

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕОРИЯ ГРУПП**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
6	3	108	15	15	15		18	0	Э
Итого	3	108	15	15	15	15	18	0	

## АННОТАЦИЯ

Курс посвящен основам современной теории групп и ее приложениям в различных областях теоретической физики. Излагаются основные понятия теории групп, линейные унитарные представления конечных групп, теория характеров и их применение к квантово-механическим проблемам – классификации вырожденных уровней, расщеплению вырожденных уровней под действием возмущения, правилам отбора для матричных элементов квантово-механических операторов. Излагается теория групп Ли и алгебр Ли.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является ознакомление студентов с базовой терминологией и методами теории групп, включая теорию представлений и теорию непрерывных групп (групп Ли). Курс важен как для исследования квантово-механических проблем с использованием принципов симметрий, так и для приложений теории непрерывных групп Ли к современным вопросам квантовой теории поля. В результате изучения курса студент обязан овладеть терминологией, основами и языком предмета.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Знания, полученные при изучении данного курса, дополняют сведения по современной алгебре, получаемые студентами в рамках курса линейной алгебры и необходимы для изучения специальных дисциплин (в т.ч., Квантовой теории поля, Физики твердого тела, Теории упругости, Макроэлектродинамики, Топологических методов в физике, Теории элементарных частиц, Общей теории относительности, Теории нелинейных уравнений). Кроме того, курс читается параллельно с курсом квантовой механики, в котором также используются основные положения и методы теории групп.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
<p>1 Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок;</p>	<p>1 Объектами профессиональной деятельности выпускников по основной образовательной программе «Экспериментальные исследования и моделирование фундаментальных взаимодействий» являются: атомное ядро, элементарные частицы и плазма, газообразное и конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка ядерных и физических установок, технологии применения приборов и установок для регистрации излучений, разделения изотопных</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-2[1] - знать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; ; У-ПК-2[1] - уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;; В-ПК-2[1] - владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;</p>

	<p>и молекулярных смесей, а также анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p>		
--	--	--	--

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)
-----------------------------	-------------------------

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/8		25	КИ-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Часть 2	9-15	7/7/7		25	КИ-15	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/15/15		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	15	15
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	8	8	8
1	<b>Физика и группы (примеры). Групповые постулаты.</b> Физика и группы (примеры). Групповые постулаты.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Общие понятия теории групп. Группы, поля.</b> Общие понятия теории групп. Группы, поля.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1

		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Линейные векторные пространства. Алгебры.</b> Линейные векторные пространства. Алгебры.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Отображения, реализации, представления.</b> Отображения, реализации, представления.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Конечные группы. Теория группы перестановок.</b> Конечные группы. Теория группы перестановок.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Подгруппы. Теорема Кэли. Смежные классы. Теорема Лагранжа.</b> Подгруппы. Теорема Кэли. Смежные классы. Теорема Лагранжа.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Инвариантные подгруппы. Факторгруппа. Центр группы.</b> Инвариантные подгруппы. Факторгруппа. Центр группы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Представления конечных групп.</b> Представления конечных групп.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Часть 2</b>	7	7	7
9	<b>Лемма Шура. Соотношения для характеров. Критерии неприводимости.</b> Лемма Шура. Соотношения для характеров. Критерии неприводимости.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Непрерывные группы. Обзор.</b> Непрерывные группы. Обзор.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Прямые и обратные теоремы Ли.</b> Прямые и обратные теоремы Ли.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Алгебры Ли.</b> Алгебры Ли.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Классификация комплексных простых алгебр Ли.</b> Классификация комплексных простых алгебр Ли.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Группы SU(2) и SU(3).</b> Группы SU(2) и SU(3).	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		

		0	0	0
15	<b>Неприводимые представления SU(2) и SU(3).</b> Неприводимые представления SU(2) и SU(3).	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

#### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
	<b>Физика и группы (примеры). Групповые постулаты.</b> Физика и группы (примеры). Групповые постулаты.
	<b>Общие понятия теории групп. Группы, поля.</b> Общие понятия теории групп. Группы, поля.
	<b>Линейные векторные пространства. Алгебры.</b> Линейные векторные пространства. Алгебры.
	<b>Отображения, реализации, представления.</b> Отображения, реализации, представления.
	<b>Конечные группы. Теория группы перестановок.</b> Конечные группы. Теория группы перестановок.
	<b>Подгруппы. Теорема Кэли. Смежные классы. Теорема Лагранжа.</b> Подгруппы. Теорема Кэли. Смежные классы. Теорема Лагранжа.
	<b>Инвариантные подгруппы. Факторгруппа. Центр группы.</b> Инвариантные подгруппы. Факторгруппа. Центр группы.
	<b>Представления конечных групп.</b> Представления конечных групп.
	<b>Лемма Шура. Соотношения для характеров. Критерии неприводимости.</b> Лемма Шура. Соотношения для характеров. Критерии неприводимости.
	<b>Непрерывные группы. Обзор.</b> Непрерывные группы. Обзор.
	<b>Прямые и обратные теоремы Ли.</b> Прямые и обратные теоремы Ли.
	<b>Алгебры Ли.</b> Алгебры Ли.
	<b>Классификация комплексных простых алгебр Ли.</b> Классификация комплексных простых алгебр Ли.
	<b>Группы SU(2) и SU(3).</b> Группы SU(2) и SU(3).

**Неприводимые представления SU(2) и SU(3).**

Неприводимые представления SU(2) и SU(3).

**6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В курсе используются традиционные образовательные технологии, включая лекции с разбором задач и примеров.

**7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-15

**Шкалы оценки образовательных достижений**

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64	2 – «неудовлетворительно»	«не зачтено»	F
ниже 60			

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы,

умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ П 60 Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : , Поршнев С. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ К 73 Компьютерное моделирование физических процессов с использованием Matlab : учебное пособие для вузов, Коткин Г. Л., Москва: Юрайт, 2020
3. ЭИ К 93 Теория групп : , Курош А. Г., Москва: Физматлит, 2011
4. 539.1 Е60 Фундаментальные симметрии : учебное пособие для вузов, Емельянов В.М., Москва: МИФИ, 2008
5. ЭИ К 56 Элементы теории поля: вариационные симметрии и геометрические инварианты : , Радаев Ю. Н., Ковалёв В. А., Москва: Физматлит, 2009

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 512 Г55 Алгебра Т.1 , , М.: Гелиос АРВ, 2003
2. 515 М32 Алгебраическая топология: Введение. Теория групп и трехмерные многообразия : , Столлингс Дж., Масси У., Новокузнецк: НФМИ, 2000
3. 512 К72 Введение в алгебру Ч.3 Основные структуры, Кострикин А.И., Москва: Физматлит, 2001

4. 512 В26 Классические группы. Их инварианты и представления : , Вейль Г., Москва: КомКнига, 2007

5. 515 Ф34 Топологические методы в теории поля : учебное пособие для вузов, Федотов А.М., Москва: МИФИ, 2001

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

**LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Методические рекомендации по освоению теоретического материала

Для успешного изучения курса необходимо придерживаться определенной методики занятий. Основное условие успеха — систематические занятия.

Для успешного освоения теоретической части курса необходимо регулярно посещать лекции и вести конспект. После каждой лекции следует внимательно разбирать лекционный материал, причём при необходимости следует проделывать некоторые дополнительные выкладки, если такие были оставлены лектором для самостоятельной работы. Перед началом каждой лекции имеет смысл просмотреть конспект, чтобы усвоение нового материала проходило лучше, так как в большинстве случаев изложение опирается на материал, прочитанный на предыдущих занятиях.

Для полного освоения курса недостаточно изучать лишь лекционный материал. В ходе освоения курса следует читать книги, предложенные в списке литературы по курсу. Настоятельно рекомендуется также использовать литературу, обозначенную как «дополнительная», а также самостоятельно или с помощью преподавателя искать и другие источники. При работе с литературой следует проделывать все или хотя бы основные выкладки. Важно осознавать, что только самостоятельно проделанные выкладки приводят к пониманию материала.

