

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
1155368	Физико-химические основы технологии материалов и изделий электронной техники

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Технология высокотемпературных неметаллических конструкционных и функциональных изделий и наноматериалов	<b>Код ОП</b> 1. 18.03.01/33.04
<b>Направление подготовки</b> 1. Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 18.03.01

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	Земляной Кирилл Геннадьевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	химической технологии керамики и огнеупоров

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Физико-химические основы технологии материалов и изделий электронной техники

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Физико-химические основы технологии материалов и изделий электронной техники» позволяет сформировать у студентов знания в области процессов производства, технологии и свойств основных видов материалов и изделий электроники и наноэлектроники; практических умений и навыков исследования свойств сырья, материалов и готовых изделий, а также процессов их производства. В результате изучения дисциплин модуля студенты получают знания об электрических и магнитных свойствах керамических материалов, способах их измерения; основы процессов организации структуры и общие закономерности процессов в твердых телах; физические принципы работы, характеристики и области применения элементов электронных приборов. Студенты будут подготовлены к проектированию и смогут определять электрические и магнитные свойства полупроводниковых и диэлектрических керамических материалов; решать типовые задачи, связанные с основными разделами физхимии, использовать физические, химические и математические методы и законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности; грамотно выбирать элементную базу электронных устройств и приборов, проводить анализ и синтез схем электронных блоков приборов. Студент применять методы измерения электрофизических свойств веществ, материалов и изделий; методы определения технологических показателей процесса, навыками измерения параметров различных типов электронных приборов.

## 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	Электрофизические основы производства материалов электроники и наноэлектроники	5
2	Вакуумная техника	3
3	Физическая химия твердого тела	7
ИТОГО по модулю:		15

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Основы общеинженерных знаний
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	1. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов 2. Физико-химические основы технологии материалов и изделий электронной техники

#### 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
Вакуумная техника	ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде
Физическая химия твердого тела	ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде
	ПК-3 - Способен на основе анализа технологических процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию.	У-3 - Анализировать физико-химические и технологические свойства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий и устанавливать их влияние на качество готовой продукции П-3 - Предлагать пути совершенствования технологических процессов на основе анализа физико-химических и технологических свойств высокотемпературных неметаллических материалов и изделий
Электрофизические основы производства материалов электроники и нанoeлектроник	ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания	Д-1 - Демонстрировать умение эффективно работать в команде

и	основных закономерностей развития природы, человека и общества	
	ПК-1 - Способен подбирать оборудование по заданной производительности и выполнять и технологические расчеты процессов получения изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.	З-4 - Определять основные технологические параметры процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий  У-2 - Анализировать результаты расчетов основных процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий и делать выводы о возможности реализации технологического процесса
	ПК-2 - Способен определять мероприятия, необходимые для выполнения основных и вспомогательных операций по производству изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.	З-2 - Излагать нормативные требования к качеству различных видов высокотемпературных неметаллических материалов и изделий  З-3 - Характеризовать типовые технологические схемы и объяснять суть входящих в них операций при производстве высокотемпературных неметаллических материалов
	ПК-4 - Способен разрабатывать технологические процессы производства изделий из высокотемпературных неметаллических материалов и осуществлять контроль их выполнения.	З-3 - Объяснять влияние физико-химических процессов термической обработки на структуру и свойства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий  У-3 - Выбирать параметры термической обработки, обеспечивающие заданный уровень свойств высокотемпературных неметаллических материалов и изделий  П-3 - Предлагать в общую технологическую схему операции термической обработки с целью обеспечения требуемых свойств высокотемпературных неметаллических материалов и изделий

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и очно-заочной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Электрофизические основы производства**  
**материалов электроники и**  
**нанoeлектроники**

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	Павлова Ирина Аркадьевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	химической технологии керамики и огнеупоров

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 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	Общие сведения о дисциплине. Связь с другими дисциплинами. Классификация материалов электронной техники. Общие сведения о керамических материалах электронной техники.
2	Электропроводность и электросопротивление материалов электронной техники	<p>2.1. Элементы зонной теории твердых тел и общие понятия об электрической проводимости. Удельная электропроводности и удельное электросопротивление. Единицы измерения.</p> <p>2.2. Электрические свойства диэлектриков. Носители заряда в диэлектриках и их концентрация. Механизмы электропроводности диэлектриков. Ионная, электронная, смешанная проводимости. Прыжковая проводимость. Факторы, влияющие на электрическую проводимость: температура, давление кислорода, химический состав и структура. Температурный коэффициент электросопротивления. Влияние дефектов кристаллической решетки и примесей на электропроводность диэлектриков. Поверхностная электропроводность диэлектриков. Влияние сильных электрических полей. Пробой диэлектриков. Электрическая прочность диэлектриков.</p> <p>2.3. Электрические свойства полупроводников. Собственные и примесные полупроводники. Доноры и акцепторы. Энергетические уровни доноров и акцепторов в запрещенной зоне. Основные и неосновные носители зарядов. Подвижность носителей зарядов в полупроводниках. Факторы, влияющие на электропроводность. Зависимость электропроводности</p>

		<p>полупроводников от температуры. Влияние напряженности электрического поля.</p> <p>2.4. Электропроводность металлов и сверхпроводников. Температурная зависимость электропроводности металлов и сверхпроводников. Влияние примесей. Явление сверхпроводимости. Магнитные свойства сверхпроводников. Высокотемпературная сверхпроводимость. Керамические сверхпроводники. Применение сверхпроводников.</p> <p>2.5. Виды электропроводящей керамики. Терморезисторы. Основные технические характеристики терморезисторов. Позисторы. Влияние состава и добавок. Варисторы. Статическое и динамическое электросопротивление. Коэффициент нелинейности. Постоянная нелинейности. Газовые сенсоры.</p>
3	Поляризация диэлектриков	<p>3.1. Виды поляризации Электрический момент диполя. Электронная ионная, дипольная поляризация. Самопроизвольная (спонтанная) поляризация.</p> <p>3.2. Диэлектрическая проницаемость и ее зависимость от различных факторов. Поляризованность. Диэлектрическая восприимчивость. Факторы, влияющие на диэлектрическую проницаемость: частота переменного поля, температура, давление, влажность, напряженность электрического поля, модификационные превращения. Температурный коэффициент емкости и диэлектрической проницаемости. Линейные и нелинейные диэлектрики. Ток смещения и ток абсорбции.</p> <p>3.3. Диэлектрические потери. Векторная диаграмма токов и напряжений. Угол потерь. Виды диэлектрических потерь. Релаксационные потери. Ионизационные потери. Резонансные потери. Влияние различных факторов на диэлектрические потери: частота переменного поля, температура, напряженность электрического поля, химический состав и структура материалов, влажность.</p>
4	Виды керамических диэлектриков	<p>4.1. Электроизоляционные керамические материалы. Основные технические характеристики. Конденсаторная керамика.</p> <p>4.2. Сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков. Температура Кюри. Диэлектрический гистерезис. Природа сегнетоэлектричества. Физический механизм возникновения спонтанной поляризации. Применение сегнетоэлектриков (вариконды, ячейки памяти, электрооптические модуляторы, материалы нелинейной оптики). Антисегнетоэлектричество.</p> <p>4.3. Электреты. Способы создания и виды электретов: термо-, фото-, магнето-, радио-, механоэлектреты. Состав, свойства и применение электретов в микрофонах, телефонах, гидрофонах, звукоснимателях, сенсорах.</p> <p>4.4. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэффект. Пьезомодуль. Продольный и поперечный пьезоэффект. Пьезоэлектрические свойства кварца. Пьезоэлектрические кристаллы и их применение. Электрострикция.</p>



		4.5. Пирозлектрики. Пирозлектрический эффект. Пирозлектрический коэффициент. Первичный и вторичный пирозэффекты. Материалы, обладающие пирозлектрическим эффектом и их применение.
5	Магнитные свойства кристаллов	5.1. Основные понятия о магнетизме. Магнитный момент, намагниченность, магнитная восприимчивость, магнитная индукция, магнитная проницаемость.  Классификация магнитных веществ. Основные понятия о явлениях диа-, пара-, ферри- и ферромагнетизма. Упорядоченные и неупорядоченные магнетики.  5.2. Природа ферромагнетизма. Ферромагнетики. Доменная структура ферромагнетика. Магнитная текстура. Процессы при намагничивании ферромагнетиков.  Кривая намагничивания. Магнитный гистерезис. Магнитострикция.  5.3. Ферриты. Структура, составы, и магнитное упорядочение ферритов (на примере шпинелей). Свойства и применение ферритов.
6	Электрические свойства многофазных керамических материалов	6.1. Структура керамических материалов. Основные структурные составляющие керамических материалов и их характеристика. Микроструктура керамических материалов.  6.2. Моделирование структур и расчет электрических свойств керамических материалов. Матрицы с параллельным и последовательным расположением фаз. Матрица с диспергированной фазой. Расчет электрических свойств многофазных материалов. Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости статических смесей.
7	Методы измерения электрических свойств полупроводниковых и диэлектрических керамических материалов.	7.1. Кондуктометрические измерения материалов. Требования к форме и размерам образцов и электродов. Методы измерения поверхностного и объемного электросопротивления. Измерение электросопротивления на приборах: омметры, килоомметры, мегаомметры, тераомметры.  7.2. Измерение диэлектрических свойств материалов. Форма образцов и электродов. Расчетные формулы определения диэлектрической проницаемости.  7.3. Сведения о приборах для измерения электрических свойств. Диэлектрические измерения на приборах МЛЕ-1, Е8-3, ТКЕ-1,  ИПП-1.

### 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	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	<p>Технология повышения коммуникативной компетентности</p> <p>Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p>	ПК-1 - Способен подбирать оборудование по заданной производительности и выполнять и технологические расчеты процессов получения изделий из высокотемпературных неметаллических материалов.	У-2 - Анализировать результаты расчетов основных процессов производства высокотемпературных неметаллических материалов и изделий и делать выводы о возможности реализации технологического процесса
-----------------------------	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Электрофизические основы производства материалов электроники и нанoeлектроники

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Орликов, , Л. Н.; Технология приборов оптической электроники и фотоники : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/13992.html> (Электронное издание)
2. Орликов, , Л. Н.; Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1 : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/13990.html> (Электронное издание)
3. Орликов, , Л. Н.; Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 2 : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/13991.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Семериков, И. С.; Электрофизические основы и электрические свойства керамических материалов : Учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2003 (20 экз.)
2. Антипов, Б. Л., Сорокин, В. С., Терехов, В. А.; Материалы электронной техники : Задачи и вопросы : Учеб. пособие для ВУЗов по спец. электрон. техники.; Высшая школа, Москва; 1990 (9 экз.)
3. Пасынков, В. В., Сорокин, В. С.; Материалы электронной техники : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям электрон. техники.; Лань, Санкт-Петербург; 2001 (23 экз.)
4. Антипов, Б. Л., Сорокин, В. С., Терехов, В. А.; Материалы электронной техники: Задачи и вопросы : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности электр. техники.; Лань, Санкт-Петербург; 2001 (7 экз.)
5. Пасынков, В. В., Сорокин, В. С.; Материалы электронной техники : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям электрон. техники.; Лань, СПб. ; Москва ; Краснодар; 2003 (49 экз.)

