



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета

/Н.М. Буднев  
«20» апреля 2024 г.



**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины: Б1.В.08 Теория групп


Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика


Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета  
Протокол №42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель   
Н.М.Буднев

Рекомендовано кафедрой:  
Протокол №7  
От «15» марта 2024 г.

И.о. зав. кафедрой   
С.В. Ловцов

Иркутск 2024 г.

## Содержание

I. Цели и задачи дисциплины.....	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП:.....	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	3
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	4
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	4
4.3. Содержание учебного материала.....	4
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	5
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	6
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	6
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	6
Учебным планом написание курсовых работ не предусмотрено.....	6
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	6
а) список литературы.....	6
б) периодические издания.....	6
в) список авторских методических разработок.....	7
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	7
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	7
VII. Образовательные технологии:.....	7
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	7
Приложение: фонд оценочных средств	

## I. Цели и задачи дисциплины

Курс "Теория групп" читается на 3 курсе (6-й семестр). Фундаментальная подготовка специалистов по теоретической физике физического факультета предполагает продолжение систематического образования в области теоретической физики, включая ее классический раздел – теория групп.

### Цели курса

Цель курса - овладение аппаратом теории групп и его приложение в физике элементарных частиц, дифференциальных уравнений, а также полей, изучаемых в механике сплошной среды.

### Задачи курса

Первая часть посвящена задаче изучения теории групп в классическом виде.

Во второй части курса изучаются задачи разделения переменных дифференциальных уравнений в частных производных, классификация элементарных частиц по представлениям групп Ли. Анализ вторично-квантованных систем методами теории групп.

## II. Место дисциплины в структуре ОПОП:

«Теория групп» относится к дисциплинам, формируемым участниками образовательного процесса. Изучение разделов курса предполагает использование полученных основных знаний, умений на последующем уровне образования.

1. Для изучения дисциплины, необходимы знания и умения из читаемой на первом курсе дисциплин «Математический анализ» «Линейная алгебра».
2. Знания и умения, приобретаемые студентами после изучения дисциплины, будут использоваться при изучении Теоретических курсов физики.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
Индикаторы компетенции	ИДК <sub>ПК</sub> 1.1 Применяет физико-математический аппарат в сфере своей профессиональной деятельности
Результаты обучения	<b>Знает:</b> основные определения и понятия теории групп и их представлений; основные матричные группы, связи группы Ли и алгебры Ли, свойства генераторов и структурных констант <b>Умеет:</b> использовать знания для решения задач теоретической физики и в образовательной деятельности; решать задачи по всем разделам курса <b>Владеет:</b> навыками использования предметной терминологии при решении различных задач математики и теоретической физики.

## IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа, в том числе 85 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 36 часов.

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации		
1	1-7	6	144	36	36	36	1	59	Практическое задание; вопросы к зачету
Итого:			144	36	36	36	1	59	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
6	Тема 1-7	Задание в виде задач	После пройденных тем	59	Демонстрация готовых решений	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ.

#### 4.3. Содержание учебного материала

##### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные понятия и общие свойства алгебр Ли. Аксиомы, понятие об структурных константах, идеале. Базис Вейля. Классические комплексные алгебры Ли  $A_n, B_n, C_n, D_n$ .

Принцип эквивалентности. Фактор-пространство и Фактор алгебра. Операции над алгебрами, прямая и полупрямая сумма алгебр. Фактор алгебра, дифференцирование. Представление алгебр Ли. Разрешимые, нильпотентные, полупростые и простые алгебры Ли. Теорема Адо. Разрешимые и нильпотентные алгебры Ли. Форма Киллинга. Простые и полупростые алгебры Ли.

2. **Структура алгебр Ли.** Теорема Леви-Мальцева об разложении произвольной алгебры Ли. Классификация простых комплексных алгебр Ли. Система корней. Схемы Дынкина. Вещественные формы комплексных алгебр Ли и их классификация. Разложения Картана, Гаусса, Ивасана.

