

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра теоретической физики**

Авторы-составители: **Клименко Людмила Сергеевна  
Хеннер Виктор Карлович**

Рабочая программа дисциплины

**ТЕОРИЯ СИММЕТРИИ И ПРИЛОЖЕНИЯ В ФИЗИКЕ**

Код УМК 95403

Утверждено  
Протокол №6  
от «04» июня 2021 г.

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Теория симметрии и приложения в физике

## **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 и приложения в физике** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

#### **03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)**

**ОПК.3** Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

##### **Индикаторы**

**ОПК.3.1** Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности

**ОПК.5** Способен самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии

##### **Индикаторы**

**ОПК.5.2** Приобретает новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии

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

##### **Индикаторы**

**ПК.1.1** Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
<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>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (7 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Теория симметрии и приложения в физике

#### Математическое введение

Симметрия. Операции симметрии. Группы симметрии. Примеры симметрии. Приложение симметрии в физике: классификация кристаллических решеток, молекул, элементарных частиц, молекулярных спектров, классификация решений уравнений математической физики. Фаза Берри, когерентные состояния, фазовые переходы. Спиноры, уравнение Дирака. Теория относительности. Струны и суперструны.

Множества, простейшие операции над множествами: включение, пересечение, объединение, декартовое произведение, дополнение. Пояснить на примерах конечных множеств.

Соответствия между элементами множеств. Примеры соответствий. Пересечение, включение, дополнение и объединение соответствий. Проектирование соответствий. Композиция соответствий.

Отношение между элементами одного и того же множества (как частный случай соответствия). График и граф отношения. Отображения. Сюръекция, инъекция, биекция. Примеры.

Отношение эквивалентности. Свойства отношения эквивалентности (рефлексивность, симметричность, транзитивность). Классы эквивалентности. Фактор-множество по отношению эквивалентности.

Примеры разбиения множеств на классы. Методы введения отношения эквивалентности.

Комбинаторика (подсчет элементов). Число подмножеств конечного множества. Формула включений и исключений. Размещения, перестановки, сочетания, размещения с повторениями, сочетания с повторениями, перестановки с повторениями. Пример применения: подсчет чисел заполнения одночастичных состояний ферми- и бозе- и бозе-и-бозе-частицами.

#### Теория групп

Общее понятие группы преобразований. Минимальный набор свойств операций преобразований, который делает их группой: 1) определение композиции (умножения) операций; 2) ассоциативность композиций (умножения) преобразований; 3) замкнутость композиции относительно введенного множества операций – результат композиции принадлежит той же группе операций; 4) существование тождественного (единичного) преобразования среди элементов группы; 5) существование обратного преобразования и принадлежность его группе. Примеры групп преобразований.

Классификация групп преобразований. Конечные и бесконечные группы. Абелевы и неабелевы группы. Циклические группы. Подгруппы. Примеры. «Универсальные группы»: группа перестановок и унитарная группа, подгруппами которых являются все остальные конечные и компактные непрерывные группы. Доказательство этого утверждения для конечных групп (теорема Кэли). Явное построение на примере группы  $D_3$ .

Соотношение между группами. Изоморфизм и гомоморфизм. Ядро гомоморфизма. Прямое произведение групп. Разбиение группы на классы эквивалентности: 1) Смежные классы (разложение группы по подгруппе, теорема Лагранжа). 2) Классы сопряженных элементов. Фактор-множества по этим классам.

Анализ действия группы на множестве. Орбиты точек множества по группе. Независимые области. Стационарные группы (стацгруппы, стабилизаторы) точек множества. Соответствие между левыми классами смежности по стацгруппе и точками орбиты. Стацгруппы точек, принадлежащих одной и той же орбите. Связь между числом типов орбит и числом подгрупп. Примеры. Классы сопряженных элементов как орбиты. Однородные пространства. Транзитивные группы. Расслоенное пространство. Способы задания групп. Таблица Кэли (таблица умножения элементов). Образующие группы (генераторы группы) и определяющие отношения. Графы Кэли. Примеры построения графов Кэли.

