

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 23.09.2022 12:11:02
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП



Б.Б.Педько

«28»

июня

2022 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Фазовые переходы

Направление подготовки

03.03.02 Физика

профиль

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

3 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Большакова Н.Н.

Тверь, 2022

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Кристаллография

2. Цель и задачи дисциплины

Целью дисциплины является изучение на основании свойств симметрии кристаллической структуры, кристаллических и кристаллофизических свойств твердых тел схему их классификации.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование представления о зонной теории полупроводников;
- изучение статистики носителей заряда в полупроводниках;
- знакомство с методом кинетического уравнения Больцмана для описания явлений переноса;
- изучение эффектов, сопровождающих контактные явления в полупроводниках;
- описание современного состояния достижений в области физики полупроводников;
- подготовка студентов к изучению специальных обзоров и оригинальных работ по отдельным вопросам данной области знания.

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Кристаллография» входит в вариативную часть учебного плана ООП и изучается студентами в пятом семестре. Содержательно она закладывает основы знаний для изучения физических свойств и структуры сегнетоэлектрических материалов. Учебная дисциплина непосредственно связана с дисциплинами «Введение в физику конденсированного состояния вещества», «Физика конденсированного состояния вещества» и «Современные методы исследования твердых тел».

Уровень начальной подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины «Кристаллография»: для успешного освоения дисциплины обучающийся должен иметь представление о молекулярно-кинетической

теории вещества, использующей статистические законы, и о термодинамике, изучающей макроскопических свойств тел и явлений природы, знать основные законы механики, молекулярной физики, электродинамики и оптики, материал общефизических и математических курсов в объеме программ, принятых на физико-техническом факультете, а также статистическую физику и квантовую механику в объеме обычных университетских курсов и основные понятия кристаллофизики.

4. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 академических часа, в том числе **контактная работа:** лекции – 36 часов, лабораторные занятия – 36 часов; **самостоятельная работа:** 36 часов.

5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-1 владеть способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.</p>	<p>Знать: основные законы кристаллографии, принципы построения кристаллографических проекций, элементы симметрии кристаллических многогранников и структур, принципы классификации кристаллов по кристаллографическим системам, категориям и сингониям, основные расчетные формулы кристаллографии, основные принципы роста кристаллов, основные системы и символики описания точечных и пространственных групп кристаллов, основные типы дефектов в реальных кристаллах.</p> <p>Уметь: описать особенности симметрии различных точечных и пространственных кристаллографических классов и групп, пользоваться моделью обратной решетки, объяснять влияние вида симметрии на возможность возникновения физических свойств, использовать теорию дефектов для описания различных физических явлений в реальных кристаллах, применять полученные знания и навыки при</p>

	<p>освоении профильных физических дисциплин, а также в практической и профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть: технологией эмфатического слушания, поиском информации в глобальной сети интернет.</p>
<p>ПК-2 владеть способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p>	<p>Знать: основные законы кристаллографии и методики исследований.</p> <p>Уметь: применять законы для проведения научных исследований.</p> <p>Владеть: современными кристаллографическими методами экспериментального и теоретического исследований диэлектриков, магнетиков и других объектов.</p>
<p>ПК-3 владеть научно-инновационной деятельностью: готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований.</p>	<p>Знать: состояние и потребность высокотехнологического рынка приборостроения.</p> <p>Уметь: использовать полученные знания для инновационной деятельности.</p> <p>Владеть: необходимой информацией о состоянии патентного банка данных.</p>

6. Форма промежуточной аттестации - зачет (5 семестр).

7. Язык преподавания – русский.

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Учебная программа –наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Лабораторные занятия	
Введение. Знакомство со специальностью и ее учебным планом кафедрой. Место физики конденсированного состояния вещества в современной физической науке и ее предмет. Общие свойства твердых тел. Кристаллические и аморфные твердые тела. Предмет и задачи кристаллографии.	1	1		
Анизотропия и симметрия кристаллов. Структура кристаллов и пространственная решетка. Закон постоянства углов кристаллов.	4	2		2
Метод кристаллографического индирования. Индексы Миллера. Закон целых чисел Гаюи.	6	2	2	2
Кристаллографические проекции.	6	2	4	
Сферическая, стереографическая, гномостереографическая, гномоническая проекции и соотношения между ними. Сетка Вульфа.	4	2		2
Элементы симметрии кристаллических многогранников. Операции и элементы симметрии I-го и II-го рода. Невозможность осей 5-го порядка и порядка более 6. Теоремы о сочетании операций симметрии.	3	2		1
32 классов симметрии. Понятия точечной группы симметрии. Точечные группы (классы симметрии) и системы обозначений. Формулы симметрии. Международные классы симметрии. Символы Шенфлиса	3	2		1
Матричные представления преобразований симметрии. Кристаллографические категории сингонии и системы координат. Правила записи символов точечных групп в различных категориях.	2	1		1
Вывод и описание 32 классов симметрии кристаллов. Классификация 32 классов симметрии кристаллов по характеру симметрии. Наличие и отсутствие центра симметрии. Эnantиморфизм. Лауэвские классы симметрии. Кратность точечной группы. Понятие подгруппы. Голоэдриа. Мероэдриа. Распределение кристаллов по классам симметрии.	10	2	6	2

Предельные группы симметрии. Принцип симметрии в кристаллофизике. принцип Кюри. Принцип Неймана. принцип суперпозиции Кюри. Указательная поверхность.	8	2	4	2
Формы кристаллов. Физические различные формы кристаллов. Определение символов граней по методу косинусов. Символы граней кристаллов гексагональной и тригональной сингоций. Символы Миллера-Бравэ. Определение символов направлений (ребер). Связь между символами граней и ребер в кристаллах. Закон зон. Символы симметричных граней простых форм. Перестановка индексов.	6	1		5
Кристаллографические группы антисимметрии.	6		4	2
Симметрия структуры кристаллов. Решетки Бравэ. 4 типа решеток Браве. Трансляционная группа. Базис ячейки Бравэ. Ячейка Вигнера-Зейтца.	2	2		
Элементы симметрии структуры кристаллов.	9	2	4	3
Теоремы о сочетании операций симметрии структур. Пространственные (Федоровские) группы симметрии. Правила записи международного символа пространственной группы. правильная система точек и ее кратность. Частная и общая правильные системы точек. Распределение кристаллов по 230 пространственным группам.			2	1
Обратная решетка. Основные расчетные формулы кристаллографии.	5	2		
Дифракция в кристаллах. Микроскопическое изображение кристалла. классификация дифракционных методов исследования кристаллов по виду использованного излучения.	3	2		1
Формула Вульфа-Брегга дифракции рентгеновских лучей на кристалле. Условия (уравнения) Лауэ дифракции рентгеновских лучей на кристалле. Эквивалентность условия дифракции Вульфа-Брэгга и Лауэ. Правила отбора.	8	2	4	2
Построение (сфера) Эвальда. Экспериментальные (дифракционные) методы исследования структуры кристаллов: метод Лауэ, метод вращающегося кристалла, порошковый метод (метод Дебая-Шеррера). Зоны Бриллюэна.	3	2		1
Основные представления о росте кристаллов. Равновесная форма кристаллов. Реальные формы роста кристаллов. Закономерные сростки. Двойники. Эпитаксия. Основные представления о методах выращивания кристаллов.	4		2	2

Влияние вида симметрии на возможность возникновения свойств Симметрия кристалла и симметрия физического процесса. Характеристические группы кристаллографических видов симметрии. Основные признаки характеристических групп кристаллов. Группа А: наличие центра симметрии. 11 центров симметричных видов симметрии. Группа В: отсутствие центра симметрии. Вид симметрии и пьезоэлектричество. Группа С: единственная полярная ось. Вид симметрии и пьезоэлектричество. Вид симметрии и сегнетоэлектричество	6	2	2	2
Двойное лучепреломление и поляризация света кристаллами. Оптические индикатрисы кубических кристаллов, кристаллов средних и низших сингоний. группа D: отсутствие плоскостей симметрии. Вид симметрии и оптическая активность. Вращение плоскости поляризации.	6	2	2	2
Влияние вида симметрии на зависимость величины векторного свойства от направления. Симметрия тепловых процессов в кристаллах. тепловое расширение кристаллов. Теплопроводность кристаллов. Законы Фриделя.	3	1		2
ИТОГО	108	36	36	36

III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- планы лабораторных занятий и методические рекомендации к ним;
- методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов;
- сборники заданий для самоконтроля.

IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Наряду с другими дисциплинами учебного плана дисциплина «Кристаллография» участвует в формировании профессиональных компетенций ПК-1 «Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин», ПК-2 «Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта» и ПК-3 «Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований»

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Кристаллография» могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.). Максимальная сумма баллов, которые можно получить за семестр 100.

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

Зачет выставляется по результатам рейтинг-контроля. Студентам, не набравшим необходимое число баллов (50), предоставляется возможность ответить на дополнительные вопросы и выполнить дополнительные задания из банка вопросов и заданий, приведенного ниже.

Шкала оценивания: Максимальная оценка каждого студента по итогам ответа на вопросы и результатам выполнения задания составляет 50 баллов. Она складывается из оценки уровня знаний (максимум 25 баллов), умений (максимум 15 баллов) и владений (максимум 10 баллов).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-1 «способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин»

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Продемонстрировать навыки владения материалом по основным законам кристаллографии. <i>Пример.</i> Описать место физики конденсированного состояния вещества в современной физической науке и ее предмет. Предмет и задачи кристаллографии	
Начальный уметь	Продемонстрировать умение описать особенности симметрии различных то-	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обос-

	<p>чечных и пространственных кристаллографических классов и групп, <u>Пример.</u> Для описания различных физических явлений в реальных кристаллах, использовать теорию дефектов</p>	<p>нован – 2 балла</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дан неверный ответ – 0 баллов
Начальный знать	<p>Продemonстрировать знания по построениям кристаллографических проекций, элементы симметрии кристаллических многогранников и структур. <u>Пример.</u> Описать принципы классификации кристаллов по кристаллографическим системам, категориям и сингониям, основные расчетные формулы кристаллографии</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.
Промежуточный владеть	<p>Продemonстрировать навыки владения материалом по формам кристаллов. <u>Пример.</u> Описать физические различные формы кристаллов.</p>	
Промежуточный уметь	<p>Продemonстрировать умение пользоваться моделью обратной решетки, объяснить влияние вида симметрии на возможность возникновения физических свойств <u>Пример.</u> Описать матричные представления преобразований симметрии. Кристаллографические категории сингонии и системы координат. Правила записи символов точечных групп в различных категориях.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Промежуточный	Продemonстрировать знания	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из источни-

<p>знать</p>	<p>по основным принципам роста кристаллов, основные системы и символики описания точечных и пространственных групп кристаллов, основные типы дефектов в реальных кристаллах.</p> <p><i>Пример.</i> Симметрия кристалла и симметрия физического процесса. Характеристические группы кристаллографических видов симметрии..</p>	<p>ков, содержание ответа полное -2 балла.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ответ изложен недостаточно четко -1 балл. ● Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.
---------------------	---	--

Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-1 «способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин»

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Структура кристалла и пространственная решетка.
2. Понятие симметрии и симметричного многогранника.
3. Элементы симметрии кристаллических многогранников.
4. Закон постоянства углов кристаллов.
5. Гониометрические методы исследования кристаллов.
6. Простые точечные операции и элементы симметрии (плоскость симметрии, оси симметрии, центр симметрии).
7. Невозможность существования в кристаллах осей симметрии 5-го порядка и порядка больше 6-ти.

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

1. Метод кристаллографического индцирования. Символы узлов. Символы рядов (ребер).
2. Символы плоскостей (граней).
3. Операции и элементы симметрии 2-го рода: инверсионные и зеркально-поворотные оси симметрии.
4. Параметры Вейса и индексы Миллера.
5. Правила отыскания элементов симметрии кристаллических многогранников.
6. Закон целых чисел Гаюи.

7. Сочетания операций симметрии.
8. Теорема о сочетании операций симметрии кристаллических многогранников.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Кристаллографические проекции: сферическая, стереографическая, гномостереографическая и гномоническая.
2. Понятие о классах и точечных группах симметрии кристаллических многогранников. 32 класса симметрии.
3. Обозначение классов симметрии (формула симметрии, международные символы).
4. Распределение кристаллов по классам симметрии.
5. Соотношения между сферической, стереографической, гномостереографической и гномонической. Сетка Вульфа.
6. Матричные представления преобразований симметрии.

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-2 «способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта»

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Продемонстрировать навыки владения материалом по дифракции в кристаллах. <i>Пример.</i> Описать классификацию дифракционных методов исследования кристаллов по виду использованного излучения	
Начальный уметь	Продемонстрировать умение описать экспериментальные (дифракционные) методы исследования структуры кристаллов.	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0

	<i>Пример.</i> Описать метод Лауэ, метод вращающегося кристалла, порошковый метод (метод Дебая-Шеррера). Зоны Бриллюэна.	баллов
Начальный знать	Продемонстрировать знания по дифракции рентгеновских лучей на кристалле. <i>Пример.</i> Описать эквивалентность условия дифракции Вульфа-Брэгга и Лауэ. Правила отбора.	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.
Промежуточный владеть	Продемонстрировать навыки владения современными кристаллографическими методами экспериментального и теоретического исследований диэлектриков, магнетиков и других объектов. <i>Пример.</i> Описать метод измерения оптических индикатрисы кубических кристаллов,	
Промежуточный уметь	Продемонстрировать умение описать основные представления о росте кристаллов <i>Пример.</i> Описать равновесная форма кристаллов. Реальные формы роста кристаллов.	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Промежуточный знать	Продемонстрировать знания по основным представлениям о методах выращивания кристаллов.. <i>Пример.</i> Описать закономерные сростки. Двойники. Эпитаксия.	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.

Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-2 «способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта»

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Кристаллографические категории, сингонии и системы координат.
2. Правила записи символов классов кристаллов.
3. Решетки Бравэ.
4. Примитивная ячейка Вигнера-Зейтца
5. Вывод и описание 32 классов симметрии кристаллов. (Примитивные, центральные, планальные и аксиальные классы).

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

1. Формы кристаллов.
2. Физически различные формы кристаллов.
3. Кристаллографические группы антисимметрии.
4. Классификация кристаллов по наличию или отсутствию центра симметрии.
5. Энантиморфизм.
6. Лауэвские классы симметрии.
7. Определение символов граней по методу косинусов.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Символы граней кристаллов гексагональной и тригональной сингоний.
2. Символы Миллера- Бравэ.
3. Определение символов направлений (ребер).
4. Связь между символами граней и ребер в кристаллах.
5. Закон зон.
6. Символы симметричных граней простых форм.
7. Перестановка индексов.
8. Предельные группы симметрии.

3. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-3 «Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований»

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	<p>Продemonстрировать навыки владения материалом по влиянию вида симметрии на возможность возникновения свойств.</p> <p><i>Пример.</i> Описать симметрию кристалла и симметрию физического процесса.</p>	
Начальный уметь	<p>Продemonстрировать умение описать характеристические группы кристаллографических видов симметрии. Основные признаки характеристических групп кристаллов.</p> <p><i>Пример.</i> Группа А: наличие центра симметрии. 11 центросимметричных видов симметрии. Группа В: отсутствие центра симметрии.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Начальный знать	<p>Продemonстрировать знания по виду симметрии и пьезоэлектричество. Вид симметрии и пьезоэлектричество. Вид симметрии и сегнетоэлектричество</p> <p><i>Пример.</i> Группа С: единственная полярная ось.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.
Промежуточный владеть	<p>Продemonстрировать навыки владения материалом по распределению кристаллов по классам симметрии.</p> <p>Кристаллографические группы антисимметрии.</p>	

	<i>Пример.</i> Описать принцип симметрии в кристаллофизике. принцип Кюри. Принцип Неймана.	
Промежуточный уметь	Продемонстрировать умение определения символов граней по методу косинусов. <i>Пример.</i> Символы граней кристаллов гексагональной и тригональной сингоций. Символы Миллера-Бравэ	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Промежуточный знать	Продемонстрировать знания по связи между символами граней и ребер в кристаллах. Закон зон. <i>Пример.</i> Описать символы симметричных граней простых форм. Перестановка индексов.	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.

Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-3 «готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований»

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Пространственные группы симметрии.
2. Правильная система точек.
3. Правила записи символов пространственных групп в различных сингониях.
4. аспределение кристаллов по 230 пространственным группам.
5. Эквивалентность условий Вульфа-Брэгга и Лауэ дифракции рентгеновских лучей на кристалле.
6. Построение (сфера отражения) Эвальда.
7. Принцип симметрии в кристаллофизике.
8. Экспериментальные дифракционные методы исследования кристаллов. Метод Лауэ.

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

1. Обратная решетка.
2. Экспериментальные дифракционные методы исследования кристаллов.

3. Метод вращения кристалла.
4. Основные расчетные формулы в кристаллографии.
5. Зоны Бриллюэна.
6. Микроскопическое изображение кристалла.
7. Дифракционные методы исследования структуры кристаллов.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Основные представления о росте кристаллов.
2. Равновесная форма кристаллов. реальные формы роста кристаллов.
3. Закономерные сростки. и двойники.
4. Эптаксия.
5. Формула (закон) Вульфа-Брэгга.
6. Экспериментальные дифракционные методы исследования кристаллов. Метод Дебая-Шеррера.

V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) Основная литература:

1. Епифанов, Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023> .

б) Дополнительная литература:

1. Матухин, В.Л. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/262> .
2. Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Кемерово : КемГУ, 2014. — 403 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61407> .
3. Сонин, А.С. Курс макроскопической кристаллофизики [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59408> .
4. Розин, К.М. Кристаллофизика. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / К.М. Розин, В.С. Петраков. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2006. — 249 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/51712>

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «ИНФРА-М» <http://www.znaniium.com>
2. ЭБС «Университетская библиотека ОН-ЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- обязательное выполнение домашних заданий, предусмотренных лекционными и лабораторными занятиями;
- углубленное изучение литературы и решение задач по пройденным темам и по вопросам, дополнительно указанным преподавателем;
- использование материалов рабочей программы для систематизации знаний и подготовке к занятиям и контрольным работам.

Перечень вопросов для систематизации знаний:

1. Структура кристалла и пространственная решетка.
2. Понятие симметрии и симметричного многогранника. Элементы симметрии кристаллических многогранников.
3. Закон постоянства углов кристаллов. Гониометрические методы исследования кристаллов.
4. Простые точечные операции и элементы симметрии (плоскость симметрии, оси симметрии, центр симметрии). Невозможность существования в кристаллах осей симметрии 5-го порядка и порядка больше 6-ти.
5. Метод кристаллографического индцирования. Символы узлов. Символы рядов (ребер). Символы плоскостей (граней).
6. Операции и элементы симметрии 2-го рода: инверсионные и зеркально-поворотные оси симметрии.
7. Параметры Вейса и индексы Миллера.
8. Правила отыскания элементов симметрии кристаллических многогранников.
9. Закон целых чисел Гаюи.

