

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра физики фазовых переходов**

**Авторы-составители: Ильин Владимир Алексеевич**

Рабочая программа дисциплины

**МЕТОДЫ ТЕОРИИ ГРУПП В ФИЗИКЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Код УМК 86733

Утверждено  
Протокол №11  
от «07» июня 2021 г.

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Методы теории групп в физике твердого тела

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика  
направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Методы теории групп в физике твердого тела** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.03.01** Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

**ПК.1** Способен планировать и проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования и (или) научные эксперименты в избранной предметной области

#### **Индикаторы**

**ПК.1.2** Осуществляет построение математических моделей для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (7 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Методы теории групп в физике твердого тела. Первый семестр

#### Введение

Преобразования симметрии. Группа. Подгруппа. Примеры. Теоремы теории групп (т. Лагранжа и др.). Сопряжённые элементы. Классы. Эквивалентные оси и плоскости. Теорема о сопряжённости поворотов вокруг эквивалентных осей. Двусторонняя ось.

#### Точечные группы симметрии

Группы  $C_n$ ,  $S_{2n}$ ,  $C_{nh}$ ,  $C_{nv}$ . Таблица умножения группы  $C_{3v}$ . Группы призмы. Группы тетраэдра. Группы октаэдра. Группы икосаэдра. Непрерывные группы.

#### Элементы теории представлений

Элементы теории представлений точечных групп. Характеры групп. Приводимые и неприводимые представления. Соотношение ортогональности для характеров неприводимых представлений. Теорема о разложении приводимых представлений по неприводимым. Теорема Бернсайда.

#### Применения теории групп

Снятие вырождения под действием возмущений меньшей симметрии. Колебательное неприводимое представление. Характеры группы  $C_{2v}$ . Характеры группы  $C_{3v}$ . Характеры группы  $T_d$ . Молекулярные колебания. Классификация колебаний.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/470283>
2. Ильин В. А. Методы теории групп в физике твердого тела:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Прикладные математика и физика»/В. А. Ильин.-Пермь:ПГНИУ,2021, ISBN 978-5-7944-3605-1.-88. <https://elis.psu.ru/node/642343>
3. Курош А. Г. Теория групп:учебник/А. Г. Курош.-Санкт-Петербург:Лань,2005, ISBN 5-8114-0616-9.-648.
4. Артамонов В. А.,Словохотов Ю. Л. Группы и их приложения в физике, химии, кристаллографии:учебное пособие для студентов вузов/В. А. Артамонов, Ю. Л. Словохотов.-Москва:Академия,2005, ISBN 5-7695-2137-6.-512.-Библиогр.: с. 498-503

### Дополнительная:

1. Ландау Л. Д.Теоретическая физика.учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 3.Квантовая механика. Нерелятивистская теория/Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц ; под. ред. Л. П. Питаевского.-Москва:ФИЗМАТЛИТ,2008, ISBN 978-5-9221-0530-9.-800
2. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел : учебное пособие для вузов / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-7956-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/470450>
3. Любарский Г. Я. Теория групп и ее применение в физике:курс лекций для физиков-теоретиков/Г. Я. Любарский.-Москва:URSS,2014, ISBN 978-5-9710-1211-5.-354.-Библиогр.: с. 345-349

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<https://sfiz.ru> Физический информационный портал

<https://journals.ioffe.ru/journals/1> Рецензируемый научный журнал "Физика твердого тела"

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Методы теории групп в физике твердого тела** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1) офисный пакет приложений (текстовый процессор, программа для подготовки электронных презентаций);
- 2) программа демонстрации видеоматериалов (проигрыватель);
- 3) приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов.

Дисциплина не предусматривает использование специального программного обеспечения.

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ



Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Методы теории групп в физике твердого тела**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.1**

**Способен планировать и проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования и (или) научные эксперименты в избранной предметной области**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.2</b> Осуществляет построение математических моделей для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях</p>	<p>Знать: основные теоремы и определения теории групп. Уметь: вычислять характеры неприводимых представлений, анализировать снятие вырождения под действием возмущения низкой симметрии, классифицировать колебания молекул по типам симметрии. Владеть: навыками решения задач с использованием неприводимых представлений.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основ дисциплины. Не умеет использовать методы теории групп. Не владеет навыками решения задач по теории групп.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание основных теорем и определений теории групп. Демонстрирует частично сформированное умение вычислять характеры неприводимых представлений, анализировать снятие вырождения под действием возмущения низкой симметрии, классифицировать колебания молекул по типам симметрии. Демонстрирует частично сформированное владение навыками решения задач с использованием неприводимых представлений.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание основных теорем и определений теории групп. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение вычислять характеры неприводимых представлений, анализировать снятие вырождения под действием возмущения низкой симметрии, классифицировать колебания молекул по типам симметрии. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками решения задач с использованием неприводимых представлений.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает основные теоремы и определения теории групп. Умеет вычислять характеры неприводимых представлений, анализировать снятие вырождения под действием возмущения низкой симметрии, классифицировать колебания молекул по типам симметрии. Владеет навыками решения задач с использованием неприводимых представлений.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 2020

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 47 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 47 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Введение <b>Входное тестирование</b>	Знание понятий из квантовой механики; умение обращаться с дельта-символом; умение вычислять различные произведения векторов.
<b>ПК.1.2</b> Осуществляет построение математических моделей для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях	Точечные группы симметрии <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание основных преобразований симметрии, теорем теории групп (т. Лагранжа и др.). Умение определять сопряжённые элементы, выделять классы. Способность разбираться в понятиях и доказывать теоремы про точечные группы симметрии (эквивалентные оси и плоскости, теорема о сопряжённости поворотов вокруг эквивалентных осей, двусторонняя ось).
<b>ПК.1.2</b> Осуществляет построение математических моделей для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях	Элементы теории представлений <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Умение вычислять характеры неприводимых представлений для групп $C_{2v}$ , $C_{3v}$ и $T_d$ .

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ПК.1.2</b> Осуществляет построение математических моделей для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях	Применения теории групп <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание теории представления точечных групп. Способность анализировать характеры групп. Умение определять вырождения под действием возмущений меньшей симметрии, классифицировать молекулярные колебания.

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Введение**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Входной контроль содержит 4 задания. Правильное выполнение каждого задания оценивается в 1 балл.	4

#### **Точечные группы симметрии**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Контроль содержит теоретический вопрос (описать группу). Теория изложена верно - 10 баллов. Приведены примеры с рисунками - 3 балла. Проведено разбиение групп на классы - 2 балла.	15
Контроль содержит второй теоретический вопрос. Теория изложена верно - 10 баллов. Присутствуют доказательства - 3 балла. Приведены рисунки и пояснения - 2 балла.	15

#### **Элементы теории представлений**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Контроль состоит из 15 заданий. Правильное выполнение каждого задания оценивается в 2 балла.	30

#### **Применения теории групп**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Контроль содержит 1 теоретический вопрос. Правильное изложение теории оценивается в 20 баллов. Если в изложении содержатся незначительные ошибки – 10 баллов.	20
Контроль содержит 2 теоретический вопрос. Правильное изложение теории оценивается в 10 баллов. Если в изложении содержатся незначительные ошибки – 5 баллов.	10
Контроль содержит задачу. Правильное выполнение задачи оценивается в 10 баллов. Если решение содержит незначительные ошибки – 5 баллов.	10