

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра теоретической физики

Авторы-составители: **Демин Виталий Анатольевич
Марценюк Михаил Андреевич
Хеннер Виктор Карлович
Клименко Людмила Сергеевна**

Рабочая программа дисциплины

ТЕОРИЯ СИММЕТРИИ

Код УМК 62001

Утверждено
Протокол №6
от «08» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Теория симметрии

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Теория симметрии** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)

ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Теория симметрии. Первый семестр

Математическое введение

Операции и группы симметрии. Примеры и приложения в физике. Множества, простейшие операции над множествами. Соответствия между элементами множеств. Проектирование и композиция соответствий. Отображения. Отношение эквивалентности. Комбинаторика.

Теория групп

Группа преобразований. Классификация. Теорема Кэли. Примеры. Соотношение между группами. Изоморфизм и гомоморфизм. Ядро гомоморфизма. Прямое произведение групп. Разбиение группы на классы эквивалентности. Фактор-множества по этим классам. Анализ действия группы на множестве. Орбиты. Независимые области. Стационарные группы точек множества.

Функции на множествах. Классификация функций по группе, действующей на множестве. Лемма Бернсайда. Вес и перечень. Теорема Пойя. Задачи о раскраске и об ожерельях. Применение к задачам классификации функций.

Способы задания групп. Таблица и граф Кэли.

Точечные группы

Преобразования 3-мерного пространства. Анализ ортогональных преобразований и их свойств. Повороты. Инверсия. Отражение в плоскости. Кватернионы. Спиноры. Алгебра Клиффорда и алгебра Грассмана. Преобразование Лоренца. Композиция ортогональных операций симметрии 3-мерного пространства. Геометрические образы преобразований симметрии. Пространство параметров преобразования. Сфера Гамильтона. Группы $O(3)$ и $SU(2)$. Классификация точечных групп симметрии. Геометрические образы генераторов и элементов точечных групп. Изучение классов сопряженных элементов основных точечных групп. Разбиение на классы. Подгруппы точечных групп. Изучение разложений на смежные классы.

Теория представления групп

Матричное представление элементов точечных групп. Действие операций симметрии на функции от векторов. Многомерные представления групп. Тензорные представления. Теорема Машке. Приводимые и неприводимые представления. Характеры представлений.

Применение теории представлений

Классификация молекулярных колебаний. Вычисление характеров колебательного представления. Разложение колебательного представления на неприводимые части. Устойчивость симметричных конфигураций молекулы. Теорема Яна-Теллера. Классификация термов. Снятие вырождения при наложении поля определенной симметрии. Правила отбора для матричных элементов. Тензоры заданной симметрии (инвариантные тензоры).

Пространственные группы и их представления

Элементы симметрии кристаллической решетки. Голоэдри. Репер Браве. Кристаллические системы. Решетки Браве. Решетки Делоне. Многогранники Дирихле (ячейки Вигнера-Зейтца). Зоны Бриллюэна. Кристаллические классы. Типы простых форм кристаллов. Пространственные (федоровские) группы. Магнитные классы. Неприводимые представления пространственных групп. Обратная решетка. Звезда волнового вектора. Группа симметрии волнового вектора. Примеры. Построение представлений на базе локализованных функций.

Классификация нормальных колебаний кристаллических решеток по группам симметрии. Изменение симметрии при фазовом переходе второго рода.

Непрерывные точечные группы

Непрерывные точечные группы. Представления. Примеры. Применение теории групп для классификации атомных состояний. Схемы Юнга. Классификация термов 2-атомной молекулы. Мультиплетные термы. Случаи связи по Хунду. Классификация термов многоатомной молекулы.

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. Белов, Н. П. Основы кристаллографии и кристаллофизики. Часть I. Введение в теорию симметрии кристаллов : учебное пособие / Н. П. Белов, О. К. Покопцева, А. Д. Яськов. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2009. — 45 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/67480>
2. 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

Дополнительная:

1. Чупрунов Е. В., Хохлов А. Ф., Фаддев М. А. Основы кристаллографии: учебник для студентов вузов, обучающихся по физическим и химическим специальностям/Е. В. Чупрунов, А. Ф. Хохлов, М. А. Фаддев.-Москва:Физматлит,2004, ISBN 5-940052-060-1.-500.-Библиогр.: с. 499-500
2. Розин К. М., Гусев Э. Б. Практическое руководство по кристаллографии и кристаллохимии: методы описания кристаллических многогранников/К. М. Розин, Э. Б. Гусев.-Москва:Металлургия,1982.-166.
3. Царев, А. В. Основы теории абелевых групп : учебное пособие / А. В. Царев. — Москва : Прометей, 2012. — 66 с. — ISBN 978-5-7042-2317-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/18597>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

library.psu.ru/node/738 Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

<http://elis.psu.ru> Электронная мультимедийная библиотека ELiS

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

Образовательный процесс по дисциплине **Теория симметрии** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