#### Точечные группы

Матричное представление элементов точечных групп. Исходное (векторное) представление групп в виде

матриц преобразования 3-мерного пространства. Понятие об эквивалентных представлениях. Действие операций симметрии на функции от векторов. Многомерные представления групп. Тензорные представления.

Эквивалентность любого представления группы унитарному представлению (теорема Машке).

Примеры унитарных представлений.

Инвариантные подпространства пространства представления. Приводимые и неприводимые представления.

Леммы Шура. Ортогональность матриц неприводимых представлений. Характеры представлений.

Ортогональность характеров неприводимых представлений. Разложение представлений на неприводимые части.

Формирование таблицы характеров неприводимых представлений. Второе соотношение ортогональности для характеров. Использование таблицы характеров для разложения представлений на неприводимые. Примеры.

### **Теория представления групп**

Матричное представление элементов точечных групп. Исходное (векторное) представление групп в виде матриц преобразования 3-мерного пространства. Понятие об эквивалентных представлениях. Действие операций симметрии на функции от векторов. Многомерные представления групп. Тензорные представления.

Эквивалентность любого представления группы унитарному представлению (теорема Машке).

Примеры унитарных представлений.

Инвариантные подпространства пространства представления. Приводимые и неприводимые представления.

Леммы Шура. Ортогональность матриц неприводимых представлений. Характеры представлений.

Ортогональность характеров неприводимых представлений. Разложение представлений на неприводимые части.

Формирование таблицы характеров неприводимых представлений. Второе соотношение ортогональности для характеров. Использование таблицы характеров для разложения представлений на неприводимые. Примеры.

### **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. Трансляции, повороты и отражения, винтовые оси, плоскости зеркального скольжения. Композиция преобразований.

Голоэдри. Репер Браве. Кристаллические системы (триклинная, моноклинная, ромбическая, тетрагональная, ромбоэдрическая, гексагональная, кубическая). 14 типов решеток Браве. Приведение Делоне. 24 сорта Делоне решеток. Многогранники Дирихле (ячейки Вигнера-Зейтца). Зоны Бриллюэна. Кристаллический класс как фактор-группа пространственной группы по подгруппе трансляций. Типы простых форм кристаллов.

Пространственные (федоровские) группы и их разложения по подгруппам. Симморфные и несимморфные группы. Простейшие кристаллические структуры. Понятие о структурном анализе

кристаллических решеток. 1-мерные и 2-мерные пространственные группы. Матрично-векторный вывод федоровских групп.

Магнитные классы (В.М.Зайцев). Примеры построения магнитных классов. Классификация магнетиков.

Приближенная симметрия магнетиков; обменные классы (А.Андреев, В.Борлаков). Представление магнитных классов на двойной сфере Гамильтона.

Классификация нормальных колебаний кристаллических решеток по группам симметрии..

Изменение симметрии при фазовом переходе второго рода.

### **Непрерывные точечные группы**

Непрерывные точечные группы как предельные группы конечных точечных групп. Типы непрерывных точечных групп.

Понятие о представлениях непрерывных точечных групп. Дискретность неприводимых представлений.

Ортогональность матричных элементов и характеров. Инвариантное интегрирование по группе.

Примеры.

Применение теории групп для классификации атомных состояний. Классификация с помощью трехмерной группы поворотов. Инвариантность по отношению к перестановкам электронов. Схемы Юнга.

Классификация термов 2-атомной молекулы. Мультиплетные термы. Случаи связи по Гунду.

Классификация термов многоатомной молекулы. Связь колебаний и вращений 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](http://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 и приложения в физике** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Электронные мультимедийные библиотеки и учебные пособия, в том числе предоставляемые научной библиотекой ПГНИУ и цифровой библиотекой ПГНИУ "ELiS":

- материалы электронной библиотечной системы IPRbooks;
- материалы цифровой библиотеки «Библиотех»;
- Электронно-библиотечная система издательства «Лань»;
- свободный пакет аналитических вычислений Maxima.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://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 проведения лекционных занятий используются аудитории ПГНИУ, оборудованные меловыми и маркерными досками, мультимедийными проекторами и проекционными экранами. Для демонстрации материалов используются ноутбуки Asus N56V, Toshiba SAT P-10 и др., имеющиеся в распоряжении кафедры теоретической физики. Практические занятия проводятся в компьютерных классах. Для самостоятельной работы требуется аудитория, оснащенная ПК с подключением к локальной и глобальной сети.