Методические рекомендации для подготовки к семинарским занятиям и решению задач

Программа курса и семестровый календарный план составлены так, что темы семинарских занятий следуют за темами лекций. И программа курса, и семестровый календарный план доступны каждому студенту на сайте учебного управления университета. Подготовиться к очередному семинарскому занятию - это, прежде всего, проработать лекционный материал, согласно методическим рекомендациям. Все невыясненные вопросы теории можно (и нужно) задать преподавателю в начале семинарского занятия. На семинаре, как правило, разбираются вопросы и качественные задачи, дающие возможность более глубоко

постичь изучаемый раздел курса. Кроме того, на семинаре учат правильно ставить и решать задачи, анализировать решение задач. По пройденной на семинаре теме даются задачи для самостоятельного (домашнего) решения. Усвоение курса во многом зависит от осмысленного выполнения домашнего задания, вдумчивого решения большого количества задач.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами:

1. Прежде всего нужно хорошо вникнуть в условие задачи, записать кратко ее условие.
2. Следует прикинуть, какие основные законы и уравнения и в каких приближениях следует использовать и записать их, после чего попытаться решить.
3. Задача должна быть сначала решена в максимально общем виде.
4. Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет размерность.
5. Если это возможно, исследовать поведение решения в предельных случаях и изобразить характер изучаемой зависимости графически.
6. Если возможно, при получении того или иного результата, следует указать границы его применимости.

Решение задачи принесет наибольшую пользу только в том случае, когда обучающийся решит ее самостоятельно. Решить задачу без помощи часто не всегда удастся, но тем не менее попытки найти решение развивают мышление и укрепляют волю. Необходимо понимать, что для некоторых задач не удастся быстро найти решение, ведь решение задач относится к научной деятельности, которая предполагает творческий подход и длительное время обдумывания.

Из сказанного вытекает, что решение задач ни в коем случае не следует откладывать на последний вечер перед занятиями, как, к сожалению, нередко поступают студенты. В этом случае более сложные и притом наиболее содержательные и полезные задачи заведомо не могут быть решены.

В рекомендуемых сборниках задач, в разделе, который следует за ответами, содержатся указания к решению более трудных задач. Обращаться к ним нужно лишь после того, как несколько попыток решить задачу не приведут к успеху.

Методические рекомендации для подготовки к контрольным и проверочным работам

Контрольные работы проводятся для проверки качества усвоения материала и выполнения домашних заданий студентами. Они основываются строго на пройденном материале и не выходят за рамки излагаемого курса. Своевременное изучение лекционных материалов и выполнение домашних заданий гарантирует успешное выполнение контрольных и проверочных работ. При подготовке следует руководствоваться общепринятыми установками, т.е. повторить изученный материал, запомнить основные идеи, принципы и результаты курса. Не следует пытаться «вызубрить» материал, достаточно понять и запомнить логику вывода тех или иных результатов и решения задач и осознать их физический и математический смысл. При выполнении контрольной или проверочной работы необходимо записывать все основные шаги при решении задачи, не «перескакивая» к какому-то промежуточному или окончательному результату без каких-либо на то физических или математических обоснований.

Работа должна быть записана так, чтобы была понятна логика решения задач, при этом строгих правил оформления задач нет. Окончательный ответ необходимо выделить каким-либо способом так, чтобы проверяющему было понятно, что это и есть ответ к задаче.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Проведение практических занятий и выполнение самостоятельных работ

Студенты должны, используя полученный на лекциях материал, научиться решать задачи по курсу.

Следует использовать различные приемы вовлечения студентов в процесс освоения учебного материала:

- опрос студентов по содержанию прочитанных лекций;
- вызов студентов к доске для решения текущих задач;
- самостоятельное решение задачи со сверкой промежуточных и конечного результатов решения;
- показ преподавателем на доске решения типовых задач;
- самостоятельная работа над заданиями.

Организация контроля

Контроль знаний осуществляется путем проведения контрольных или самостоятельных работ с последующей проверкой.

На каждом семинаре выдается домашнее задание, которое обязательно проверяется в индивидуальном порядке. Также в курсе может быть выдано т.н. большое домашнее задание. Большие домашние задания (БДЗ) предназначены для самостоятельной работы студентов с последующей проверкой преподавателем. Как правило, сдача БДЗ проходит в виде устной защиты в середине или в конце учебного семестра, но форма и время проверки может быть изменена на усмотрение преподавателя.

На основании этих результатов выставляется внутрисеместровый зачет.

Проведение зачетов и экзаменов

Для допуска к зачету или экзамену необходимо иметь положительные оценки по каждой теме. Во время зачета студент получает индивидуальный билет и готовит ответы на вопросы по курсу.

Автор(ы):

Берков Александр Викторович, к.ф.-м.н., доцент

Ломоносова Татьяна Александровна, к.ф.-м.н.,  
доцент

Рецензент(ы):

С.В. Попруженко