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

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

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 занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.
Самостоятельная работа студентов: 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
Теория симметрии**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Знать основные элементы теории групп. Уметь описывать точечные и непрерывные группы симметрии, строить функции заданной симметрии. Владеть методами анализа графов Кэли, неприводимых представлений точечных групп, таблиц характеров.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные элементы теории групп. Не умеет описывать точечные и непрерывные группы симметрии, строить функции заданной симметрии. Не владеет методами анализа графов Кэли, неприводимых представлений точечных групп, таблиц характеров.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания основных элементов теории групп. Частично сформированное умение описывать точечные и непрерывные группы симметрии, строить функции заданной симметрии. Имеет представление о методах анализа графов Кэли, неприводимых представлений точечных групп, таблиц характеров.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных элементов теории групп. В целом сформированное, но с отдельными пробелами умение описывать точечные и непрерывные группы симметрии, строить функции заданной симметрии. В целом успешное, но с отдельными пробелами применение методов анализа графов Кэли, неприводимых представлений точечных групп, таблиц характеров.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания основных элементов теории групп. Сформированное умение описывать точечные и непрерывные группы симметрии, строить функции заданной симметрии. Успешное и систематическое применение методов анализа графов Кэли, неприводимых представлений точечных</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p align="center">Отлично</p> <p>групп, таблиц характеров.</p>
<p>ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p>Знать физические приложения теории групп. Уметь строить классификацию молекулярных колебаний, термов, формулировать правила отбора. Владеть методами анализа кристаллографических групп, магнитных классов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает физические приложения теории групп. Не умеет строить классификацию молекулярных колебаний, термов, формулировать правила отбора. Не владеет методами анализа кристаллографических групп, магнитных классов.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания физических приложений теории групп. Частично сформированное умение строить классификацию молекулярных колебаний, термов, формулировать правила отбора. Имеет представление о методах анализа кристаллографических групп, магнитных классов.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания физических приложений теории групп. В целом сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение строить классификацию молекулярных колебаний, термов, формулировать правила отбора. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов анализа кристаллографических групп, магнитных классов.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания физических приложений теории групп. Сформированное умение строить классификацию молекулярных колебаний, термов, формулировать правила отбора. Успешное и систематическое применение методов анализа кристаллографических групп, магнитных классов.</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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Математическое введение Входное тестирование	Элементы аналитической геометрии, векторного анализа
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Теория групп Письменное контрольное мероприятие	Понятия группы преобразований, действия группы на множестве. Построение графа Кэли
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Теория представления групп Письменное контрольное мероприятие	Элементы точечных групп. Основные операции в трехмерном пространстве. Классификация и представления групп.
ПК.1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Непрерывные точечные группы Итоговое контрольное мероприятие	Физические приложения теории групп

Спецификация мероприятий текущего контроля

Математическое введение

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

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

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

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Разложение тензора на неприводимые	5
Операции поворота на плоскости и в трехмерном пространстве	5

Теория групп

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Действие функции на множестве	8
Взаимосвязь элементов группы. Генераторы. Граф Кэли	8
Действие группы на множестве. Понятие орбиты	7
Понятие группы, элемента группы.	7

Теория представления групп

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Точечные группы симметрии. Генераторы групп. Группы $O(3)$ и $SU(2)$.	8
Приводимые и неприводимые представления. Характеры представлений.	8
Матричное представление элементов групп.	7
Повороты. Отражения. Преобразования инверсии. Композиция преобразований. Кватернионы. Спиноры	7

Непрерывные точечные группы

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

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Классификация молекулярных колебаний. Классификация термов. Разложение на неприводимые представления	10
Непрерывные точечные группы. Представления и свойства. Классификация атомных состояний, молекулярных термов	10
Кристаллические классы. Пространственные группы. Магнитные классы. Неприводимые представления пространственных групп.	10

Правила отбора для матричных элементов. Построение тензора заданной симметрии	10