



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)


ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП ДТФИТ

И.о. зам. директора по учебной и
методической работе ИНТПМ


(подпись)

Нефедев К.В.
(ФИО)



Красицкая С.Г.
(ФИО.)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория групп

Направление подготовки 03.03.02 Физика

профиль «Цифровые технологии в физике»

Форма подготовки очная

курс 3 семестр 5

лекции 34 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы 0 час.

в том числе с использованием МАО лек. 4 / пр. 32 / лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 70 час.

в том числе с использованием МАО 36 час.

самостоятельная работа 38 час.

в том числе на подготовку к экзамену 0 час.

контрольные работы (количество) 0

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 5 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **03.03.02 Физика**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 07 августа 2020 г. № 891

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий

протокол № _____ от « _____ » _____ 20__ г.

Директор департамента профессор, д.ф.-м.н. Нефедев К.В.

Составитель: Гой А.А.

Владивосток

2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: изложение базового материала по теории групп, который широко используется в современной теоретической физике и знание которого необходимо для понимания соответствующей научной литературы и проведения самостоятельных исследований.

Задачи:

- познакомить студентов с базовым математическим аппаратом, основными понятиями и теоремами теории групп, с теорией представлений групп;
- рассмотреть широкий круг приложений теории групп в теоретической физике, причем обсуждение приложений должно сопровождаться более детальным изучением соответствующих конкретных групп;
- обеспечить теоретическую подготовку и практические навыки для изучения других математических курсов и курсов теоретической физики (квантовая механика, теория гравитации и теория квантовых и классических полей).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (элементы компетенций):

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научное мышление	ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Использует в профессиональной деятельности основы физико-математических и (или) естественных наук ОПК -1.2 Решает стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и (или) естественнонаучных знаний, методов математического анализа

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК -1.1	Знает: определение группы; примеры групп; классификацию и примеры групп.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	Умеет: доказывать простейшие теоремы; анализировать конкретные группы.
	Владеет: навыками использования теории групп при решении различных задач.
ОПК -1.2 Решает стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и (или) естественно-научных знаний, методов математического анализа	Знает физические законы и математические методы решения теоретических и прикладных задач.
	Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.
	Владеет навыками использования знаний физики, математики и математического анализа при решении задач теоретического и прикладного характера.

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часов.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1.	Симметрии и абстрактные группы	5	14	-	14	-	16	-	УО-2, ПР-2
2.	Теория представлений групп	5	18	-	16	-	26	-	УО-2, ПР-2
	Итого:		32	-	34	-	42	-	

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия (32 часа)

Раздел I. Симметрии и абстрактные группы (14 часа)

Тема 1. Симметрия в физике (4 час., проблемная лекция)

Общее определение симметрии. Симметрия в математике (симметрии равностороннего треугольника, правильные многогранники). Симметрия в физике (классическая физика, спонтанное нарушение симметрии, физика микромира, физика элементарных частиц, космология).

Тема 2. Абстрактные группы (4 часа)

Определение и простейшие теоремы. Классификация и примеры групп (абелевы группы, циклическая группа, группа D_3). Основные понятия и теоремы (сдвиг по группе, подгруппа, порядок элемента, сопряженные совокупности, сопряженные элементы и класс, инвариантная подгруппа, фактор-группа, изоморфизм и гомоморфизм).

Тема 3. Группа перестановок (4 часа)

Принцип тождественности частиц, принцип запрета Паули. Координатная и спиновые волновые функции. Схемы Юнга. Группа перестановок. Теорема Кэли. Циклы. Циклическая структура перестановок. Оператор перестановки, чётность перестановки.

Тема 4. Векторные пространства и линейные операторы (2 часа)

Векторные пространства. Скалярное произведение. Ортонормированный базис. Евклидово n -мерное пространство. Функциональные пространства. Линейные операторы. Матричное представление. Сопряженный оператор. Унитарный оператор. Обратный оператор. Трансформированный оператор. Индуцированные преобразования функций.

Раздел II. Теория представлений групп (18 час.)

