

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики



Могильная Е.П.

2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕОРИЯ ГРУПП»

По направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль подготовки «Физика»

Луганск 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория групп» по направлению подготовки 03.03.02 Физика. – 17 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория групп» составлена с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 года №891.

СОСТАВИТЕЛЬ:

кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Харченко Е.И.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена на заседании кафедры физики «18» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики Кар Корсунов К.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Директор института технологий и инженерной механики Могильная Могильная Е.П.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики Ясуник Ясуник С.Н.

© Харченко Е.И., 2023 год

© ФГБОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – ознакомление студентов с современным аппаратом теоретической физики путем изучения основных положений теории групп и способов применения теоретико-групповых представлений в различных областях физики.

Задачи изучения дисциплины:

изложить основные понятия абстрактной теории групп, теории представлений конечных групп и их применения в квантовой физике, физике твердого тела и физике элементарных частиц;

сформировать у студентов общих и профессиональных компетенций в области теоретической физики.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Теория групп» к вариативной части модуля профессиональных дисциплин. Для овладения дисциплиной требуется знание таких дисциплин: «Теоретическая механика. Механика сплошных сред», «Физика атома и атомных явлений», «Квантовая механика», «Математический анализ», «Алгебра и геометрия» и является основой для изучения следующих дисциплин: «Введение в физику твердого тела», «Физика конденсированного состояния», «Квантовая теория», «Физика ядра и частиц».

Для освоения дисциплины необходимо знать: основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, интегральные уравнения и вариационное исчисление; дифференциальные уравнения; функции комплексного переменного; методы математической физики; разделы курса общей физики: механика, электричество и магнетизм.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1 Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных	ПК-1.1. Знает теоретические основы физических методов исследования и методы анализа свойств физических систем разного уровня организации. ПК-1.2. Знает методы экспериментальных исследований в физике, возможности и области использования аппаратуры и оборудования для выполнения физических исследований. ПК-1.3. Умеет осуществлять выбор оборудования и методик для решения конкретных задач, эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование.	Знать: основные понятия абстрактной теории групп; основные понятия точечных и пространственных групп симметрии; основные понятия теории матричных представлений конечных групп; вид неприводимых представлений абелевых групп, леммы Шура и свойства ортогональности неприводимых представлений, теорему Бернсайда, связь между числом неприводимых представлений и числом классов сопряженных

технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК-1.4. Владеет навыками использования современных методов исследования в выбранной области.	элементов; определения группы Ли и инфинитезимального оператора;
		Уметь: находить для группы, заданной таблицей группового умножения, ее классы сопряженных элементов, подгруппы, смежные классы по заданной подгруппе, выделять инвариантные подгруппы и строить по ним фактор-группы, находить генераторы группы и определяющие соотношения; находить состав приводимого представления (определять кратности вхождения в него неприводимых представлений заданной группы), строить базисные функции неприводимых представлений групп симметрии на атомных перестановках и атомных смещениях.
		Владеть: навыками и приемами решения типичных задач теории групп; физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области теории групп.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	Не предусмотрена
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	56	
Лекции	28	
Семинарские занятия	-	
Практические занятия	28	
Лабораторные работы	-	
Курсовая работа (курсовой проект)	-	
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	
Самостоятельная работа студента / форма контактной работы	88 / 0	
Форма аттестации	зачет	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 7

Тема 1. Основные понятия теории групп. Примеры групп.

Определение группы. Классы сопряженных элементов. Подгруппы, сопряженные элементы, классы сопряженных элементов левые и правые классы смежности по заданной подгруппе, теорема Лагранжа о порядке подгруппы. Инвариантная подгруппа. Фактор -группа. Изоморфизм и гомоморфизм групп. Точечные группы симметрии. Преобразования пространственной симметрии. Повороты, зеркальные отражения и зеркальные повороты. Возможные сочетания этих элементов в точечных группах симметрии. Преобразование инверсии. 14 типов точечных классов преобразований. Кристаллические классы. Пространственные группы симметрии. Трансляционные элементы симметрии и решетки Браве. Решетки с базисом. Примитивная и элементарная ячейки. Ячейка Вигнера-Зейтца. Собственные и несобственные трансляции. Винтовые оси и плоскости скольжения. Сингонии. Пространственные группы. Симморфные и несимморфные пространственные группы. Возможные сочетания элементов симметрии в пространственных группах. Обратная решетка.

