

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФФ

_____ О.Н. Чайковская

«_____» _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

СИММЕТРИЯ КРИСТАЛЛОВ

Направление подготовки

03.03.02 – Физика

Профиль подготовки

Фундаментальная физика

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

1. Код и наименование дисциплины

В.5.12 – Симметрия кристаллов

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Относится к вариативной части блока Б1, модуль "Физика полупроводников".

3. Год и семестр обучения

Третий год; первый семестр

4. Входные требования для освоения дисциплины

Наличие у студента компетенций, сформированных при освоении дисциплин: общей физики, аналитической геометрии и векторной алгебры.

5. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем; 74 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, из которых 36 отводится на подготовку к экзамену.

6. Формат обучения

Очный

7. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1, I уровень	З (ПК-1)-I Знать современные проблемы физики, основные методы и методики научно-исследовательской работы. У (ПК-1)-I Уметь осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научно-исследовательской работе В (ПК-1)-I Владеть навыками работы с научной и учебной литературой
ПК-2, I уровень	З (ПК-2)-I Знать методы разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости У (ПК-2)-I Уметь анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости В (ПК-2)-I Владеть навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий

8. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

Таблица 8.1

№	Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа	Самостоятельная работа (час.)
1	Введение	10	2	8
2	Аналитическое описание пространственной решетки	10	6	4
3	Обратная решетка	8	4	4
4	Кристаллографические проекции	10	4	6
5	Симметрия кристаллических многогранников	12	4	8
6	Симметрия кристаллических структур	10	8	2
	Экзамен	36		36
	Итого	108	34	74

Содержание разделов дисциплины

Таблица 8.2

№	Раздел дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Введение. Понятие кристаллического состояния вещества.	Предмет и задачи кристаллографии. Понятие кристаллического состояния. Макроскопические свойства кристаллов. Особенности кристаллических свойств полупроводниковых кристаллов. Закон постоянства углов. Закон рациональных отношений. Углеродные нано-структуры. Углеродные нано-трубки. Перспективы использования углеродных нано-трубок. Фуллерены из углеродных структур. Перспективы использования фуллеренов.
2	Аналитическое описание пространственной решетки	Пространственная решетка. Период повторяемости. Элементарная ячейка. Узловые прямые. Узловая плоскость. Символ семейства узловых плоскостей. Индексы Вейса. Индексы Миллера. Обозначения важнейших кристаллографических плоскостей полупроводниковых кристаллов. Системы координатных осей. Понятие кристаллографической зоны. Урав-

		нение зоны.
3	Обратная решетка	Определение обратной решетки. Элементарные трансляции в обратной решетке. Радиус-вектор в обратной решетке. Применение обратной решетки к решению задач кристаллографии.
4	Кристаллографические проекции	Понятие кристаллического и полярного комплексов. Гномоническая проекция. Стереографическая проекция. Гномостереографическая проекция. Сетка Вульфа и приемы работы с ней.
5	Симметрия кристаллов	<p>Определение симметрии. Симметрические преобразования. Преобразования первого рода. Преобразования координат при повороте вокруг оси. Преобразования второго рода. Преобразования координат при зеркальном отражении. Преобразование координат, обусловленное инверсией. Элементы симметрии. Ось симметрии, плоскость зеркального отражения, центр инверсии. Зеркально-поворотные и инверсионные оси. Обозначения элементов симметрии. Сложение элементов симметрии (основные теоремы).</p> <p>Возможные сочетания непараллельных поворотных осей. Основные понятия теории групп. Вывод 32 точечных кристаллографических групп. Обозначения точечных групп. Точечные группы симметрии некоторых полупроводниковых кристаллов. Деление по сингониям. Понятие кристаллографической простой формы. Общие и частные формы.</p>
6	Симметрия кристаллических структур	<p>Пространственные группы симметрии. Трансляционные группы. Группы Браве. Открытые симметрические преобразования. Плоскости скользящего отражения. Винтовые оси. Теоремы о сочетаниях трансляций и точечных элементов симметрии. Правильная система точек. Вывод пространственных групп для триклинной и моноклинной решеток. Обозначения пространственных групп. Международные символы, символы Шенфлиса, Фёдорова.</p>

9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Учебно-методическое обеспечение к дисциплине для самостоятельной работы студента составляют:

- основная и дополнительная учебная литература (см. Ресурсное обеспечение);
- информационные ресурсы в сети Интернет (см. Ресурсное обеспечение);
- набор задач и методических рекомендаций для практических занятий;
- перечень контрольных вопросов.

Для эффективного освоения дисциплины студентам рекомендуется:

- после лекции просмотреть и обдумать текст конспекта (15 минут);
- накануне следующей лекции вспомнить материал предыдущей (15 минут);
- изучение теоретического материала по учебнику и конспекту (1 час в неделю);
- подготовка к практическому занятию (2 часа в неделю);
- работа с литературой в библиотеке (1 час в неделю).

10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, и их карты: см. ФОС к дисциплине.
- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций: см. ФОС к дисциплине.
- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения: см. ФОС к дисциплине.
- Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена.

11. Ресурсное обеспечение

• Основная литература

1. Malgrange C., Ricolleau C., Schlenker M. Symmetry and Physical Properties of Crystals. - Springer, 2014. - 522 p.
2. Borchardt-Ott W. Crystallography: An Introduction. – Springer, 2012. - 355 p.

• Дополнительная литература

1. Егоров-Тисменко Ю. Кристаллография и кристаллохимия. – КДУ. – 2010.-588с.
2. Шаскольская М.П. Кристаллография. - М.: Высшая школа, 1984.
3. Вайнштейн Б. К.. Кристаллография и жизнь. – Физматлит.- 2012.- 376с.

• Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. Интерактивный курс по кристаллографии Федеральной политехнической школы Лозанны (<http://escher.epfl.ch/eCrystallography/>)
2. Веб-портал Международного союза кристаллографии (<http://www.iucr.org/>)
3. Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов Института экспериментальной минералогии РАН (<http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/index.php>)

• Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса.

Мультимедиа презентации с использованием пакетов MS Office и OpenOffice.

- **Описание материально-технической базы.**

Мультимедийное оборудование физического факультета ТГУ, компьютерный класс с доступом в интернет.

12. Язык преподавания: русский

13. Преподаватель: к.ф.-м.н. доцент Бобровникова Ирина Анатольевна

Автор: доцент Бобровникова Ирина Анатольевна

Рецензент: ведущий научный сотрудник, профессор Хлудков С.С.

Программа одобрена на заседании учебно-методической

комиссии физического факультета

Томского государственного университета

30.06. 2016 года, протокол № 6 - 16

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФФ

О.Н. Чайковская

«_____» _____ 2016 г.

**Фонд оценочных средств
для изучения учебной дисциплины**

СИММЕТРИЯ КРИСТАЛЛОВ

Направление подготовки
03.03.02 – Физика

Профиль подготовки
Фундаментальная физика

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина

В результате освоения дисциплины «Симметрия кристаллов» у обучающегося формируются следующие компетенции:

- ПК-1, I уровень:
Знать современные проблемы физики, основные методы и методики научно-исследовательской работы
Уметь осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научно-исследовательской работе
Владеть навыками работы с научной и учебной литературой
- ПК-2, I уровень:
Знать методы разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости
Уметь анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости
Владеть навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий

Карты компетенций

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин/

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Общепрофессиональная компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы бакалавриата, должен:

- **ЗНАТЬ:** специфику научного знания, современные проблемы физики, приемы самообразования.
- **УМЕТЬ:** приобретать систематические знания в выбранной области физики, анализировать возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных научных парадигм, осмысливать и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками научного анализа и методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: современные проблемы физики, основные методы и методики научно-исследовательской работы. Шифр: З (ПК-1) -1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Неполные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных проблемы физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Сформированные и систематические знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы
УМЕТЬ: осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научно-исследовательской работе Шифр: У (ПК-1) -1	Отсутствие умений	Фрагментарное следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы	В целом успешное, но не систематическое следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбрать эффективные методы ведения научно-исследовательской работы	Успешное и систематическое следование принципам выбора эффективных методов ведения научно-исследовательской работы

<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>навыками работы с научной и учебной литературой</p> <p>Шифр: В (ПК-1) -1</p>	<p>Не владеет</p>	<p>Фрагментарное владение понятийным аппаратом, не владеет навыками научного анализа при работе с научной и учебной литературой</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков научного анализа при работе с научной и учебной литературой, нуждается в помощи преподавателя или научного руководителя</p>	<p>Владеет навыками приобретения умений и знаний при работе с научной и учебной литературой</p>	<p>Свободно владеет понятийным аппаратом и навыками анализа научной и учебной литературой</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

Шифр и название 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/

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

Профессиональная компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы бакалавриата, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные стратегии исследований в выбранной области физики.
- **УМЕТЬ:** выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики.
- **ВЛАДЕТЬ:** методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-2) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<p>ЗНАТЬ: методы разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости</p> <p>Шифр: 3 (ПК-2) -1</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Общие, но не структурированные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные систематические знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости
<p>УМЕТЬ:</p> <p>анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости	В целом успешно, но не систематически осуществляемый анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	В целом успешный, но содержащий отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости

Шифр: У (ПК-2) -1					
<p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p> <p>Шифр: В (ПК-2) -1</p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий	В целом успешное, но не систематическое применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий	Успешное и систематическое применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий

3. Паспорт фонда оценочных средств

№	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение Аналитическое описание пространственной решетки Обратная решетка Кристаллографические проекции Симметрия кристаллических многогранников Симметрия кристаллических структур	З (ПК-1)-I З (ПК-2)-I	- Устный опрос - Тест - Экзамен
2	Аналитическое описание пространственной решетки Обратная решетка Кристаллографические проекции Симметрия кристаллических многогранников Симметрия кристаллических структур	У (ПК-1)-I У (ПК-2)-I	- Решение самостоятельных и домашних заданий - Тест - Экзамен
3	Аналитическое описание пространственной решетки Обратная решетка Кристаллографические проекции Симметрия кристаллических многогранников Симметрия кристаллических структур	В(ПК-1)-I В(ПК-2)-I	- Тест - Экзамен

4. Оценочные средства

4.1. Контрольные вопросы

1. Кристалл, кристаллическое вещество, кристаллическое состояние.
2. Основные свойства кристалла.
3. Закон постоянства углов.
4. Закон рациональных отношений.
5. Структура кристалла и пространственная решётка кристалла.
6. Узлы решётки, индексы узлов, символ узла.
7. Узловые прямые, символ узловой прямой, семейство прямых.
8. Узловые плоскости, семейство плоскостей, символы плоскостей.
9. Индексы Миллера.
10. Комплекс узловых плоскостей.
11. Кристаллографическая зона. Применение уравнения зоны.
12. Установка кристаллов (7 сингоний).
13. Определение симметрии.
14. Симметрические преобразования.
15. Симметричный объект, фигура.
16. Симметрические преобразования первого рода. Симметрические преобразования второго рода.
17. Закрытые симметрические преобразования.
18. Элемент симметрии (определение).
19. Точечная группа симметрии.
20. Конечные симметрические преобразования (определение).

21. Ось симметрии. Определение, обозначение, изображение на плоскости стереопроекции.
22. Плоскость симметрии. Центр симметрии. Определение, обозначение, изображение на плоскости стереопроекции.
23. Инверсионные оси. Определение, обозначение, изображение на плоскости стереопроекции, свойства.
24. Зеркально-поворотные оси. Определение, обозначение, изображение на плоскости стереопроекции.
25. Теорема 5 (две пересекающиеся плоскости симметрии).
26. Теорема 7 (две пересекающиеся оси).
27. Теорема 9 (Ось симметрии n-порядка и перпендикулярная ей ось 2).
28. Теорема 10 (Ось симметрии n-порядка и параллельная плоскость симметрии).
29. Вывести один из 32 видов симметрии.
30. Систематика видов симметрии. Названия.
31. Категории симметрии. Сингонии.
32. Понятие простой формы. Общая, частная простая форма.
33. Открытая, закрытая простая форма.
34. Простые формы сингоний низшей категории.
35. Простые формы сингоний средней категории.
36. Простые формы сингоний высшей категории.
37. Решётки Бравэ.
38. Обратная решётка. Определение. Свойства.
39. Кристаллический комплекс, полярный комплекс.
40. Сферическая проекция, ортогональная, стереографическая, гномостереографическая проекции.
41. Сетка Вульфа.
42. Пространственные группы. Трансляционные группы.
43. Открытые симметрические преобразования.
44. Плоскости скользящего отражения.
45. Винтовые оси.
46. Понятие пространственной группы.
47. Теоремы о сочетаниях трансляций и точечных элементов симметрии.
48. Правильная система точек.
49. Вывод пространственных групп для триклинной и моноклинной решеток.
50. Обозначения пространственных групп.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков

5.1. Текущие аттестации

Текущая аттестация включает

- оценку выполнения самостоятельных и домашних заданий
- устные опросы и письменное тестирование по разделам курса.

Контрольные вопросы к промежуточной аттестации приведены в п. 4.1. Оценка при текущей аттестации формируется на основании критериев оценивания из соответствующих карт компетенций в соответствии с таблицей 5.1.

Таблица 5.1

Оценка	Критерий оценивания из карты компетенций					
	З(ПК-1)-I	У(ПК-1)-I	В(ПК-1)-I	З(ПК-2)-I	У(ПК-2)-I	В(ПК-2)-I
Аттестован	4÷5	3÷5	3÷5	3÷5	3÷5	3÷5
Не аттестован	Все остальные варианты					

5.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в виде устного экзамена. К экзамену допускаются студенты, успешно прошедшие все текущие аттестации. Каждый экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и практического задания по одной из тем дисциплины. Контрольные вопросы к экзамену приведены в п. 4.1. Оценка результатов экзамена формируется в соответствии с таблицей 5.2:

Таблица 5.2

Оценка	Результат, продемонстрированный студентом на экзамене
Отлично	Студент, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, способен самостоятельно принимать и обосновывать решения, оценивать их эффективность.
Хорошо	Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает не критичные неточности в ответе
Удовлетворительно	Студент, показывает фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирует базовые понятия.
Неудовлетворительно	Студенту не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.