

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория групп

Кафедра Общей и теоретической физики, физического факультета

Образовательная программа

03.03.02 Физика

Профиль подготовки

фундаментальная физика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: дисциплина по выбору

Рабочая программа дисциплины «Теория групп» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» от «8» августа 2020г. № 891.

Разработчик: *кафедра общей и теоретической физики*
Алисултанов З.З., д.ф.-м.н.

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры общей и теоретической физики от «3» марта
2021 г., протокол №6

Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

На заседании Методической комиссии Физического факультета от «30» июня
2021г., протокол №10.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно- методическим
управлением «09» июля 2021г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Теория групп» входит в вариативную часть в блок дисциплин по выбору образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - Физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой общей и теоретической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных исследования физических систем, которые обладают симметрией. Отметим, что такие понятия, как периодичность, инвариантность непосредственно связаны с симметрией. А свойства симметрии определяют законы сохранения как классической, так и квантовой физики.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных - ОПК-1; профессиональных - ПК-10, ПК-11.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия и самостоятельную работу.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: *текущий контроль в форме опросов, контрольной работы и коллоквиума и промежуточный контроль в форме экзамена.*

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий – 68 часов.

Се мес тр	Учебные занятия							Форма промежут очной аттестаци и (зачет, дифферен цированн ый зачет, экзамен	
	в том числе								
	Все го	Контактная работа обучающихся с преподавателем							СРС, в том числ е экза мен
		Всего	из них						
	Лекц ии		Лаборато рные занятия	Практи ческие занятия	КСР	консуль тации			
7	108	68	34	-	34	4	-	36/4	Экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Теория групп» является изучение на основе общей теории симметрии, применяемой почти во всех областях физики и в особенности в квантовой физике. Кроме того, целью является изложение не только теории симметрии, но и ее приложений к широкому кругу физических систем.

Необходимо формировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую картину явлений, происходящих в природе и их связи с теорией симметрии.

Использование теоретико – групповых соображений, как основы единой интерпретации разных сторон электронной структуры кристаллов. Кроме того, необходимо научить студентов самостоятельно применять полученные теоретические знания для решения конкретных задач с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

Задачи дисциплины:

- Показать необходимость применения методов теории групп при исследовании классических и квантовых систем.
- Рассмотреть основные представления теории групп и свойств групп.
- Показать важность принципа симметрии и на ее основе инвариантность уравнения движения.
- Показать, что основным стимулом развития теории групп для физиков является сознание того, что математики рассматривают ее абстрактно, а в физике приложения теории групп оказываются расчлененными по разным разделам.
- Применять приложения теории групп к широкому кругу физических задач.
- Показать роль симметрии в квантовой теории и физике элементарных частиц.
- Рассмотреть основные примеры проявления симметрии.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Теория групп» входит в вариативную часть (по выбору) бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика».

Для ее освоения необходимы знания таких дисциплин как высшая математика и курсы теоретической физики.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико- математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем..
ПК-10	Владеет методами теоретической физики в применении к профессиональным задачам.	<p>Знает: основные физические явления и основные принципы квантовой теории, границы их применения и применение принципов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и константы теоретической физики, их определения, смысл, способы и единицы измерения; фундаментальные физические эксперименты в области исследования частиц и волн, и их роль в развитии науки.</p>

		<p>Умеет: объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления, эффекты и точки зрения фундаментальных физических взаимодействий; указать какие законы описывают то или иное явление (эффект); интерпретировать смысл физических величин и понятий; использовать методы адекватного физического и математического моделирования и методы теоретического анализа к решению конкретных проблем.</p> <p>Владеет: навыками использования основных физических законов и принципов в практических приложениях; навыками применения основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели.</p>
ПК-11	Способен понимать теорию и методы исследования физики конденсированного состояния вещества	<p>Знает: типы связей в конденсированных средах, классификацию веществ – металлы полупроводники и диэлектрики; связь структуры и свойств конденсированных сред; диаграммы состояния многоатомных материалов.</p> <p>Умеет: оценивать тип связи в конденсированных средах согласно их классификации – металлы полупроводники и</p>

		диэлектрики; строить бинарные диаграммы состояния материалов. Владеет: знаниями об энергии взаимодействия между атомами для различных типов связей; знаниями по расшифровке диаграмм состояния многоатомных материалов.
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы - 108 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоят. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич.	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Основные понятия и примеры групп.									
1.	Симметрия в физике.	7		4	4	-	-		опрос
2.	Группы и их свойства.			4	4	-	-	1	опрос
3.	Линейная алгебра и векторное пространство.			5	5	-	-	1	опрос
4.	Представления групп			4	4	-	-		опрос
Итого по модулю 1				17	17	-	-	2	коллоквиум
Модуль 2. Симметрия в квантовой механике и теории кристаллов.									

1.	Основные понятия квантовой теории.	7		6	4	-	-	1	опрос
2.	Симметрия к квантовой системе.			4	4	-	-	1	опрос
3.	Правила отбора.			3	6	-	-		опрос
4.	Расщепление уровней энергии в кристаллическом поле.			4	3	-	-		опрос
Итого по модулю 2				17	17	-	-	2	контрольная работа
Модуль 3. Подготовка к экзамену.		7		36	-	-	-	-	
ИТОГО				34	34	-	-	4	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основные понятия и примеры групп.

Свойства симметрии физических систем. Определение группы. Примеры групп. Линейные операторы. Линейные векторные пространства. Представление групп. Приводимые и неприводимые представления. Характеры представлений.

Модуль 2. Симметрия в квантовой механике и теории кристаллов.

Симметрия к квантовой системе. Законы сохранения. Молекулярные колебания. Представление группы симметрии уравнения Шредингера. Гармоническое приближение и квантовомеханическое решение. Атом водорода. Кристаллографические точечные группы.

4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине.

Название темы	Содержание темы	Объем в часах
Модуль 1. Свойства симметрии физических систем.		
Свойства симметрии физических систем.	Роль симметрии в физике. Примеры проявления симметрии. Поиски симметрии в физике элементарных частиц.	7
Примеры групп.	Группа перестановок. Группа вращений. Точечные группы. Группа трансляций.	4
Представления групп.	Представление группы трансляций. Леммы Шура. Приводимые и неприводимые характеры представлений.	6

Модуль 3. Симметрия в квантовой механике и теории кристаллов.		
Симметрия в квантовой системе. Фазовые переходы.	Представление группы симметрии уравнения Шредингера. Гармоническое приближение и квантовомеханическое решение. Фазовые переходы второго рода. Метод расчета возможных изменений симметрии кристалла.	8
Кристаллические точечные группы. Группы вращений. Изоспин и группа SU_2 .	Операции точечных групп и обозначения. Неприводимые представления точечных групп. Расщепление уровней в кристаллическом поле. Приложение группы R_3 к структуре атома. Вращательная инвариантность и следствия. Изоспин в ядрах. Изоспин элементарных частиц. Изоспиновая симметрия.	9

5. Образовательные технологии

В течение семестра студенты посещают лекции, проводятся контрольные работы и коллоквиум. В конце семестра выставляется зачет после выполнения контрольных работ и самостоятельной работы. При проведении занятий используются в основном традиционный метод чтения лекций с подробным выводом основных математических выражений. Некоторые лекции читаются, используя мультимедийные технологии с интерактивной доски. Обучающие и контрольные модули внедрены в учебный процесс и размещены на образовательном сервере ДГУ, к которым имеется свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала, используя конспекты лекций и другие источники;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- изучение дополнительного материала для самостоятельной работы.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
---	---

Введение. Основные представления теории групп.	Примеры проявления симметрии в физике. Роль симметрии.
Группы и их свойства.	Примеры групп. Изоморфизм. Прямое произведение групп. Сопряженные элементы и классы.
Векторное пространство.	Примеры линейных векторных пространств. Унитарный оператор. Эрмитов оператор.
Представления групп.	Различные представления в квантовой теории. Свойства ортогональности неприводимых представлений. Характеры представлений.
Произведение двух представлений.	Прямое произведение представлений. Разложение неприводимого представления. Проекционные операторы.
Симметрия в квантовой механике.	Основные понятия квантовой теории. Вырождение и классификация по симметрии. Теория групп и вариационный принцип.
Молекулярные колебания.	Гармоническое приближение и его классическое и квантовое решение. Волновые функции и колебательные уровни энергии.
Группы вращений.	Инфинитезимальные операторы. Группа R_2 . Группа R_3 . Комплексно-сопряженное представление.
Точечные группы и их применение.	Перечисление точечных групп. Кристаллографические точечные группы. Расщепление уровней атомов в поле кристалла.
Применения группы SU_3 к элементарным частицам.	Гиперзаряд. Барионный заряд. Классификация адронов по SU_3 – мультиплетам. Формула расщепления масс.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации бакалавра (экзамен). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания.

1. Предмет теории групп. Основные понятия и представления.
2. Симметрия в физике.
3. Изоморфизм и гомоморфизм.
4. Линейные векторные пространства.
5. Примеры групп. Определения.
6. Приводимые и неприводимые представления групп.
7. Прямое произведение представлений.
8. Вариационный принцип в теории групп.
9. Примеры групп вращений.
10. Применение теории групп в кристаллографии.
11. Классификация адронов по мультиплетам.
12. Представление группы симметрии уравнений квантовой механики.
13. Характер представлений.
14. Приложение теории групп к фазовым переходам 2-го рода.
15. Звук в кристаллах.
16. Электронные уровни в кристаллах.
17. Евклидова группа.

Перечень вопросов к экзамену.

1. Свойства симметрии физических систем.
2. Определение группы и основные понятия.
3. Простейшие примеры групп.
4. Изоморфизм и гомоморфизм групп.
5. Группы перестановок, вращений.
6. Точечная группа.
7. Группы трансляций.
8. Симметрия кристаллов.
9. Теория представления групп.
10. Представление группы симметрии уравнения Шредингера.
11. Приводимые и неприводимые представления.
12. Леммы Шуры.
13. Характеры представлений групп.
14. Гармоническое приближение: классическое и квантовое решения.
15. Группы R_2 и R_3 .
16. Кристаллографические точечные группы.
17. Группа SU_3 и ее применения.

18. Изоспин в ядрах.
19. Изоспин и элементарные частицы.
20. Классификация адронов по SU_3 – мультиплетам.
21. Расщепление атомных уровней в кристаллическом поле.
22. Барионный заряд.

Тематика контрольных работ.

1. Симметрия в физической науке.
2. Теория представлений групп.
3. Приложения теории групп в физике ядра и элементарных частиц.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 50% и промежуточного контроля – 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 15 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Курош А.Г. Теория групп. Изд-во: Книга по Требованию, (изд-е 3), 2012.
2. Наймарк М.А. Теория представлений групп. Изд-во: Физматлит
Серия: Классика и современность, 2010.

3. Любарский Т.Я. Теория групп и ее применение в физике: Курс лекций для физиков-теоретиков. Изд-во Ленанд, 2016.
4. Любарский Т.Я. Теория групп и физика. Изд-во Ленанд Серия: Проблемы науки и технического прогресса 2014.

б) дополнительная литература:

1. Каргаполов М.И., Мерзляков Ю.И. Основы теории групп. М.: Наука, 1982.
2. Е. Вигнер, Теория групп и ее приложения к квантовомеханической теории атомных спектров, Издательство - ИО НФМИ, 2000;
3. Румер Ю. Б., Фет А. И. Теория групп и квантованные поля. Изд-во: Либроком, Серия: Физико-математическое наследие: физика (математическая физика), 2013;
4. Чеботарев Н.Г., Теория групп Ли. Изд-во: Либроком, Серия: Физико-математическое наследие. Математика (алгебра), 2015;
5. Хамермеш М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам. Пер. с англ. Изд-во Ленанд, Физико-математическое наследие: физика (математическая физика), 2016.
6. Громов М. Гиперболические группы. М.: ИКИ, 2002.
7. Богопольский О.В. Введение в теорию групп. М.: ИКИ, 2002.
8. Алисултанов З.З., Мейланов Р.П., Мусаев Г.М. Основы теории групп. Учебно-методическое пособие, изд-во: ДГУ, 2015.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Международная база данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>;
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>;
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru;
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>;
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>;
6. <http://physweb.ru/db/section/e190500000>;
7. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <http://lib.mexmat.ru/>;
8. Научно-образовательный центр при МИАН <http://www.mi.ras.ru/>
9. Книги по электродинамике <http://www.sciteclibrary.ru/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?num=1170686788>.
10. <http://public.web.cern.ch/public/en/LMC/LMC-en.html> - сайт LMC (The Lange

Hadron Collider) – Большой Адронный Коллайдер. (08.12.2014)

11. <http://nobelprize.org/nobelprizes/physics/laureates/> - сайт комитета по присвоению Нобелевских премий по физике (08.12.2014)

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Самостоятельная работа студентов включает:

- проработка учебного материала, используя конспекты лекций, учебной и научной литературы;
- написание рефератов;
- работа с тестовыми заданиями и вопросами для самопроверки;
- решение задач;

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. В случае, если студентом пропущено лекционное занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче зачета.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.

- Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

Также по данной дисциплине подготовлен электронный курс лекций, который будет в скором времени размещен на сайте ДГУ.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.