3. **Элементы теории представлений алгебр Ли.** Веса, старшие веса, их свойства. Фундаментальные представления. Конечномерные неприводимые представления алгебр  $sl(2, \mathbb{C})$  и  $sl(3, \mathbb{C})$ . Компактные вещественные формы, фундаментальные представления  $su(3)$ . Тензорные произведения представлений и разложение их на неприводимые, схемы Юнга. Элементы Казимира и их собственные значения. Универсальная обертывающая алгебра.

4. **Группы Ли.** Дифференцируемые многообразия. Касательные пространства и векторные поля, преобразование векторных полей. Мера Хаара, группы Ли. одно параметрические подгруппы. Алгебры и группы Ли. Присоединенная группа. Прямое и полупрямое произведение групп Ли. Разложение Леви-Мальцева. Разложение Гаусса, Картана, Ивасана и Брюа. Классификация простых групп Ли. Инвариантная мера и инвариантная метрика на группах Ли. Экспоненциальное отображение, формула Кемпена-Хаусдорфа.

5. **Представление групп Ли.** Общие свойства неприводимых представлений, сплетающий оператор. Леммы Шура. Теорема Бернеайда. Регулярные представления. Унитарные представления. Инфинитезимальный метод. Унитарный трюк. Индуцированные представления. Алгебраическая конструкция индуцированных представлений. Простейшие свойства, метод малой группы.

6. **Элементарные частицы и неприводимые представления** изотопические мультиплеты, Формула Гелмана-Нишиджима. Гипотеза кваркового строения адронов. Массовые формулы и теорема Вигнера-Экарта. Приложения теории к проблеме объединения пространственных и внутренних симметрии. Контракция алгебр Ли. Алгебры симметрии дифференциальных уравнений и разделение переменных.

7. **Симметрии дифференциальных уравнений.** Их связь с системами позволяющими разделять переменные.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 1	Основные понятия и общие свойства алгебр Ли	4	Решение задач на практических занятиях, проверка домашней работы	ПК-1
2.	Тема 2	Структура алгебр Ли	4		ПК-1
3.	Тема 3	Элементы теории представлений алгебр Ли	4		ПК-1
4.	Тема 4	Группы Ли	6		ПК-1
5.	Тема 5	Представление групп Ли	6		ПК-1
6.	Тема 6	Элементарные частицы и неприводимые представления	6		ПК-1
7.	Тема 7	Симметрии дифференциальных уравнений	6		ПК-1

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
	Темы 5-7	Решение задач домашней работы	задачи по темам 5-7	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ.	59

#### 4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Для закрепления материала, рассмотренного на лекциях и практических занятиях, студентам предлагаются задачи по изучаемым разделам. Оценка самостоятельной работы студентов проводится в виде проверки домашней работы и устного зачета.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом написание курсовых работ не предусмотрено.

#### V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

##### а) список литературы

основная литература

1. [Курош, А. Г.](#) Теория групп / А. Г. Курош. - Москва: Лань, 2005. - 648 с. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 5-8114-0616-9.
2. [Шилин, И. А.](#) Введение в алгебру. Группы / И. А. Шилин. - Москва: Лань, 2012. - 208 с. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1419-2
3. Каргаполов, М.И. Основы теории групп [Электронный ресурс] / М. И. Каргаполов, Ю. И. Мерзляков. - Москва: Лань, 2009. - 287 с. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0894-8.

дополнительная литература

1. Барут, А. Теория представлений групп и ее приложения: в 2 т. / А. Барут, Р. Рончка. - М.: Мир, 1980. Т. 2. - 1980. - 393 с. (нф А101572(2); нф А102120(2); нф А118763)
2. [Ляховский, В. Д.](#) Группы симметрии и элементарные частицы: учеб. пособие / В. Д. Ляховский, А. А. Блохов ; ЛГУ им. А. А. Жданова. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. - 336 с. (нф А207641; нф А214669; нф А237390)
3. Эллиот, Д. Симметрия в физике: в 2 т. / Д. Эллиот, П. Добер. - М.: Мир, 1983. Т. 1: Основные принципы и простые приложения. - 1983. - 364 с. (нф А215414; нф А216103; нф А216104)
4. Эллиот, Д. Симметрия в физике: в 2 т. / Д. Эллиот, П. Добер. - М.: Мир, 1983. Т. 2: Дальнейшие приложения. - 1983. - 410 с. (нф А213287; нф А213288; нф А228244)