Тема 5. Представления групп (4 часа)

Определение представления группы. Матричные представления. Эквивалентные представления. Теорема Машке. Пример: группа D_3 . Инвариантные подпространства. Приводимые и неприводимые представления.

Тема 6. Неприводимые представления (4 часа)

Неприводимые представления группы. Леммы Шура. Неприводимые представления абелевых групп. Соотношения ортогональности. Неприводимые представления группы D_3 . Характеристики представлений и их свойства. Критерий неприводимости.

Тема 7. Непрерывные группы (4 часа)

Примеры непрерывных групп. Инфинитезимальные операторы. Перестановочные соотношения. Группа двумерных вращений R_2 . Неприводимые представления группы R_2 . Двумерное представление группы R_2 . Инфинитезимальные операторы группы R_2 . Преобразования функций, индуцированные R_2 . Активное и пассивное истолкование вращений.

Тема 8. Трёхмерные вращения (6 часа)

Изотропия пространства и момент импульса. Трёхмерные вращения: углы Эйлера. Матрица поворота. Генераторы поворотов. Группа трёхмерных вращений R_3 . Операторы момента импульса. Неприводимые представления группы R_3

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия (34 часа)

Занятие 1. Абстрактные группы (4 часа, семинар по решению задач в диалоговом режиме)

1. Образуют ли группу следующие множества матриц, если в качестве группового умножения взять обычное умножение матриц?

$$a) \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & a_{33} \end{pmatrix}, \quad \prod a_{ii} \neq 0; \quad c) \begin{pmatrix} 0 & a_{12} \\ a_{21} & 0 \end{pmatrix}.$$

$$b) \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} \neq 0;$$

2. Являются ли две группы шестого порядка G и R с таблицами умножения, приведёнными ниже, изоморфными?

E	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅
G ₁	E	G ₄	G ₅	G ₂	G ₃
G ₂	G ₅	E	G ₄	G ₃	G ₁
G ₃	G ₄	G ₅	E	G ₁	G ₂
G ₄	G ₃	G ₁	G ₂	G ₅	E
G ₅	G ₂	G ₃	G ₁	E	G ₄

E	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
R ₁	R ₂	E	R ₄	R ₅	R ₃
R ₂	E	R ₁	R ₅	R ₃	R ₄
R ₃	R ₅	R ₄	E	R ₂	R ₁
R ₄	R ₃	R ₅	R ₁	E	R ₂
R ₅	R ₄	R ₃	R ₂	R ₁	E

Занятие 2. Абстрактные группы (4 часа, семинар по решению задач в диалоговом режиме)

1. Постройте таблицу умножения группы D_4 – собственных совмещений (вращений) плоского квадрата. Используя эту таблицу
 - найдите порядки всех элементов;
 - найдите все подгруппы группы D_4 ;
 - разбейте группу на сопряженные совокупности справа и слева;
 - разбейте группу на классы взаимно сопряженных элементов;
 - найдите инвариантные подгруппы;
 - составьте таблицу умножения для соответствующей фактор-группы.
2. Доказать, что если группа H гомоморфна группе G , то:
 - единичному элементу группы G соответствует единичный элемент группы H ;
 - взаимно обратным элементам группы G соответствуют взаимно обратные элементы группы H ;
 - все элементы группы G , которые соответствуют единичному элементу группы H , образуют инвариантную подгруппу G ;
 - элементы группы G , соответствующие элементу H_i , образуют сопряжённую совокупность, NG_i , где G_i – любой из элементов группы G , соответствующий элементу H_i , а N - инвариантная подгруппа, соответствующая единичному элементу группы H .

Занятие 3. Абстрактные группы (4 часа, семинар по решению задач в диалоговом режиме)

1. Доказать, что порядок группы является целым кратным порядка любого её элемента.
2. Доказать, что все элементы одного класса имеют один и тот же порядок.
3. Доказать, что центр группы всегда является её подгруппой.

Занятие 4. Векторные пространства и линейные операторы (4 часа, семинар по решению задач в диалоговом режиме)

1. Пусть E_3 – 3-мерное евклидово пространство. Покажите, что если E_1 – его одномерное подпространство, заданное векторами $\{a, a, 0\}$, то его ортогональное дополнение E_2 определяется векторами $\{b, -b, c\}$. Представьте вектор $\{1, 2, 3\}$ в виде суммы двух векторов, один из которых принадлежит подпространству E_1 , а второй – подпространству E_2 .
2. Пусть R – оператор поворота вокруг оси z на 45° , а T – оператор поворота вокруг оси x на 90° . Покажите геометрически, что TRT^{-1} есть оператор поворота вокруг оси y против часовой стрелки на 45° . Подтвердите этот результат, перемножая матрицы соответствующих операторов в базисе e_x, e_y, e_z .
3. Пусть преобразование R есть поворот вокруг оси z на 90° . Для трёх единичных векторов e_i , направленных вдоль осей x, y и z , найдите $Re_i = e_i'$.
Вычислите индуцированное преобразование $T(R) \psi(r)$, где $\psi(r)$ есть
а) x , б) y , в) x^2 , г) xy .
Выполните то же самое, если R – поворот вокруг оси z на 45° .

Занятие 5. Представления групп (4 часа, семинар по решению задач в диалоговом режиме)

1. Постройте представление группы D_4 – собственных совмещений (вращений) плоского квадрата, при помощи матриц 3×3 с базисными векторами e_x, e_y, e_z ; ось симметрии четвёртого порядка совпадает с осью z . Покажите, пользуясь найденными матрицами, что оно сводится к одномерному и двумерному представлению.

Занятие 6. Неприводимые представления (4 часа, семинар по решению задач в диалоговом режиме)

1. Найдите характеры представлений (трехмерного, двумерного и одномерного) группы D_4 – собственных совмещений (вращений) плоского квадрата. Проверьте, удовлетворяют ли данные представления соотношениям ортогональности и критерию неприводимости.

2. Определите характеры неприводимых представлений $\chi^{(m)}(C^n)$, где $m = 0; 1; 2; \dots, (n - 1)$, циклической группы порядка n .

Занятие 7. Непрерывные группы (4 часа, семинар по решению задач в диалоговом режиме)

1. Покажите, что функции $x \pm iy$ преобразуются по представлениям $T^{(\pm 1)}$ группы R_2 . Классифицируйте шесть квадратичных функций ($x^2; y^2; z^2; xy; xz; yz$) переменных x, y и z в соответствии с их трансформационными свойствами по отношению к группе R_2 .

Занятие 8. Трёхмерные вращения (4 часа, семинар по решению задач в диалоговом режиме)

1. Исходя из выражения для оператора трёхмерного поворота

$$\mathbf{r}' = R_{\mathbf{k}}(\alpha) \mathbf{r} \approx \mathbf{r} + \sum_{q=x,y,z} \alpha_q [\mathbf{e}_q \times \mathbf{r}], \quad \alpha \ll 0,$$

установите вид генераторов $X_x; X_y; X_z$. Проверьте выполнение коммутационных соотношений.

2. Исходя из точного выражения для оператора трёхмерного поворота

$$\mathbf{r}' = R_{\mathbf{k}}(\alpha) \mathbf{r} = \mathbf{r} \cos \alpha + (\mathbf{r} \cdot \mathbf{k}) \mathbf{k} (1 - \cos \alpha) + [\mathbf{k} \times \mathbf{r}] \sin \alpha,$$

установите вид матриц поворота вокруг координатных осей и генераторов $X_x; X_y; X_z$.

Занятие 9. Зачётное занятие (2 часа)

Задания для самостоятельной работы

Требования: Перед каждым практическим занятием обучающемуся необходимо изучить соответствующий теоретический материал.

Самостоятельная работа №1. Подготовка к занятию 1 «Абстрактные группы».

Самостоятельная работа №2. Подготовка к занятию 2 «Абстрактные группы».

Самостоятельная работа №3. Подготовка к занятию 3 «Абстрактные группы».

Самостоятельная работа №4. Подготовка к занятию 4 «Векторные пространства и линейные операторы».

Самостоятельная работа №5. Подготовка к занятию 5 «Представления групп».

Самостоятельная работа №6. Подготовка к занятию 6 «Неприводимые представления».

Самостоятельная работа №7. Подготовка к занятию 7 «Непрерывные группы».

Самостоятельная работа №8. Подготовка к занятию 8 «Трёхмерные вращения».

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 неделя семестра	Подготовка к занятию 1 «Абстрактные группы».	4 часа	УО-2
2	3-4 неделя семестра	Подготовка к занятию 2 «Абстрактные группы».	4 часа	УО-2
3	5-6 неделя семестра	Подготовка к занятию 3 «Абстрактные группы».	4 часа	УО-2
4	7-8 неделя семестра	Подготовка к занятию 4 «Векторные простран-	4 часа	УО-2

		ства и линейные операторы».		
5	9-10 неделя семестра	Подготовка к занятию 5 «Представления групп».	4 часа	УО-2
6	11-12 неделя семестра	Подготовка к занятию 6 «Неприводимые представления».	4 часа	УО-2
7	13-14 неделя семестра	Подготовка к занятию 7 «Непрерывные группы».	4 часа	УО-2
8	15-16 неделя семестра	Подготовка к занятию 8 «Трёхмерные вращения».	4 часа	УО-2
9	17 неделя семестра	Подготовка к зачёту.	10 часов	УО-2
Итого:			42 часа	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратить внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

Работа с литературой.

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие

сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе больший объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.

Самостоятельная работа №1. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных определениях теории групп.
2. Знать методы установления изоморфности групп.

Самостоятельная работа №2. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных определениях теории групп.
2. Знать методы построения таблиц умножения конечных групп.

Самостоятельная работа №3. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных определениях теории групп.
2. Знать методы разбиения групп на классы, выделения подгрупп.

Самостоятельная работа №4. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных понятиях теории векторных пространств и операторов.
2. Знать методы разложения векторных пространств на ортогональные подпространства.

Самостоятельная работа №5. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных понятиях теории представлений групп.
2. Знать методы построения представлений конечных групп.

Самостоятельная работа №6. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных понятиях теории представлений групп.
2. Знать методы выделения неприводимых представлений конечных групп.

Самостоятельная работа №7. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных понятиях и теоремах теории непрерывных групп.
2. Знать методы нахождения индуцированных преобразований.

Самостоятельная работа №8. От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в основных понятиях и теоремах группы трёхмерных вращений.

2. Знать методы установления явного вида генераторов непрерывных групп.

Критерии оценки.

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент владеет навыками самостоятельной работы по теме занятия; владеет методами анализа теоретических и/или практических аспектов решаемой задачи. Студент умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы. Решение задачи выполняется при минимальной помощи преподавателя.
«не зачтено»	Студент не владеет навыками самостоятельной работы по теме занятия; не владеет методами анализа теоретических и/или практических аспектов решаемой задачи. Студент не умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы. Решение задачи выполняется только при значительной помощи преподавателя.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование		
				текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Симметрии и абстрактные группы.	ОПК-1.1 Использует в профессиональной деятельности основы физико-математических и (или) естественных наук.	Знает: общее определение симметрии; историю возникновения теории групп.	УО-2, ПР-2	вопросы к зачёту 1-6	
			Умеет: анализировать симметрию естественных и искусственных объектов.			УО-2, ПР-2
			Владеет: навыками использования предметной терминологии.			УО-2, ПР-2
2	Раздел II. Теория представлений групп.	ОПК-1.1 Использует в профессиональной деятельности основы физико-математических и (или) естественных наук.	Знает: определение представления группы; матричные представления групп.	УО-2, ПР-2	вопросы к зачёту 7-16	
			Умеет: выделять инвариантные подпространства; строить матричные представления конечных групп.			УО-2, ПР-2
			Владеет: навыками применения методов теории представлений групп для решения различных задач.			УО-2, ПР-2
			Умеет: разлагать представления групп на неприводимые; вычислять характеры представлений.			УО-2, ПР-2
			Владеет: навыками применения методов теории пред-			УО-2, ПР-2

			ставлений групп для решения различных задач.		
--	--	--	--	--	--

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе VIII.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Каргаполов, М.И. Основы теории групп [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.И. Каргаполов, Ю.И. Мерзляков. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2009. – 288 с. – <https://e.lanbook.com/book/177>.
2. Ляпин, Е.С. Упражнения по теории групп [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е.С. Ляпин, А.Я. Айзенштат, М.М. Лесохин. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 272 с. – <https://e.lanbook.com/book/528>.
3. Наймарк, М.А. Теория представлений групп [Электронный ресурс] : учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва : Физматлит, 2010. – 576 с. – <https://e.lanbook.com/book/2751>.
4. Курош А.Г. Теория групп. Москва : Физматлит, 2011. – 806 с. 4 экз. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:662750&theme=FEFU>

Дополнительная литература

1. Эллиот Дж., Добер П. Симметрия в физике. М.: Мир, 1983. (В двух томах: т.1 – 364 с., т.2, – 416 с.) – по 3 экз. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:48667&theme=FEFU>
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:48668&theme=FEFU>
2. Вигнер Е. Этюды о симметрии. М.: Изд. Наука, 1971 г. – 318 с. 4 экз. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:81948&theme=FEFU>
3. Петрашень М.В., Трифонов Е.Д. Применение теории групп в квантовой механике. М.: Изд. Наука, 1967 г. – 308 с. 1 экз. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:684093&theme=FEFU>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.knigafund.ru> – электронно-библиотечная система «Книга-Фонд»
2. <http://ilib.mccme.ru/djvu/bib-kvant/groups.htm> – Павел С.А. Введение в теорию групп.
3. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/thgr/> – Замиралов В.С. Основные понятия теории групп и их представлений и некоторые приложения к физике частиц.
4. http://www.ph4s.ru/book_mat_teorgrup.html – библиотека по теории групп.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Лекционный материал оформляется в виде презентаций, подготовляемых в издательской системе LaTeX, класс Beamer. Для подготовки лекционных примеров и заданий для самостоятельной работы использовалась система компьютерной математики Maxima.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, практические занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Практические занятия акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений и навыков решения задач по теории групп.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

Подготовка к зачёту. К сдаче зачёта допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (практические, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Лицензионное и свободное программное обеспечение – MS PowerPoint 2007, MiKTeX и Acrobat Reader XI.

<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятель- ной работы</p>	<p>Оборудование: Моноблок Lenovo C360G- i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной ска- нер в с 4 лотками Xerox Work- Centre 5330 (WC5330C – 1 шт.)</p>	<p>Лицензионное и свободное программ- ное обеспечение – MS PowerPoint 2007, MiKTeX и Acrobat Reader XI.</p>
--	---	---

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Для дисциплины «Теория групп» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Коллоквиум (УО-2)

Письменные работы:

1. Контрольная работа (ПР-2)

Коллоквиум

Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.

Контрольная работа

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Теория групп» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчетности по дисциплине – зачет (5-й, осенний семестр). Зачет по дисциплине включает ответы на 2 вопроса.

Методические указания по сдаче зачета

Зачет принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять зачет в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения зачета (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения зачета студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на зачете, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на зачете посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются зачет с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

В зачетную книжку студента вносится только запись «зачтено», запись «не зачтено» вносится только в экзаменационную ведомость. При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

Список вопросов, выносимых на зачёт по дисциплине «Теория групп»

- 1. Симметрия.**
Общее определение симметрии. Симметрии равностороннего треугольника. Принципы симметрии в физике: теорема Нётер, закон сохранения энергии, принцип относительности.
- 2. Абстрактные группы.**
Определение группы. Примеры групп. Простейшие теоремы (единственность единичного и обратного элементов, обратный элемент от произведения). Абелевы группы. Циклическая группа.
- 3. Основные понятия и операции.**
Сдвиг по группе. Подгруппа. Порядок элемента. Сопряженные совокупности, основные теоремы.
- 4. Основные понятия и операции.**
Сопряженные элементы и класс. Инвариантная подгруппа. Фактор-группа. Изоморфизм и гомоморфизм.
- 5. Группа перестановок.**
Перестановки. Группа перестановок. Циклы. Циклическая структура перестановок. Оператор перестановки, чётность перестановки.
- 6. Преобразование операторов и функций.**
Трансформированный оператор. Индуцированные преобразования функций.
- 7. Представления групп.**
Определение представления группы. Матричные представления. Переход к другому базису. Эквивалентные представления.
- 8. Приводимые и неприводимые представления.**
Инвариантные подпространства. Разложение на неприводимые представления. Приводимые и неприводимые представления.
- 9. Неприводимые представления группы.**
Приводимые и неприводимые представления. Разложение на неприводимые представления. Неэквивалентные представления. Неприводимые представления абелевых групп.
- 10. Соотношения ортогональности.**
Первая и вторая леммы Шура. Соотношения ортогональности.
- 11. Характеры представлений.**
Определение характеров представлений. Свойства характеров представлений. Критерий неприводимости.
- 12. Непрерывные группы.**
Определение непрерывных групп. Инфинитезимальные операторы и перестановочные соотношения.
- 13. Группа двумерных вращений R_2 .**

Группа двумерных вращений и её представления (неприводимые и двумерные). Инфинитезимальный оператор группы R_2 . Активное и пассивное истолкование вращений.

14. Трёхмерные вращения.

Изотропия пространства и момент импульса. Параметризация трёхмерных поворотов: углы Эйлера и вектор поворота. Матрица поворота.

15. Генераторы поворотов.

Генераторы трёхмерных вращений. Операторы момента импульса и коммутационные соотношения.

16. Неприводимые представления группы R_3 .

Повышающие и понижающие операторы. Неприводимые представления группы трёхмерных вращений.

Критерии выставления оценки студенту на зачете

К зачету допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«зачтено»	Студент показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Студент обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно.
«не зачтено»	Студент обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса, допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, практических работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

– степень усвоения теоретических знаний;

– уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

– результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Аннотация рабочей программы дисциплины

«Теория групп»

Рабочая программа дисциплины «Теория групп» разработана для студентов 2 курса направления 03.03.02 «Физика», специализации «Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ г. Москва» в соответствии с требованиями федерального государственного стандарта высшего образования.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (34 час.) и практические занятия (36 час.), самостоятельная работа (38 час.).

Дисциплина «Теория групп» относится к разделу Б1.О.12.07 базовой части учебного плана, реализуется в 5 семестре 3 курса.

Цель: изложение базового материала по теории групп, который широко используется в современной теоретической физике и знание которого необходимо для понимания соответствующей научной литературы и проведения самостоятельных исследований.

Задачи:

- познакомить студентов с базовым математическим аппаратом, основными понятиями и теоремами теории групп, с теорией представлений групп;
- рассмотреть широкий круг приложений теории групп в теоретической физике, причем обсуждение приложений должно сопровождаться более детальным изучением соответствующих конкретных групп;
- обеспечить теоретическую подготовку и практические навыки для изучения других математических курсов и курсов теоретической физики (квантовая механика, теория гравитации и теория квантовых и классических полей).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (элементы компетенций):

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научное мышление	ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Использует в профессиональной деятельности основы физико-математических и (или) естественных наук ОПК -1.2 Решает стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и (или) естественнонаучных знаний, методов математического анализа

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК -1.1	Знает: определение группы; примеры групп; классификацию и примеры групп.
	Умеет: доказывать простейшие теоремы; анализировать конкретные группы.
	Владеет: навыками использования теории групп при решении различных задач.
ОПК -1.2 Решает стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и (или) естественнонаучных знаний, методов математического анализа	Знает физические законы и математические методы решения теоретических и прикладных задач.
	Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.
	Владеет навыками использования знаний физики, математики и математического анализа при решении задач теоретического и прикладного характера.

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часов.