

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное 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 73356

Утверждено  
Протокол №12  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **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)

**ОПК.8** способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

**ПК.1** способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин

#### 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>	10
<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>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (10 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

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

#### Введение

Проведение входного контроля. Актуальность теории групп. Симметрия в окружающем мире.

#### Точечные группы симметрии

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

#### Элементы теории представлений

Непрерывные группы. Представления точечных групп. Характеры. Приводимые и неприводимые представления. Соотношение ортогональности для неприводимых представлений. Теорема о разложении приводимых представлений по неприводимым. Теорема Бернсайда.

#### Приложения 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.

## **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, 2010. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/262> (дата обращения: 02.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. <https://elis.psu.ru/node/470283>
2. Курош А. Г. Теория групп:учебник/А. Г. Курош.-Санкт-Петербург:Лань,2005, ISBN 5-8114-0616-9.-648.
3. 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. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский.-5-е изд., стер..-Москва:ФИЗМАТЛИТ,2004, ISBN 5-9221-0530-2.-800
2. 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
3. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел : учебное пособие / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-2061-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72587> (дата обращения: 02.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. <https://elis.psu.ru/node/470450>

## **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 компьютерами 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 и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>знать: точечные группы симметрии; уметь: соотносить конечные тела с соответствующими группами симметрии, анализировать точечные группы; владеть: методами теории групп для решения задач физики твердого тела.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Студент не знает основ дисциплины; не умеет использовать методы теории групп.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> знает: точечные группы симметрии; умеет: соотносить конечные тела с соответствующими группами симметрии, анализировать точечные группы на простом уровне; владеет: методами теории групп для решения простых задач физики твердого тела.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> знает: точечные группы симметрии; умеет: соотносить конечные тела с соответствующими группами симметрии, анализировать точечные группы на базовом уровне; владеет: методами теории групп для решения базовых задач физики твердого тела.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> знает: точечные группы симметрии; умеет: соотносить конечные тела с соответствующими группами симметрии, анализировать точечные группы; владеет: методами теории групп для решения задач физики твердого тела любой сложности.</p>
<p><b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</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</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Студент не знает основ дисциплины; не умеет использовать методы теории групп.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> знает: основные теоремы и определения теории групп; умеет: вычислять характеры неприводимых представлений для простых групп; анализировать снятие вырождения под действием возмущения низкой симметрии в</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	задач с использованием неприводимых представлений.	<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>простых случаях; классифицировать колебания молекул по типам симметрии в простых случаях; владеет: навыками решения простых задач с использованием неприводимых представлений.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>знает: основные теоремы и определения теории групп; умеет: вычислять характеры неприводимых представлений для некоторых групп; анализировать снятие вырождения под действием возмущения низкой симметрии в некоторых случаях; классифицировать колебания молекул по типам симметрии в некоторых случаях; владеет: навыками решения некоторых задач с использованием неприводимых представлений.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>знает: основные теоремы и определения теории групп; умеет: вычислять характеры неприводимых представлений для разных групп; анализировать снятие вырождения под действием возмущения низкой симметрии; классифицировать колебания молекул по типам симметрии; владеет: навыками решения разных задач с использованием неприводимых представлений.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**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	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>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	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).

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</p> <p><b>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Элементы теории представлений</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Умение вычислять характеры неприводимых представлений для групп <math>C_{2v}</math>, <math>C_{3v}</math> и <math>T_d</math>.</p>
<p><b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</p> <p><b>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Приложения теории групп</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание теории представления точечных групп. Способность анализировать характеры групп. Владение теоремами. Умение определять вырождения под действием возмущений меньшей симметрии, классифицировать молекулярные колебания.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

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

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

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Входной контроль содержит 4 задания. Правильное выполнение каждого задания	4

оценивается в 1 балл.	
-----------------------	--

### **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

### **Приложения теории групп**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 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