10. Сочетания операций симметрии. Теорема о сочетании операций симметрии кристаллических многогранников.
11. Кристаллографические проекции: сферическая, стереографическая, гномостереографическая и гномоническая.
12. Понятие о классах и точечных группах симметрии кристаллических многогранников. 32 класса симметрии. Обозначение классов симметрии (формула симметрии, международные символы). Распределение кристаллов по классам симметрии.

3) Требования к рейтинг-контролю

Результаты промежуточной аттестации выставляются на основе текущего контроля успеваемости (рейтинг-контроль, баллы за выполненные практические задания суммируются) и по результатам зачета.

Вопросы к рейтинг-контролю

1. Пространственные группы симметрии. Правильная система точек. Правила записи символов пространственных групп в различных сингониях. Распределение кристаллов по 230 пространственным группам.
2. Эквивалентность условий Вульфа-Брэгга и Лауэ дифракции рентгеновских лучей на кристалле. Построение (сфера отражения) Эвальда.
3. Принцип симметрии в кристаллофизике.
4. Экспериментальные дифракционные методы исследования кристаллов. Метод Лауэ.
5. Обратная решетка.
6. Экспериментальные дифракционные методы исследования кристаллов. Метод вращения кристалла.
7. Основные расчетные формулы в кристаллографии.
8. Зоны Бриллюэна.
9. Микроскопическое изображение кристалла. Дифракционные методы исследования структуры кристаллов.
10. Основные представления о росте кристаллов. Равновесная форма кристаллов. реальные формы роста кристаллов. Закономерные сростки. и двойники. Эпитаксия.

Рейтинг

1. Первая контрольная точка. Содержание модуля 1: Раздел 1 – 3. 40 баллов, из них 20 – текущая работа, 10 – посещаемость, 10 – контрольная работа. 9-ая неделя.
2. Вторая контрольная точка. Содержание модуля 2: Раздел 4 – 7.

60 баллов, из них 40 – текущая работа, 10 – посещаемость, 10 – контрольная работа. 18-ая неделя

Критерии: работа на каждом практическом занятии – по 5 баллов (текущая работа), правильный ответ на один вопрос контрольной работы – 2 балла.

Программой предусматривается выполнение письменных контрольных работ и отчеты о выполнении студентами заданий на лабораторных занятиях в качестве форм рубежного контроля в конце каждого модуля. Для подготовки к рубежному контролю предполагается выполнение домашних заданий по каждой пройденной в течение модуля теме и использование банка контрольных вопросов и заданий рабочей программы.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

Преподавание учебной дисциплины «Кристаллография» строится на сочетании лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов. На занятиях используется мультимедийная техника для демонстрации электронных презентаций.

IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебно-научная лаборатория физики диэлектриков, пьезоэлектриков и сегнетоэлектриков-полупроводников № 35 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экран настенный ScreenMedia 153*203 (M082-08147) 2. Ноутбук DELL Ispiron 1300 (1.7 GHz) 15.4WXGA. 512MB. 80GB 3. Проектор LG RD-JT90, DLP ,2 200 ANSI Lm, 4. Проектор Quadra 250 X 5. Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест 	<p>Google Chrome – бесплатно</p> <p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.</p> <p>MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p> <p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт 2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь 3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-portr DGS-1016D 4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3» 7. Комплект учебной мебели 	<p>Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009 Google Chrome - бесплатно Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Lazarus 1.4.0 - бесплатно Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011 MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012 Microsoft Express Studio 4 - бесплатно MiKTeX 2.9 - бесплатно MPICH 64-bit – бесплатно MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Раздел IV	Реквизиты «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» и «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
2.	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.