

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 23.09.2022 14:25:15
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

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

Утверждаю:
Руководитель ООП:
Б.Б.Педько
2017 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Кристаллофизика

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Программа подготовки
«Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств»

Для студентов 4 курса очной формы обучения

Составитель:
к.ф.-м.н., доцент Залетов А.Б.



Тверь 2017

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Кристаллофизика

2. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является: обучение теории и практики симметричного подхода к анализу физических свойств кристаллических и аморфных веществ, теоретическому определению возможностей обнаружения определенных физических свойств в новых твердокристаллических материалах (направленный поиск ферроиков-ферромагнетиков, ферроэлектриков, ферроэластиков).

Задачами освоения дисциплины являются: привить умение тензорного описания свойств, правильного понимания тензорных систем, определение различий между полевыми и материальными тензорами. Применение этих знаний в практике.

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору базовой части учебного плана.

Для успешного освоения дисциплины «Кристаллофизика»: необходимо знать основы физики твердого тела и молекулярной физики, системы кодификации кристаллов, понятия об обратной решетке, зонах Бриллюэна, ячейках Вагнера-Зейтца

4. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 32 часа, практические занятия 32 часа; **самостоятельная работа:** 44 часа.

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
ОПК-2 способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные	Уметь: самостоятельно приобретать знания, используя современные информационные технологии

образовательные информационные технологии	
ПК-1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	<p>Владеть: основами научной работы и приобрести умения подготавливать научные публикации.</p> <p>Уметь: решать задачи о взаимодействии групп симметрии, описывающих физические свойства и взаимодействия, применять на практике профессиональные знания в плане постановки научной задачи.</p> <p>Знать: закономерности симметрии твердокристаллических объектов, в том числе структур</p>

6. Форма промежуточной аттестации

экзамен в 7 семестре

7. Язык преподавания русский.

II. Структура дисциплины

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоя тельная работа (час.)
		Лекции	Практи- ческие занятия	

<p>1 Кристаллическое состояние вещества.</p> <p>1.1. Макроскопическое строение кристаллов. Кристаллофизические характеристики монокристалла и поликристалла. Монокристаллы, поликристаллы, двойники, текстуры.</p> <p>1.2. Микроструктура кристаллов. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Примеры решеток. Принципиальные отличия структуры и решетки.</p> <p>1.3. Основные свойства кристаллов - однородность, анизотропия, симметрия. Ограничение. Методы описания на примере эллипсоида Френеля. Методы описания свойств кристаллов.</p>	4	4		
<p>2. Теория симметрических преобразований.</p> <p>2.1. Симметрия. Основные понятия. Симметрические преобразования. Различия между элементами симметрии и операциями 1 и 2-го рода.</p> <p>2.2. Основные понятия теории групп. Основные аксиомы. Пересечения групп на примере операции скользящего отражения.</p> <p>2.3. Свойства групп. Произведения групп. Внутренние и внешние произведения.</p> <p>2.4. Кристаллографические группы. Типы групп симметрии. Периодичность в группах симметрии. Федоровские группы. Расширение понятия симметрии. Симметрия живого и неживого.</p>	8	8		
<p>3. Кристаллографическая символика.</p> <p>3.1. Символы групп симметрии. Некристаллографические группы симметрии в теоретической физике.</p> <p>3.2. Классы кристаллов. Точечные и пространственные группы.</p>	4	4		

<p>Плоскостные группы.</p> <p>3.3. Симморфные, гемисимморфные, асимморфные группы. Распределение веществ по Федоровским группам.</p>				
<p>4. Симметрия физических свойств кристаллов.</p> <p>4.1. Предельные группы. Соподчиненность групп симметрии.</p> <p>4.2. Влияние симметрии на свойства кристаллов. Принципы Неймана и Кюри.</p> <p>4.3. Матричные представления в теории симметрии. Характеры. Сокращенные формы записи.</p> <p>4.4. Скалярные свойства кристаллов. Тензорные свойства. Группы симметрии физических свойств.</p>	6	6		
<p>5. Оптические свойства кристаллов.</p> <p>5.1. Оптические характеристики кристаллов. Пропускание кристаллических сред в различных областях спектра.</p> <p>5.2. Виды оптических поверхностей. Математические формы описания оптических поверхностей.</p> <p>5.3. Гиротропия. Двойное лучепреломление. Определение угла поворота плоскости поляризации.</p>	6	6		
<p>6. Магнитная симметрия кристаллов.</p> <p>6.1. Операция обращения времен. Таблица Кэме. Точечные группы антисимметрии.</p> <p>6.2. Предельные группы антисимметрии. Пример – группа антисимметрии ферромагнитного железа.</p>	4	4		
<i>Практические занятия</i>				
1. Выращивание монокристаллов методом монокристалльной зонной плавки. Изучение кристаллографии монокристаллов.	10		8	2
2. Выращивание монокристаллов методом Чохральского. Морфология	10		8	2

кристаллов.				
3. Изучение методики зонной очистки и выращивания моно-кристаллов на установке бестигельной зонной плавки. Изучение кристаллографии монокристаллов.	10		8	2
4. Выращивание кристаллов из растворов и гелей.	10		8	2
Экзамен	36			36
ИТОГО	108	32	32	44

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

- планы практических занятий,
- Методические рекомендации
- типовые тесты
- итоговый контроль

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

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Кристаллофизика» могут сдать экзамен по итогам рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

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

Контроль сформированности компетенции осуществляется с помощью оценочных средств на основе критериев, которые разрабатываются с целью выявления соответствия этапов освоения компетенции планируемым результатам обучения (см. карту компетенций).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-2 "Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии"

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Уметь: самостоятельно	определить наличие полярных	<ul style="list-style-type: none"> • Тема актуальна и сформулирована

приобретать знания, используя современные информационные технологии	свойств кристалла с помощью таблицы классов кристаллов определить наличие аксиальных свойств кристалла с помощью таблицы классов кристаллов	грамотно – 1 балл; <ul style="list-style-type: none"> • тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла; • использованы публикации последних лет – 1 балл; • определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;
---	--	---

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 "Способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования"

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
заключительный Владеть: основами научной работы и приобрести умения подготавливать научные публикации.	Определить класс и симметрию кристалла по Герману-Могену, Флинту, Шенфлису. Сделать доклад на тему "Современные методы выращивания кристаллов"	<ul style="list-style-type: none"> • Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл; • тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла; • использованы публикации последних лет – 1 балл; • определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;
заключительный		<ul style="list-style-type: none"> • Тема раскрыта с опорой на соответствующие

<p>Уметь: решать задачи о взаимодействии групп симметрии, описывающих физические свойства и взаимодействия, применять на практике профессиональные знания в плане постановки научной задачи.</p>	<p>Решить задачу на умножение матриц, описывающих двойную поворотную ось и перпендикулярную к ней плоскость симметрии.</p> <p>Что собой представляют чёрнобелые группы симметрии.</p>	<p>понятия и теоретические положения – 4 балла</p> <ul style="list-style-type: none"> • Аргументация на теоретическом уровне неполная, смысл ряда ключевых понятий не объяснен – 1 балл • Терминологический аппарат непосредственно не связан с раскрываемой темой – 0 баллов • Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 3 балла • Допущена фактическая ошибка, не приведшая к существенному искажению смысла – 2 балла • Допущены фактические и логические ошибки, свидетельствующие о непонимании темы – 0 баллов
<p>заключительный</p> <p>Знать: закономерности симметрии твердокристаллических объектов, в том числе структур</p>	<p>Симметрические преобразования: виды равенств, преобразования первого и второго рода.</p> <p>Кристаллофизические характеристики монокристалла и поликристалла.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тема раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла • Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 4 балла • Ответ характеризуется композиционной цельностью, соблюдена логическая последовательность – 3 балла

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

а) основная литература:

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников [Электронный ресурс]: учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/648>.

б) дополнительная 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>.

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

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

План практических занятий

1. Выращивание монокристаллов методом монокристалльной зонной плавки. Изучение кристаллографии монокристаллов.
2. Выращивание монокристаллов методом Чохральского. Морфология кристаллов.
3. Изучение методики зонной очистки и выращивания монокристаллов на установке бестигельной зонной плавки. Изучение кристаллографии монокристаллов.
4. Выращивание кристаллов из растворов и гелей.

Методические рекомендации

Предметом оценки является подготовка студентов к занятиям, работа студентов на практических занятиях, выполнение ими тестовых заданий.

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиком учебного процесса.

Практические задания по демонстрации компетенций заключаются в устных или письменных ответах на поставленные преподавателем или составленным самими студентами вопросы (традиционные или в форме тестов). При этом оценивается обоснованность ответа, ясность и последовательность изложения мысли. Такая демонстрация компетенций проверяет уровень владения теоретическим и практическим материалом.

промежуточный контроль

типовые тесты

1. Решение задачи о взаимодействии двух групп симметрии, описывающих физические свойства и взаимодействия.

1. Решение должно исключить несовпадающие операции симметрии
2. Итоговая группа составляется из тождественных операций симметрии.
3. Решение задачи основывается только на экспериментальных данных.
4. Итоговая группа симметрии является надгруппой итога умножения групп-сомножителей.

2. Что собой представляют чёрнобелые группы симметрии.

1. Произвольное сочетание серых и белых операций симметрии.
2. Сочетание, основанное на операциях перемножения элементов различных цветов.
3. Чёрнобелая группа выводится с помощью классических теорем о взаимодействии операций симметрии с учетом характеристик этих операций.
4. Чёрнобелые операции симметрии и основанные на них группы выведены в результате математических кристаллографических операций, а принадлежность кристалла к группе определяется его физическими свойствами.

3. Как определить наличие полярных свойств кристалла с помощью таблицы классов кристаллов?

1. Все кристаллы, не имеющие центра симметрии.
2. Кристаллы аксиальных и инверсионно-примитивных групп.
3. Кристаллы, подчиняющиеся предельной группе симметрии ∞m .
4. Кристаллы, подчиняющиеся предельной группе симметрии ∞m могут иметь полярные свойства, но могут и не иметь их.

4. Как определить наличие аксиальных свойств кристалла с помощью таблицы классов кристаллов?

1. Все аксиальные группы кристаллов.
2. Все полярные группы кристаллов.
3. Аксиальные и центральные группы кристаллов.

4. Группы кристаллов, подчинённые предельной группе $\frac{\infty}{m}$ (но они могут и не иметь аксиальных свойств).

Итоговый контроль проводится в форме экзамена, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

Вопросы к экзамену

1. Основные свойства кристаллов: однородность, анизотропия, симметрия.
2. Симметрические преобразования: виды равенств, преобразования первого и второго рода.

3. Основы теории групп: единичная операция, квадрат Кели, подгруппа.
4. Типы групп симметрии: одномерные, двумерные, Федоровские.
5. Принцип суперпозиции Кюри.
6. Принцип Неймана.
7. Скалярные свойства кристаллов
8. Тензорные свойства кристаллов.
9. Оптические свойства кристаллов: оптические поверхности, диэлектрическая проницаемость.
10. Магнитная симметрия: серые, чернобелые, белые группы, обращение времени.
11. Симметрия подобия.
12. Частичная симметрия.
13. Предельные группы симметрии.
14. Определение полярных классов кристаллов.
15. Определение аксиальных классов кристаллов.
16. Поляризация.
17. Умножение матриц, описывающих инверсию и плоскость симметрии.
18. Умножение матриц, описывающих взаимно перпендикулярные плоскости симметрии.
19. Умножение матриц, описывающих двойную поворотную ось и перпендикулярную к ней плоскость симметрии.
20. Двойное лучепреломление.
21. Электрооптический эффект.
22. Пьезоэлектричество.

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

Лекции, практические занятия, решение задач .

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	1 Монитор СТХ 2 Компьютер Intel Original	Google Chrome – бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10

<p>радиоэлектроники и микроэлектроники № 25 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>LGA1155 Core i5-3470, монитор AOC 23" e2370Sd 3 Компьютер Intel Original LGA1155 Core i5-3470, монитор AOC 23" e2370Sd 4 Осциллограф цифровой WA 102 5 Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5" 6 Принтер Samsung лазерный 7 Принтер Samsung лазерный 8 Спектрометр ИКС-29 9 Программно-аппаратный комплекс для микроанализа и морфологического анализа поверхности (микроскоп) 10 Дифрактометр рентгеновский ДСО-2 для уточнения ориентации монокристаллов 11 Электронно-оптический комплекс для анализа морфологии кристаллов NanoMap-1000WLI 12 Тепловизор FLIR T250 в комплекте 13 Вольметр цифровой В7-78/2</p>	<p>для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 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,</p>	<p>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</p>	<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 -</p>

<p>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>	<p>ООО 5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3» 7. Комплект учебной мебели</p>	<p>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.