6. Сорокин, В. С.; Материалы и элементы электронной техники : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. бакалавров, магистров и специалистов 210100 "Электроника и микроэлектроника" : в 2 т. Т. 1. ; Академия, Москва; 2006 (12 экз.)
7. Сорокин, В. С.; Материалы и элементы электронной техники : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. и специальностям "Электроника и микроэлектроника" : в 2 т. Т. 2. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники; Академия, Москва; 2006 (10 экз.)
8. , Тареев, Б. М., Короткова, Н. Е., Петров, В. М., Преображенский, А. А.; Электрорадиоматериалы : Учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1978 (14 экз.)
9. ; Керамические материалы; Стройиздат, Москва; 1991 (6 экз.)
10. Тареев, Б. М.; Физика диэлектрических материалов : Учеб. пособие для вузов.; Энергоиздат, Москва; 1982 (7 экз.)
11. Летюк, Л. М.; Химия и технология ферритов : Учеб. пособие для вузов.; Химия, Ленинград; 1983 (5 экз.)
12. Ротенберг, Б. А.; Керамические конденсаторные диэлектрики; Гириконд, Санкт-Петербург; 2000 (5 экз.)
13. Горелик, С. С., Дашевский, М. Я.; Материаловедение полупроводников и диэлектриков : Учебник для вузов.; Металлургия, Москва; 1988 (17 экз.)

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

Не используются

### **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**

Не используются

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Электрофизические основы производства материалов электроники и нанoeлектроники**

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

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 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>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
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>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
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>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Вакуумная техника**

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	Носов Александр Павлович	доктор физико- математических наук, старший научный сотрудник	Профессор	технологии стекла

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 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	Физика вакуума	Понятие о давлении и вакууме. Газовые законы. Понятие о степенях вакуума
2	Механические методы получения вакуума	Конструкции объёмных вакуумных насосов. Конструкции молекулярных вакуумных насосов
3	Физико-химические методы получения вакуума	Конструкции испарительных вакуумных насосов. Конструкции сорбционных вакуумных насосов. Конструкции криогенных вакуумных насосов
4	Измерение общих давлений	Деформационные преобразователи. Гидростатические преобразователи. Тепловые преобразователи. Электронные преобразователи. Магнитные преобразователи
5	Измерение парциальных давлений	Квадрупольные газоанализаторы. Магнитные газоанализаторы. Методы течеискания. Материалы, применяемые в вакуумной технике

## 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	целенаправленная работа с	Технология повышения	ОПК-1 - Способен формулировать и	Д-1 - Демонстрировать

	информацией для использования в практических целях	коммуникативной компетентности Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	умение эффективно работать в команде
--	--	--	--	--------------------------------------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Вакуумная техника

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Хабляян, М. Х.; Вакуумная техника: оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация : учебное пособие. 1. Инженерно-физические основы; Казанский научно-исследовательский технологический университет, Казань; 2013; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258831> (Электронное издание)
2. Хабляян, М. Х.; Вакуумная техника: оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация : учебное пособие. 2. Вакуумные насосы; Казанский научно-исследовательский технологический университет, Казань; 2016; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500916> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Розанов, Л. Н.; Вакуумная техника : Учебник для вузов по спец. "Электрон. машиностроение".; Высш. шк., Москва; 1990 (43 экз.)
2. Розанов, Л. Н.; Вакуумная техника : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Электрон. машиностроение" направления подгот. "Электроника и микроэлектроника".; Высшая школа, Москва; 2007 (25 экз.)
3. Розанов, Л. Н.; Вакуумная техника : учебник для вузов по специальности "Полупроводниковое и электровакуум. машиностроение".; Высшая школа, Москва; 1982 (36 экз.)

### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

### 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

Не используются

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Вакуумная техника

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. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES



		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</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>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физическая химия 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	Павлова Ирина Аркадьевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	химической технологии керамики и огнеупоров

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Новых материалов и технологий**

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 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	Современные представления о природе реальных кристаллов	Идеальные и реальные кристаллы. Классификация дефектов. Макро- и микродефекты кристаллической решётки. Точечные дефекты (типы, характеристики, механизмы образования). Обозначения точечных дефектов. Квазихимические реакции образования точечных дефектов. Эффективные заряды дефектов. Электронные дефекты. Условие электронейтральности кристалла с дефектами. Способы образования и источники точечных дефектов в кристаллах. Влияния дефектов на свойства кристаллов: электропроводность, подвижность, типы проводимости.
2	Тепловые (термические) дефекты	Тепловые колебания атомов в кристаллической решетке. Роль тепловых колебаний атомов в образовании точечных дефектов. Термодинамика точечных (тепловых) дефектов. Изменение энергии Гиббса при образовании дефектов в кристалле.  Равновесные и неравновесные дефекты. Равновесная концентрация точечных дефектов. Зависимость концентрации тепловых дефектов от температуры. Энергия образования дефектов. Доминирующие дефекты. Определение концентрации и энергии образования тепловых дефектов. Равновесие тепловых дефектов в кристаллах простых веществ и соединений.  Константа равновесия. Случаи теплового разупорядочения по Шоттки и по Френкелю в одно- и двухкомпонентных кристаллах.

3	Дефекты нестехиометрии	<p>Понятие стехиометрии и нестехиометрии. Возникновение дефектов нестехиометрии в кристаллах. Равновесие между кристаллом и его паром. Квазихимические реакции образования</p> <p>нестехиометрических дефектов при взаимодействии кристалла с газовой фазой. Зависимость концентрации дефектов нестехиометрии от парциального давления пара собственных компонентов. Диаграмма Броуэра. Обобщенная формула зависимости концентрации дефектов нестехиометрии от температуры и давления. Экспериментальное определение энергии образования дефектов нестехиометрии. Дефекты нестехиометрии. Равновесие дефектов нестехиометрии в кристаллах</p>
4	Примесные дефекты	<p>Механизмы внедрения примесных атомов в структуру кристалла. Твердые растворы замещения и внедрения. Изовалентное и гетеровалентное замещение. Донорные и акцепторные примеси в кристаллах. Механизмы компенсации заряда при гетеровалентном замещении. Влияние примесных дефектов на свойства кристаллов. Легирование. Условия равновесия дефектов в кристалле в случае внедрения примесей донорного и акцепторного типа. Влияние примесных дефектов на концентрацию собственных дефектов в кристаллах</p>
5	Влияние дефектов на кристаллическую структуру	<p>Фазовый и структурный анализ. Рентгенография. Прецизионное определение параметров элементарной ячейки. Формулы для расчета структурных параметров. Плотность кристаллов. Влияние электронных и ионных дефектов на структурные параметры и плотность.</p>
6	Протяжённые дефекты	<p>Понятие дислокации. Краевые дислокации. Обозначение дислокаций. Контур Бюргерса и вектор Бюргерса. Определение дислокации. Винтовые дислокации. Образование дислокаций.</p> <p>Образование дислокаций за счет тепловых флуктуаций, в результате механических воздействий, при росте кристаллов. Энергия образования дислокаций. Движение дислокаций. Скольжение. Переползание. Плоскость скольжения. Методы обнаружения и исследования дислокаций. Декорирование. Химическое травление.</p>
7	Явления переноса в кристаллах с дефектами	<p>7.1. Диффузия.</p> <p>Виды диффузии. Основные механизмы диффузии. Хаотическая диффузия. Коэффициент хаотической диффузии. Влияние температуры на величину коэффициента диффузии. Энергия активации диффузии. Влияние примесей на величину коэффициента диффузии. Направленная диффузия. Диффузия, обусловленная концентрационным градиентом. Стационарная диффузия. Первый закон Фика. Второй закон Фика. Гетеродиффузия. Взаимная диффузия. Эффекты Френкеля и Киркендала. Диффузионная ползучесть. Уравнение Даркена.</p> <p>7.2 Электрическая проводимость</p>

