidelines.pdf>

<https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/17439A1F889B689C495549A234D53682/S0885715600003250a.pdf/div-class-title-span-class-italic-r-span-factors-in-rietveld-analysis-how-good-is-good-enough-div.pdf>

<https://link.springer.com/book/10.1007%2F3-540-27986-5>

<https://www.ill.eu/sites/fullprof/index.html>

<http://jp-minerals.org/vesta/en>

<https://www.iucr.org/resources/other-directories/software>

<https://materials.springer.com/>

#### 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

### Введение в химию 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 Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется
5	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM