

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: вариативная по выбору

Махачкала 2020

Рабочая программа дисциплины «Теория групп» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» (уровень бакалавриат) от «7» августа 2014г. № 937.

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 «21» января 2020 г.,
протокол № 5

Врио зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

На заседании Методической комиссии Физического факультета
от « 28 » февраля 2020 г., протокол №6

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «26» марта 2020г..

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Теория групп» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика» и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой общей и теоретической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с исследованиями 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:

- общефессиональных - ОПК-1;
- профессиональных - ПК-1, ПК-4;

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 4 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семе стр	Учебные занятия								Форма промежуточн ой аттестации (зачет, дифференцир ованный зачет, экзамен
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
		Всего	из них						
			Лекции	Лабораторн ые занятия	Практичес кие занятия	КСР	консульта ции		
7	144	48	18	-	30	-	-	96	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	Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания о предмете и объектах и методах исследования, достижениях и ограничениях естественных наук.	Знать: - Современные концепции и основные достижения в высшей математике и теоретической физике; - Необходимость применения методов теории групп в различных областях теоретического исследования различных структур; - О тех проблемах, которые не решаются при изучении фундаментальных проблем. Уметь: - Применять на практике полученные теоретические знания.
ПК-1	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.	Знать: - Основные разделы общей и теоретической физики, необходимые для успешного прохождения дисциплины «теория групп»; Уметь: - Применить принципы симметрии в квантовой и классической механике в вопросах физики ядра и элементарных частиц.
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профессиональных физических дисциплин.	Знать: - Основные представления и принципы теории групп. - О возможности применения результатов исследования в области теории групп при решении практических задач в различных областях физической науки. Уметь: - Использовать результаты изучения методов теории групп в физике твердого тела и квантовой механики.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы - 144 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. занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Основные понятия и примеры групп.									
1.	Симметрия в физике.	7		1	1	-	-	3	опрос
2.	Группы и их свойства.			2	3	-	-	6	опрос
3.	Линейная алгебра и векторное пространство.			1	2	-	-	3	опрос
4.	Представления групп			2	4	-	-	8	опрос
Итого по модулю 1				6	10	-	-	20	коллоквиум
Модуль 2. Симметрия в квантовой механике и теории кристаллов.									
1.	Основные понятия квантовой теории.	7		1	2	-	-	4	опрос
2.	Симметрия к квантовой системе.			1	2	-	-	4	опрос
3.	Правила отбора.			2	3	-	-	6	опрос
4.	Расщепление уровней энергии в кристаллическом поле.			2	3	-	-	6	опрос
Итого по модулю 2				6	10	-	-	20	контрольная работа
Модуль 3. Физические приложения теории групп.									
1.	Приложение и структура атома группы R ₃	7		2	2	-	-	4	опрос
2.	Фазовые переходы.			1	2	-	-	4	опрос
3.	Группа SU ₃ и ее			2	2	-	-	6	опрос

	приложения.								
4.	Изоспин и группа SU_2 .			1	4	-	-	6	опрос
Итого по модулю 3				6	10	-		20	экзамен
Модуль 4.	Подготовка к экзамену.	7			-	-	-	36	
ИТОГО				18	30	-	-	96	

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.

Модуль 3. Физические приложения теории групп.

Группы вращений R_2 и R_3 . Угловой момент и группа R_3 . Фазовые переходы. Электронные уровни в кристалле. Изоспин и изогруппа SU_3 . Барионный заряд. Гиперзаряд.

4.3.2. Содержание лабораторно-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.	2
Примеры групп.	Группа перестановок. Группа вращений. Точечные группы. Группа трансляций.	4
Представления групп.	Представление группы трансляций. Леммы Шура. Приводимые и неприводимые характеры представлений.	4
Модуль 3. Симметрия в квантовой механике и теории кристаллов.		

Симметрия в квантовой системе.	Представление группы симметрии уравнения Шредингера. Гармоническое приближение и квантовомеханическое решение	4
Кристаллические точечные группы.	Операции точечные групп и обозначения. Неприводимые представления точечных групп. Расщепление уровней в кристаллическом поле.	4
Модуль 3. Физические применения теории групп.		
Группы вращений.	Приложение группы R_3 к структуре атома. Вращательная инвариантность и следствия.	2
Фазовые переходы.	Фазовые переходы второго рода. Метод расчета возможных изменений симметрии кристалла.	4
Изоспин и группа SU_2 .	Изоспин в ядрах. Изоспин элементарных частиц. Изоспиновая симметрия.	2
Группа SU_3 .	Гиперзаряд и барионный заряд. Группа и подгруппа SU_3 . Неприводимые представления группы SU_3 .	4

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 которому 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. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-1	Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания о предмете и объектах и методах исследования, достижениях и ограничениях естественных наук.	Знать: - Основные проблемы современной теоретической физики, в том числе теории групп, которые необходимы для получения знаний по фундаментальной теории; Уметь: - Показать необходимость использования теории групп при решении различных задач теоретической физики.	Устный опрос
ПК-1	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.	Знать: - Что специализированные знания в области физики необходимы для успешного изучения вопросов теории групп и других профильных дисциплин. Владеть: - Методами аналитического расчета квантовомеханических задач.	Устный опрос, Контрольная работа
ПК-4	способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профессиональных физических	Знать: - Основные представления теории элементарных частиц. - Элементы кристаллографии. Владеть: - Навыками использования квантовых представлений в теории групп.	Коллоквиум

	дисциплин.		
--	------------	--	--

7.2. Типовые контрольные задания.

7.2.1. Перечень примерных контрольных вопросов для самостоятельной работы.

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.

7.2.2. 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.

7.2.3. 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. Ведерников В.А. Элементы теории групп [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Ведерников, Е.Н. Демина. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский городской педагогический университет, 2013. — 124 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26668.html> (12.10.2018)
2. Монахов В.С. Введение в теорию конечных групп и их классов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.С. Монахов. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2006. — 207 с. — 985-06-1114-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20264.html> (12.10.2018)
3. **Любарский, Г.Я.** Теория групп и её применение в физике / Г. Я. Любарский. - М. : Госиздат физ-мат лит., 1958. - 354 с. - 0-0.
Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
4. Курош А.Г. Теория групп. Изд-во: Книга по Требованию, (изд-е 3), 2012.
5. Наймарк М.А. Теория представлений групп. Изд-во: Физматлит
Серия: Классика и современность, 2010.
6. Любарский Т.Я. Т Теория групп и ее применение в физике: Курс лекций для физиков-теоретиков. Изд-во Ленанд, 2016.
7. Любарский Т.Я. Теория групп и физика. Изд-во Ленанд Серия: Проблемы науки и технического прогресса 2014.

б) дополнительная литература:

1. **Хамермеш, М.** Теория групп и ее применение к физическим проблемам / М. Хамермеш ; Пер. с англ. Ю.А.Данилова. - М. : Мир, 1966. - 588 с. - 2-39. **Местонахождение: Научная библиотека ДГУ**
2. Алисултанов З.З., Мейланов Р.П., Мусаев Г.М. Основы теории групп. Учебно-методическое пособие, изд-во: ДГУ, 2015.
3. **Ландау, Л.Д.** Квантовая механика. Нерелятивистская теория : учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1974. - 752 с. - (Серия "Теоретическая физика". Т.3). - 0-0. **Местонахождение: Научная библиотека ДГУ**
4. Каргаполов М.И., Мерзляков Ю.И. Основы теории групп. М.: Наука, 1982.
5. Е. Вигнер, Теория групп и ее приложения к квантовомеханической теории атомных спектров, Издательство - ИО НФМИ, 2000;

6. Румер Ю. Б., Фет А. И. Теория групп и квантованные поля. Изд-во: Либроком, Серия: Физико-математическое наследие: физика (математическая физика), 2013;
7. Чеботарев Н.Г., Теория групп Ли. Изд-во: Либроком, Серия: Физико-математическое наследие. Математика (алгебра), 2015;
8. Громов М. Гиперболические группы. М.: ИКИ, 2002.
9. Богопольский О.В. Введение в теорию групп. М.: ИКИ, 2002.

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

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке(доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. - Махачкала, г. - Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. - URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).
4. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
5. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
6. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
7. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
8. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
9. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
10. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
11. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>

12. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
13. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

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.