

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем  
Академик РАН

  
В.М. Иевлев

17.04.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.07.02 Ферроики**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:** 04.03.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализация:** материаловедение и индустрия наносистем
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:** Даринский Борис Михайлович, доктор физико-математических наук профессор
- 7. Рекомендована:** Научно-методический совет химического факультета протокол №4 от 11.04.2024

---

*отметки о продлении вносятся вручную)*

**8. Учебный год:** 2027-2028

**Семестр(ы):** 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью изучения является освоение студентами физической природы, закономерностей образования и свойств фаз в кристаллах, имеющих различные симметрии.

1. Формирование у студентов умений и навыков использования методов теории групп симметрии, теорий классической и квантовой физики твердого тела в самостоятельной практической деятельности.

2. Формирование у студентов научного мировоззрения, творческого мышления и навыков самостоятельной познавательной деятельности в области материаловедения и физики фазовых переходов.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Б1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения данной дисциплины, студент должен предварительно изучить следующие дисциплины: Математика; Физика; Структурная химия и кристаллохимия;. Данная дисциплина является предшествующей для дисциплин: Материаловедение; Наноматериалы; Материалы для электронной техники; Перспективные функциональные материалы.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен использовать знания о методах синтеза и свойствах материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, для решения профессиональных задач	ПК-2.1	Способен выбирать методы синтеза материалов различного назначения (в том числе наноматериалов) в соответствии с поставленной задачей	<b>знать:</b> классификацию, структуру, свойства ферроиков различных классов, температурные и полевые зависимости кинетических коэффициентов ферроиков, механизмы формирования гистерезиса, методы исследования и области применения. <b>уметь:</b> использовать знания для выбора материалов в создании устройств новой техники. <b>владеть:</b> навыками проведения самостоятельных экспериментальных исследований в области ферроиков различных классов с целью изучения их свойств и возможных применений
		ПК-2.2	Способен использовать знания о свойствах материалов для решения конкретных профессиональных задач	<b>знать:</b> методы исследования современных материалов и технологии их получения. <b>уметь:</b> решать практические задачи по оптимизации технологий получения современных материалов <b>владеть:</b> навыками проведения самостоятельных экспериментальных исследований в области ферроиков различных классов с целью изучения их свойств и возможных применений.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. 3/108

Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой.

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			№ семестра	№ семестра 7	...
Контактная работа		84		84	
в том числе:	лекции	34		34	
	практические	50		50	
	лабораторные				
	курсовая работа				
Самостоятельная работа		24		24	
Промежуточная аттестация					
Итого:		108		108	

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Группы симметрии кристаллов и их представления.	Серые, белые черно-белые группы. Скалярные, векторные, тензорные представления. Тензорные базисы представлений	
1.2	Классификация фаз по параметру порядка	Скалярные, t-четные и t-нечетные векторные параметры порядка, однородные и неоднородные поля параметров порядка.	
1.3	Феноменологическая теория фазовых переходов	Неравновесный термодинамический потенциал. Условие равновесия фазы. Стабильные метастабильные состояния. Температурная зависимость параметра порядка и теплоемкости. Фазовые переходы первого и второго рода.	
1.4	Сегнетоэлектрики	Примеры сегнетоэлектрических кристаллов разной симметрии. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости и вектора спонтанной поляризации. Поле переполаризации. Домены, доменные структуры, доменные границы. Физические механизмы фазовых переходов.	
1.5	Магнетики	Примеры магнитных кристаллов разной симметрии. Обменная энергия. Температурная зависимость вектора спонтанной намагниченности. Домены, доменные структуры, доменные границы.	
1.6	Сегнетоэластики	Примеры сегнетоэластических кристаллов разной симметрии. Температурная зависимость модулей упругости.	
1.7	Магнитоэлектрики	Примеры магнитоэлектриков. Термодинамика фазовых переходов. Доменные границы.	
1.8	Несоразмерные фазы	Термодинамика фазовых переходов. Температурные зависимости параметра порядка и макроскопических характеристик.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Группы симметрии кристаллов и их	Серые, белые черно-белые группы. Скалярные, векторные, тензорные представления. Тензорные	

	представления.	базисы представлений	
2.2	Классификация фаз по параметру порядка	Скалярные, t-четные и t-нечетные векторные параметры порядка, однородные и неоднородные поля параметров порядка.	
2.3	Феноменологическая теория фазовых переходов	Неравновесный термодинамический потенциал. Условие равновесия фазы. Стабильные метастабильные состояния. Температурная зависимость параметра порядка и теплоемкости. Фазовые переходы первого и второго рода.	
2.4	Сегнетоэлектрики	Температурная зависимость диэлектрической проницаемости и вектора спонтанной поляризации. Поле переполяризации	
2.5	Магнетики	Термодинамика магнитных фазовых переходов.	
2.6	Сегнетоэластики	Термодинамика сегнетоэластических фазовых переходов.	
2.7	Магнитоэлектрики	Термодинамика магнитоэлектрических фазовых переходов.	
2.8	Несоразмерные фазы	Термодинамика несоразмерных фазовых переходов.	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.1	Группы симметрии кристаллов и их представления.	2	2		3	7
1.2	Классификация фаз по параметру порядка	10	12		3	22
1.3	Феноменологическая теория фазовых переходов	8	10		3	21
1.4	Сегнетоэлектрики	4	6		3	14
1.5	Магнетики	4	8		3	15
1.6	Сегнетоэластики	2	4		3	9
1.7	Сегнетоферроэлектрики	2	4		3	9
1.8	Несоразмерные фазы	2	4		3	9
	Итого:	34	50		24	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины, необходимо