		<p>Основные понятия об электропроводности кристаллов. Носители заряда в полупроводниках и диэлектриках. Связь подвижности и электропроводности с коэффициентом хаотической диффузии. Уравнение Нернста-Эйнштейна.</p> <p>Механизмы электропроводности в ионных кристаллах. Ионная проводимость. Зависимость электрической проводимости от температуры. Влияние парциального давления компонентов на электропроводность. Энергия активации электрической проводимости. Собственная и примесная проводимость ионных кристаллов. Ионные кристаллы с электронно-дырочной проводимостью. Прыжковая проводимость. Твердые электролиты. Электропроводность примесных полупроводников. Числа переноса. Определение чисел переноса.</p> <p>7.3 Электрохимический импеданс</p> <p>Вводные понятия в теорию измерений на переменном токе. Электрохимическая ячейка. Электрические эквивалентные схемы. Примеры годографов импеданса для различных схем. Влияние дефектов.</p>
8	Керамические материалы с ионной и электронной проводимостью	Твердые электролиты. Суперионные проводники. Сверхпроводники. Электродные материалы. Мембраны. Области применения
9	Реакционная способность твердых тел и гетерогенные процессы	<p>Стадии твердофазных химических реакций. Степень превращения. Скорость реакции. Феноменологические уравнения, описывающие кинетику твердофазных реакций. Диффузионные модели. Влияние дефектов на механизм и кинетику твердофазных реакций. Связь константы скорости реакции с концентрацией дефектов и коэффициентами диффузии. Влияние примесных и протяженных дефектов на механизм твердофазных реакций. Химия интеркаляции. Гетерогенный катализ</p>

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

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Формирование социально-значимых ценностей	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология повышения коммуникативной компетентности Технология формирования	ПК-3 - Способен на основе анализа технологических процессов производства высокотемпературных неметаллических	У-3 - Анализировать физико-химические и технологические свойства высокотемпературных

		уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	материалов разрабатывать предложения и рекомендации по их совершенствованию.	неметаллических материалов и изделий и устанавливать их влияние на качество готовой продукции П-3 - Предлагать пути совершенствования технологических процессов на основе анализа физико-химических и технологических свойств высокотемпературных неметаллических материалов и изделий
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Физическая химия твердого тела

#### Электронные ресурсы (издания)

1. , Дмитриев, И. А., Кийко, В. С., Благинина, Л. А.; Физическая химия твердого тела : метод. разраб. к лаб. работам для студентов оч. формы обучения по специальности 251000 - Технология монокристаллов, материалов и изделий электрон. техники.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2004; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1589> (Электронное издание)
2. 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)
3. Артамонова, , О. В.; Химия твердого тела : учебное пособие.; Ай Пи Ар Медиа, Москва; 2021; <http://www.iprbookshop.ru/108355.html> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Ковтуненко, П. В.; Физическая химия твердого тела: Кристаллы с дефектами : Учеб. для вузов по спец. "Хим. технология материалов и изделий электрон. техники".; Высш.шк., Москва; 1993 (14 экз.)
2. Чеботин, В. Н., Козлова, В. И., Михайлов, А. Я.; Физическая химия твердого тела; Химия, Москва; 1982 (23 экз.)
3. Ковтуненко, П. В.; Физическая химия твердого тела: Кристаллы с дефектами : [Учеб. для вузов по спец. "Хим. технология материалов и изделий электрон. техники"].; Высшая школа, Москва; 1993 (12 экз.)

экз.)

4. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 1. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)

5. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 2. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)

6. Ковтуненко, П. В.; Физическая химия твердого тела: Кристаллы с дефектами : Учеб. для вузов по спец. "Хим. технология материалов и изделий электрон. техники" .; Высш.шк., Москва; 1993 (14 экз.)

7. Кнотьюко, А. В., Пресняков, И. А., Третьяков, Ю. Д.; Химия твердого тела : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 020101 (011000) "Химия" .; Академия, Москва; 2006 (33 экз.)

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

Не используются

### **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**

Не используются

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Физическая химия твердого тела**

**Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
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>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
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>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES