

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени В. И. ВЕРНАДСКОГО»  
**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
(наименование академии, института (филиала))

УТВЕРЖДАЮ

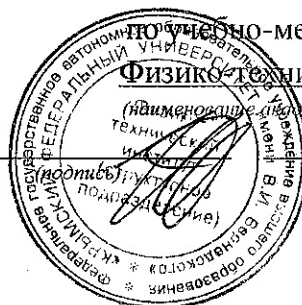
Заместитель директора  
по учебно-методической работе

**Физико-технического института**

(наименование академии, института (филиала))

Рыбась А. Ф.

(ФНО)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Кристаллофизика**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность)

**03.06.01 Физика и астрономия**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность программы

**Физика конденсированного состояния**

(наименование направленности программы)


Форма обучения **очная**

(очная, очно-заочная, заочная)

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с СУОС КФУ, утвержденным приказом ректора № 696/1 от «30» августа 2019 года.

## РАЗРАБОТАНО

Зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор  
(должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

Стругацкий М.Б.  
(ФИО)

## СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой  
Физики конденсированных сред,  
физических методов и информационных  
технологий в медицине  
(наименование кафедры, разработчика РПД)

  
(подпись)

Стругацкий М.Б.  
(ФИО)

Председатель  
учебно-методической комиссии  
Физико-технического института  
(наименование академии, института (филиала), реализующей дисциплину)

  
(подпись)

Рыбась А.Ф.  
(ФИО)

**Распределение объема дисциплины по видам работы**

Общий объем дисциплины	з.е.	6
Общий объем дисциплины	час	216
Объем аудиторной работы	час.	36
в том числе:		
лекции	час.	16
лабораторные работы	час.	
практические занятия (семинары)	час.	20
Объем самостоятельной работы	час.	180
в том числе		
экзамен	час.	

**Виды текущего контроля самостоятельной работы**

Вид	Семестр
Курсовой проект / работа	3
Коллоквиум	
Расчетно-графическая работа	
Контрольная работа	
Реферат	
Эссе	
Творческое задание в области искусства	
Учебная история болезни	

**Формы промежуточной аттестации**

Форма	Семестр
Экзамен	
Дифференцированный зачет	2, 3
Зачет	

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Код(ы) и содержание компетенции(й) (согласно СУОС КФУ):

### 03.06.01 Физика и астрономия

ПК-7 – способен самостоятельно и в коллективе осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области кристаллофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**ЗНАТЬ:** Общие симметричные и теоретические закономерности физических свойств кристаллов, симметричную взаимосвязь этих свойств и их зависимость от внешних воздействий.

**УМЕТЬ:** Анализировать свойства кристалла и воздействие на него с точки зрения симметрии.

**ВЛАДЕТЬ:** Математическим аппаратом теории групп симметрии, основами тензорного анализа.

## 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Кристаллофизика – один из спецкурсов, читаемых аспирантам, специализирующимся по физике конденсированного состояния. Кристаллофизика изучает свойства кристаллов в связи с их структурой и симметрией. Освоение этого курса требует подготовки в рамках университетской программы по физике конденсированного состояния, включающей основные курсы общей и теоретической физики, а также математического анализа, дифференциальной геометрии, тензорного анализа, теории групп симметрии кристаллов.

### 3.1. Содержание лекций

Разделы, темы, дидактические единицы <sup>1</sup>
<b>СИММЕТРИЯ ТЕНЗОРОВ ВЫСШИХ РАНГОВ.</b> Тензоры и псевдотензоры высших рангов. Внутренняя симметрия тензоров и соотношения дуальности. Бескоординатная запись тензоров. Инвариантные дифференциальные операции над тензорами.
<b>ТЕРМОДИНАМИКА КРИСТАЛЛОВ.</b> Внутренняя энергия и термодинамический потенциал кристалла. Пьезоэлектрический эффект и его симметрия. Совместное решение уравнений электро- и эластостатики кристаллов. Инвариантные и неинвариантные термодинамические потенциалы и их матрицы. Зависимость термодинамических коэффициентов от условий измерения.

<sup>1</sup> Дидактическая единица – логически самостоятельная часть учебного материала, по своему объему и структуре соответствующая таким компонентам содержания как понятие, теория, закон, явление, факт, объект и т.п..

### МАГНИТНАЯ СИММЕТРИЯ В КРИСТАЛЛОФИЗИКЕ.

Обращение отсчета времени и антисимметрия. Точечные группы магнитной симметрии. Пространственные группы магнитной симметрии – шубниковские группы. Магнитная симметрия кристаллов.

### ЭФФЕКТЫ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ.

Термодинамическое рассмотрение нелинейных эффектов. Пьезорезистивный эффект. Принцип Онсагера и термогальваномагнитные эффекты. Электрооптический и пьезооптический эффекты. Искусственная оптическая анизотропия кристаллов.

## 3.2. Наименование лабораторных работ

Разделы, наименование лабораторных работ

## 3.3. Содержание практических занятий (семинаров)

Разделы, темы, дидактические единицы
<b>СИММЕТРИЯ ТЕНЗОРОВ ВЫСШИХ РАНГОВ.</b> Внешняя симметрия и изображение тензоров и псевдотензоров. Метод прямой проверки. Циклические координаты.
<b>ТЕРМОДИНАМИКА КРИСТАЛЛОВ.</b> Упругие волны в пьезоэлектрических кристаллах.
<b>МАГНИТНАЯ СИММЕТРИЯ В КРИСТАЛЛОФИЗИКЕ.</b> Геометрическая реализация расширенной ортогональной группы. Тензоры, определенные на расширенной ортогональной группе.
<b>ЭФФЕКТЫ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ.</b> Нелинейная поляризация при распространении электромагнитных волн большой интенсивности. Генерация световых гармоник. Направления синхронизма.

