

· Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет



УТВЕРЖДАЮ:  
Декан физического факультета

С.Н. Филимонов

«15» апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**Элементы теории групп**

по направлению подготовки

**03.04.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Фундаментальная и прикладная физика»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2021**

Код дисциплины в учебном плане Б1.В.ДВ.01.07.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 О.Н. Чайковская

Председатель УМК

 О.М. Сюзина

Томск – 2021

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

ПК-1. Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-2.2. Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования.

ИПК-1.1. Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

## **2. Задачи освоения дисциплины:**

– Освоить основные понятия теории групп, а также комбинаторные задачи, требующие знание этой теории.

– Научиться применять основные физические представления о взаимосвязи кристаллической структуры и свойств металлов при решении задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, входит в модуль по выбору "Физика конденсированного состояния вещества".

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 5, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для изучения и понимания материала данной дисциплины обучающийся должен владеть основными представлениями и понятиями из курсов: Кристаллография, Физика твердого тела, Линейная алгебра и геометрии в векторных пространствах различной размерности, матричные представления операторов в квантовой механике.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лекции: 24 ч.;

– практические занятия: 8 ч.;

в том числе практическая подготовка: 8 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## 8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Группы и их свойства.

Определение групп. Примеры групп (числовые группы, группы симметрии некоторых конечных тел и фигур). Соотношения между группами. Прямое произведение групп. Сопряженные элементы и классы групп. Примеры классов. Классы произведений групп.

Тема 2. Линейные векторные пространства и операторы.

Линейные векторные пространства. Примеры пространств. Линейные операторы. Матрицы. Произведение преобразование операторов, обратный оператор. Примеры обратных операторов.

Тема 3. Элементы теории. Представления групп.

Определение представления. Матричные представления. Векторное представление группы симметрии. Представление группы в одномерном пространстве. Приводимые и неприводимые представления. Некоторые теоремы теории неприводимых представлений. Неприводимые представления циклических групп. Представление прямого произведения. Использование теории групп в физике твердого тела.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы, включающей контроль посещаемости, результаты выполнения заданий по материалам курса (выступление и работа на практических занятиях), и фиксируется в форме баллов (нарастающим итогом): посещаемость – максимальный балл 10, выполнение заданий по материалам курса – 40. Контрольная точка проводится не менее одного раза в семестр.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в первом семестре проводится в устной форме по билетам.

На промежуточную аттестацию планируется не более 50 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов, полученных по итогам текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзаменационная оценка определяется исходя из результатов экзамена и текущей аттестации в течение семестра и согласуется с принятым соответствием с 5-ти балльной шкалой оценивания: 100-86 – «отлично»; 85-66 – «хорошо»; 65-50 – «удовлетворительно», менее 50 – «неудовлетворительно».

Экзаменационный билет включает 2 вопроса из списка контрольных вопросов по курсу (приведен в разделе 11), проверяющих сформированность компетенции ПК-1 в соответствии с индикаторами ИПК-1.1 и ИПК-1.2. Ответы даются в развернутой форме.

Пример экзаменационного билета:

### БИЛЕТ № 1

Вопрос 1. Сопряженный, унитарный и эрмитовый операторы.

Вопрос 2. Инвариантные подпространства. Приводимые и неприводимые представления.

Теоремы о неприводимых представлениях.

Дополнительные и/или уточняющие вопросы по основным темам и содержанию курса (разделы 8, 11), позволяющие оценить уровень освоения всей программы. Ответ на уровне формулировки основных определений и/или краткого изложения физики явления и соответствующих представлений.

Например:

Вопрос 1. Дать определение точечных групп симметрии  $C_2$ ,  $S_2$ ,  $C_3$ .

Вопрос 2. Примеры линейных операторов.

Вопрос 3. Что такое обратный оператор?

И т.д.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=25827>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Перечень вопросов, выносимых на зачет.

1. Сопряженный, унитарный и эрмитовый операторы.
2. Точечные группы симметрии  $C_2$ ,  $S_2$ ,  $C_3$ .
3. Операторы индуцированного преобразования функций.
4. Точечные группы симметрии  $D_3$ ,  $D_{3h}$ . Группа трансляций. Группа векторов решетки Браве.
5. Примеры линейных операторов.
6. Изоморфизм и гомоморфизм групп. Примеры. Группа и подгруппа.
7. Определение представления группы. Матричное представление группы.
8. Прямое произведение групп. Сопряженные элементы и классы групп.
9. Представления групп  $D_3$ : 1) тривиальное; 2) в одномерном пространстве; 3) трехмерном пространстве.
10. Теоремы о классах сопряженных элементов. Классы групп  $C_3$ ,  $D_3$ ,  $D_{3h}$ .
11. Представления групп  $D_3$  в функциональном пространстве.
12. Линейные векторные пространства. Примеры линейных векторных пространств.
13. Эквивалентное представление  $D_3$  в 3-х мерном пространстве
14. Представление группы, являющейся прямым произведением групп.
15. Характер матричного представления. Таблица характеров представлений группы  $D_3$ .
16. Линейные операторы и их матрицы.
17. Инвариантные подпространства. Приводимые и неприводимые представления. Теоремы о неприводимых представлениях.
18. Произведение и преобразование операторов. Обратный оператор.
19. Неприводимые представления циклических групп.
20. Операторы индуцированного преобразования квадратичных функций.  
Трансформированный оператор.
21. Прямое произведение представлений группы.

в) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студента включает:

- углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лекционным и практическим занятиям;
- подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;
- подготовку к экзамену.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Эллиот Д., Добер П. Симметрия в физике. - М.: Мир, 1983. Т. 1, гл. 2-4.
2. Кудрявцева Н.В. Теория симметрии. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 1972. - Гл. 2-4.
3. Кудрявцева Н.В. Основы теории твердого тела. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 1972. - Т. 1, гл. 3.
4. Киреев П.С. Введение в теорию групп и ее применение в физике твердого тела. - М.: Высшая школа, 1979.

б) дополнительная литература:

1. Джонс Г. Теория зон Бриллюэна и электронные состояния в кристаллах. – М.: Мир, 1968 - Гл. 3.

2. Най Дж. Физические свойства кристаллов. – М.: Мир, 1967. – Гл. 1,2.
3. Головина Л.И. Линейная алгебра и некоторые ее приложения. М.: Наука, 1975. учебной деятельности.

в) ресурсы сети Интернет:

1. <https://lns.pnpi.spb.ru/media/fks2011/Dmitriev.pdf>
2. <http://www.twirpx.com/file/874397/>
3. <http://www.htt.nsu.ru/wp-content/uploads/2015/08/%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%88%D0%B5-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%8B.pdf>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); системы компьютерной вёрстки LaTeX; системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica, Waterloo Maple;
- публично доступные облачные технологии (GoogleDocs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 2008-2016. – URL: <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Томск, 2011. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Издательство «Лань» [Электронный ресурс]:/ – Электрон. дан. – СПб., 2010. – URL: <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента [Электронный ресурс] / ООО «Политехресурс». – М, 2012. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012. – URL: <http://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате, оснащенные системой «Актру».

Все виды материально-информационной базы Научной библиотеки ТГУ.

Мультимедийное оборудование физического факультета ТГУ.

Программное обеспечение курсов, предшествующих изучению представленной дисциплины.

### **15. Информация о разработчиках**

Марченко Екатерина Сергеевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики металлов физического факультета ТГУ.