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  
Теория симметрии и приложения в физике**

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

**ОПК.3**

**Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе педагогической деятельности, для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать основные элементы теории групп. Уметь описывать точечные и непрерывные группы симметрии. Владеть методами анализа графов Кэли, неприводимых представлений точечных групп, таблиц характеров.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные элементы теории групп. Не умеет описывать точечные и непрерывные группы симметрии. Не владеет методами анализа графов Кэли, неприводимых представлений точечных групп, таблиц характеров.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных элементов теории групп. Частично сформированное умение описывать точечные и непрерывные группы симметрии. Имеет представление о методах анализа графов Кэли, неприводимых представлений точечных групп, таблиц характеров.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></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. В целом успешное, но с отдельными пробелами применение методов анализа графов Кэли, неприводимых представлений точечных групп, таблиц характеров.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания основных элементов теории групп. Сформированное умение описывать точечные и непрерывные группы симметрии. Успешное и систематическое применение методов анализа графов Кэли,</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p align="center"><b>Отлично</b></p> неприводимых представлений точечных групп, таблиц характеров.

## ОПК.5

### Способен самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.5.2</b> Приобретает новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p>	<p>Знать информационные ресурсы, программное обеспечение для построения и анализа точечных групп. Уметь строить функции заданной симметрии, графы Кэли. Владеть навыками исследования непрерывных и точечных групп, их представлений с применением современных информационных технологий.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает информационные ресурсы, программное обеспечение для построения и анализа точечных групп. Не умеет строить функции заданной симметрии, графы Кэли. Не владеет навыками исследования непрерывных и точечных групп, их представлений с применением современных информационных технологий.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания информационных ресурсов, программного обеспечения для построения и анализа точечных групп. Демонстрирует частично сформированное умение строить функции заданной симметрии, графы Кэли. Имеет представление о методике исследования непрерывных и точечных групп, их представлений с применением современных информационных технологий.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания информационных ресурсов, программного обеспечения для построения и анализа точечных групп. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения строить функции заданной симметрии, графы Кэли. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методиками исследования непрерывных и точечных групп, их представлений с применением современных информационных технологий.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>информационных ресурсов, программного обеспечения для построения и анализа точечных групп. Сформированное умение строить функции заданной симметрии, графы Кэли. Успешное и систематическое применение навыков исследования непрерывных и точечных групп, их представлений с применением современных информационных технологий.</p>

### ПК.1

#### Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.1</b> Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования</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 style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></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 style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></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 style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></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 style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания</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>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 : Базовая

**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 (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Математическое введение <b>Входное тестирование</b>	Элементы аналитической геометрии, векторного анализа
<b>ОПК.3.1</b> Применяет базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности	Точечные группы <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Понятия группы преобразований, действия группы на множестве. Построение графа Кэли
<b>ОПК.5.2</b> Приобретает новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	Применение теории представлений <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Элементы точечных групп. Основные операции в трехмерном пространстве. Классификация и представления групп.
<b>ПК.1.1</b> Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования	Непрерывные точечные группы <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	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, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

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



## Точечные группы

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

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

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

Проходной балл: **15**

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

## Применение 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: **15**

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

## Непрерывные точечные группы

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**

Показатели оценивания	Баллы
Классификация молекулярных колебаний. Классификация термов. Разложение на неприводимые представления	10
Правила отбора для матричных элементов. Построение тензора заданной симметрии	10
Непрерывные точечные группы. Представления и свойства. Классификация атомных состояний, молекулярных термов	10
Кристаллические классы. Пространственные группы. Магнитные классы. Неприводимые представления пространственных групп.	10