## 3.4. Содержание самостоятельной работы

Разделы, темы, дидактические единицы
<b>СИММЕТРИЯ ТЕНЗОРОВ ВЫСШИХ РАНГОВ.</b> Теорема Германа. Применение теории представлений групп к вопросам симметрии тензоров. Изотропные и гиротропные тензоры.
<b>ТЕРМОДИНАМИКА КРИСТАЛЛОВ.</b> Изменение симметрии кристаллов при фазовых переходах второго рода. Изменение физических свойств кристаллов при фазовых переходах второго рода. Математические методы теории фазовых переходов.

МАГНИТНАЯ СИММЕТРИЯ В КРИСТАЛЛОФИЗИКЕ.

Пьезомагнитный и магнитоэлектрический эффекты.

ЭФФЕКТЫ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ.

Оптическая активность кристаллов. Искусственная оптическая активность. Акустическая активность кристаллов.

#### 4. Контроль результатов обучения по дисциплине

**Текущий контроль и промежуточная аттестация** осуществляется в соответствии с «Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского» и «Порядком применения балльно-рейтинговой системы оценивания успеваемости обучающихся по основным профессиональным образовательным программам высшего образования ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского».

Вид(ы) промежуточной аттестации – *дифференцированный зачет.*

Форма(ы) проведения промежуточной аттестации – *накопительно по результатам текущего контроля.*

Оценочные средства по дисциплине приведены в Приложении

#### 5. Учебно-методическое обеспечение

##### 5.1. Основная учебная литература

1. Владимиров Г.Г. Физика поверхности твердых тел. Издательство "Лань", ISBN: 978-5-8114-1997-5, 2016 г., 352 стр. <https://e.lanbook.com/book/71707?category=925>
2. Самолетов В.А., Тамбулатова Е.В. Физика. Лабораторные работы по физике твердого тела: учебно-методическое пособие. Издательство: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2017г., 71 стр. <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2183.pdf>
3. Курс физики (в 3 тт.). Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие. Издательство "Лань", ISBN: 978-5-8114-0687-6, 2019 г., 320 стр. <https://e.lanbook.com/book/123463>

##### 5.2. Дополнительная учебная литература

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Квантовая механика (сер. теор. физ., Т3). М.: Наука, 1974
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика (сер. теор. физ., Т3). М.: Наука, 1976
3. М.П. Шаскольская. Кристаллография. М.: Высш. шк., 1984
4. Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская. Основы кристаллофизики. М.: Высш. шк., 1984
5. Современная кристаллография. в 4-х т.т. (Под ред. акад. Б.К. Вайнштейна) М.: Наука, 1979-1981
6. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. М.: Мир, 1979
7. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978
8. Физика твердого тела: учеб. пособие/ В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. - 218 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).

9. Физика твердого тела: учеб. пособие/ Г. И. Епифанов. - Изд. 4-е, стер. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2011. - 287, 1 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).
10. Курс общей физики: учеб. пособие: в 5 т. - Изд. 5-е, испр. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. - (Классическая учебная литература по физике). - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Тит. л. рус., англ. - ISBN 978-5-8114-1206-8.
11. Курс общей физики: учеб. пособие для студентов вузов/ М. Г. Валишев, А. А. Повзнер. - Изд. 2-е, стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. - 573 с.: ил., табл. - (Учебники для вузов. Специальная литература).
12. Ляпин Е.С. Упражнения по теории групп [Текст] : учеб. пособие / Е. С. Ляпин, А. Я. Айзенштат, М. М. Лесохин. - Изд. 2-е, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 264 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 263-264 (28 назв.). - ISBN 978-5-8114-1015-6.
13. Каргаполов М.И. Основы теории групп [Текст]: учеб. пособие / М. И. Каргаполов, Ю. И. Мерзляков. - Изд. 5-е, стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2009. - 287 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 280-281 (53 назв.). - ISBN 978-5-8114-0894-8.
14. Ушакова Е.В. Введение в физику твердого тела: конспект лекций: учебное пособие. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015г., 97 стр.
15. Матухин В.Л., Ермаков В.Л. Физика твердого тела. Издательство "Лань", ISBN: 978-5-8114-0923-5, 2010 г., 224 стр.
16. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие. Издательство "Техносфера", ISBN: 978-5-94836-327-1, 2012 г., 560 стр.
17. Разумовская И.В. Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки: учебное пособие. Издательство "Прометей", ISBN: 978-5-4263-0032-3, 2011 г., 64 стр.
18. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. Издательство "Лань", ISBN: 978-5-8114-1001-9, 2011 г., 288 стр.
19. Федотов А.К. Физическое материаловедение. В 3 ч. Ч. 1. Физика твердого тела. Издательство "Высшая школа", ISBN: 978-985-06-1918-1, 2010 г., 400 стр.
20. Федоров Б.В., Нерадовский Д.Ф. Элементы физики твердого тела. Издательство: Тюменский индустриальный университет, ISBN: 978-5-9961-0557-1, 2012 г., 236 стр.

### 5.3. Методические материалы

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1  
2  
Н  
И  
Р  
В  
Л  
N  
N  
K  
"  
H

**6. Перечень информационных технологий, используемых в образовательной деятельности**

Указывается перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

## **7. Перечень применяемых современных образовательных технологий<sup>2</sup>**

*Указывается перечень современных образовательных технологий (при необходимости)*

## **8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательной деятельности**

Учебная литература, компьютеры.

---

<sup>2</sup> Электронное обучение, дистанционные образовательные технологии; интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги, анализ ситуаций и имитационных моделей и т.п.