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Материаловедение [Электронный ресурс] : Учебное пособие / С. И. Богодухов [и др.] .— Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013 .— 198 с.
2	Материаловедение [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Ю. П. Земсков [и др.] .— Материаловедение, 2019-05-18 .— Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2013 .— 200 с.
3	Материаловедение [Электронный ресурс] : Учебное пособие / И. М. Жарский [и др.] .— Материаловедение, 2019-06-01 .— Минск : Вышэйшая школа, 2015 .— 558 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Эшби, М. Конструкционные материалы. Полный курс : [учебное пособие] : пер. 3-его англ. изд. под. ред. С.Л.Баженова / М. Эшби, Д. Джонс .— Долгопрудный : Интеллект, 2010 .— 671

	с.
5	Реслер, И. Механическое поведение конструкционных материалов : [учебное пособие] / И. Реслер, Х. Хардерс, М. Бекер ; пер. с нем. С.Л. Баженова .— Долгопрудный : Интеллект, 2011 .— 502 с.
6	Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения = Physical foundations of materials science : [учебник] / Г. Готтштайн ; пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина под ред. В.П. Зломанова .— М. : Бином. Лаборатория знаний, 2009 .— 400 с.
7	Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С.Л. Баженов [и др.] .— Долгопрудный : Интеллект, 2010 .— 347 с
8	Пейсахов, А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник для студентов немашиностроит. специальностей / Пейсахов А. М., Кучер А. М. — 3-е изд. — СПб. : Изд-во Михайлова В. А., 2005 .— 410 с.
9	Уорден, К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение / К. Уорден ; пер. с англ. под ред. С.Л. Баженова .— М. : Техносфера, 2006 .— 223 с.
10	Третьяков Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов. / Ю.Д. Третьяков, В.П. Путляев - М. : Наука, 2006. - 400 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Источник
11	<a href="https://www.lib.vsu.ru">https://www.lib.vsu.ru</a> Зональная научная библиотека ВГУ
12	<a href="http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov">http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov</a> Центральный металлический портал РФ. Марки металлов
13	<a href="http://www.materialscience.ru">http://www.materialscience.ru</a> Материаловедческий портал

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** типовое оборудование учебной аудитории

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Группы симметрии кристаллов и их представления.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
2	Классификация фаз по параметру порядка			
3	Феноменологическая теория фазовых			

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	переходов			
4	Сегнетоэлектрики			
5	Магнетики			
6	Сегнетоэластики			
7	Сегнетоферроэлектрики			
8	Несоразмерные фазы			
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				Перечень вопросов

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к зачету и порядок формирования КИМ:

1. Серые, белые черно-белые группы. Скалярные, векторные, тензорные представления. Тензорные базисы представлений .
2. Скалярные, t-четные и t-нечетные векторные параметры порядка, однородные и неоднородные поля параметров порядка..
3. Феноменологическая теория фазовых переходов. Фазовые переходы первого и второго рода
4. Стабильные метастабильные состояния
5. Температурная зависимость параметра порядка и теплоемкости.
6. Неравновесный термодинамический потенциал. Условие стабильности фазы
7. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости и вектора спонтанной поляризации. Поле переполяризации
8. Термодинамика сегнетоэластических фазовых переходов.
9. Термодинамика магнетоэлектрических фазовых переходов.
10. Термодинамика несоразмерных фазовых переходов.
11. Квантовый механизм магнитоэлектрических фазовых переходов.
12. Антиферроэлектрические фазы.
13. Антиферромагнитные фазы.
14. Дисторсионные фазовые переходы.
15. Поле переключения в сегнетоэлектриках и гистерезис.
16. Поле переключения в ферромагнетиках и гистерезис.
17. Термодинамическое описание неоднородных ферроиков.
18. Домены в сегнетоэлектриках.
19. Домены в ферромагнетиках.
20. Доменные границы в сегнетоэлектриках.
21. Доменные границы в ферромагнетиках.
22. Доменные границы в магнетоэлектриках

Каждый КИМ содержит 2 вопроса из разных разделов программы.

Описание технологии проведения

На подготовку письменного ответа на вопросы КИМ (на листах ответов) даётся 60 минут, после этого проводится устная беседа.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели: владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области синтеза и применения ферроиков</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным теоретическими основами дисциплины, способен охарактеризовать основные классы ферроиков, допускает ошибки и неточности при ответе</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен охарактеризовать основные классы ферроиков, не умеет применять полученные знания на практике</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при ответе на вопросы КИМа и дополнительные вопросы.</i>	<i>Неудовлетворительно</i>