### **б) периодические издания**

- нет

### **в) список авторских методических разработок**

- нет

### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<http://library.isu.ru/> - Научная библиотека ИГУ;

Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ:

- <https://isu.bibliotech.ru/> - ЭЧЗ «БиблиоТех»;
- <http://e.lanbook.com> - ЭБС «Издательство «Лань»;
- <http://rucont.ru> - ЭБС «Рукопт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;
- <http://ibooks.ru/> - ЭБС «Айбукс» - интернет ресурсы в свободном доступе;

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

## **VII. Образовательные технологии:**

При изучении данной дисциплины используются следующие образовательные технологии:

1. Лекции, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач
2. Практические занятия, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
3. Консультации – еженедельно для всех желающих студентов.
4. Текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется в основном на практических занятиях при дискуссии о результатах выполненных практических работ.

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

Форма промежуточной аттестации — зачет с оценкой.

**Текущий контроль** осуществляется в виде устного опроса студентов по теме предшествующего занятия.

### **Тематика заданий для самостоятельной работы**

- 1) Элементы Казимира и их собственные значения. Универсальная обертывающая алгебра.
- 2) Общие свойства неприводимых представлений, сплетающий оператор. Леммы Шура. Теорема Бернеайда. Регулярные представления.

- 3) Унитарные представления. Инфинитезимальный метод. Унитарный трюк.  
Индукцированные представления. Алгебраическая конструкция

### Примерный перечень вопросов и заданий к зачету

1. Аксиомы, понятие об структурных константах, идеале. Базис Вейля. Классические комплексные алгебры Ли  $A_n, B_n, C_n, D_n$
2. Операции над алгебрами, прямая и полупрямая сумма алгебр. Фактор алгебра, дифференцирование.
3. Представление алгебр Ли. Разрешимые, нильпотентные, полупростые и простые алгебры Ли
4. Форма Киллинга. Простые и полупростые алгебры Ли.
5. Теорема Леви-Мальцева об разложении произвольной алгебры Ли. Классификация простых комплексных алгебр Ли.
6. Система корней. Схемы Дынкина.
7. Вещественные формы комплексных алгебр ли и их классификация. Разложения Картана, Гаусса, Ивасана.
8. Веса, старшие веса, их свойства. Фундаментальные представления. Конечномерные неприводимые представления алгебр  $sl(2, \mathbb{C})$ .
9. Веса, старшие веса, их свойства. Фундаментальные представления. Конечномерные неприводимые представления алгебр  $sl(3, \mathbb{C})$ .
10. Компактные вещественные формы, фундаментальные представления  $su(3)$
11. Тензорные произведения представлений и разложение их на неприводимые, схемы Юнга.
12. Дифференцируемые многообразия. Касательные пространства и векторные поля, преобразование векторных полей.
13. Мера Хаара, группы Ли. одно параметрические подгруппы. Алгебры и группы Ли. Присоединенная группа.
14. Прямое и полупрямое произведение групп Ли.
15. Разложение Леви-Мальцева. Разложение Гаусса, Картана, Ивасана.
16. изотопические мультиплеты, Формула Гелмана-Нишиджима.
17. Гипотеза кваркового строения адронов
18. Приложения теории к проблеме объединения пространственных и внутренних симметрии.
19. Контракция алгебр Ли.
20. Алгебры симметрии дифференциальных уравнений и разделение переменных.
21. Симметрии дифференциальных уравнений, их связь с системами, позволяющими разделять переменные.

### Разработчики:



доцент кафедры теоретической физики

С.В. Ловцов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«15» марта 2024 г.

Протокол №7 И.о. зав. кафедрой



С.В. Ловцов

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**