Тема 2. Приводимые и неприводимые представления конечных групп.

Теория представлений групп. Представление группы. Примеры представлений. Операторы: сопряженный, самосопряженный, унитарный. Эквивалентные представления. Приводимые и неприводимые представления группы. Индуцированные операторы и представления. Леммы Шура и свойства ортогональности неприводимых представлений. Первая лемма Шура. Вторая лемма Шура. Соотношение ортогональности для матричных элементов неприводимых представлений. Первая теорема ортогональности. Вторая теорема ортогональности. Теорема полноты. Теорема Бернсайда.

Тема 3. Теория характеров неприводимых представлений конечных групп.

Характеры представлений. Регулярное представление. Число неприводимых представлений. Лекция 8. Операции с представлениями групп.

Прямое произведение матриц. Композиция или прямое произведение представлений группы. Прямое произведение групп. Неприводимые представления прямого произведения групп. Симметрия квантовомеханической системы относительно группы преобразований. Симметрия системы частиц, совершающих малые колебания. Теорема Вигнера.

Тема 4. Понятие о неприводимых представлениях пространственных групп.

Неприводимые представления пространственных групп. Общий элемент пространственной группы. Неприводимые представления группы трансляций. Звезда вектора $\vec{k}$. Группа вектора $\vec{k}$. Неприводимые представления пространственной группы. Разложение приводимого представления на неприводимые. Построение базисов неприводимых представлений. Определение симметризованных смещений ядер молекулы. Метод линейной комбинации атомных орбит.

Тема 5. Группа вращений.

Непрерывные группы. Непрерывные группы линейных преобразований. Общие свойства групп Ли. Инфинитезимальные преобразования и законы сохранения. Группа трехмерных вращений $O^+(3)$. Неприводимые представления группы трехмерных вращений. Инфинитезимальные матрицы представлений группы $O^+(3)$. Неприводимые представления группы $O^+(3)$. Двухзначные представления.

Тема 6. Некоторые физические приложения теории групп.

Приложения теории представлений группы вращений к квантовомеханическим задачам. Частица в центральном поле. Свойства симметрии решений уравнения Шредингера. Правило сложения моментов количества движения. Спин электрона. Теорема Крамерса. Применение теории групп в задачах, связанных с теорией возмущения. Расщепление уровней энергии под влиянием возмущения. Атом в однородном магнитном поле. Эффект Пашена-Бака. Эффект Зеемана.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основные понятия теории групп	2	-
2	Точечные группы симметрии	2	-
3	Пространственные группы симметрии	2	-
4	Теория представлений групп	2	-
5	Приводимые и неприводимые представления группы	2	-
6	Леммы Шура и свойства ортогональности неприводимых представлений	2	-
7	Теория характеров	2	-
8	Операции с представлениями групп	2	-
9	Теорема Вигнера	2	-
10	Неприводимые представления пространственных групп	2	-
11	Разложение приводимого представления на неприводимые	4	-
12	Непрерывные группы	4	-
Итого:		28	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основные понятия теории групп.	2	-
2	Точечные группы симметрии.	2	-
3	Пространственные группы симметрии.	2	-
4	Теория представлений групп. Приводимые и неприводимые представления конечных групп.	2	-
5	Леммы Шура. Теория характеров.	2	-
6	Операции с представлениями групп.	2	-
7	Разложение приводимого представления на неприводимые	2	-
8	Неприводимые представления пространственных групп.	2	-

9	Неприводимые представления группы вращений.	2	
10	Элементы групповой алгебры.	2	
11	Обращение времени.	4	
12	Некоторые физические приложения теории групп.	4	
Итого:		28	

4.5. Лабораторные работы по дисциплине «Теория групп» не предполагаются учебным планом

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Основные понятия теории групп. Примеры групп.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	14	-
2	Приводимые и неприводимые представления конечных групп	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	14	-
3	Теория характеров неприводимых представлений конечных групп.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	14	-
4	Понятие о неприводимых представлениях пространственных групп	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	14	-
5	Группа вращений	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	16	-
6	Некоторые физические приложения теории групп	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	16	-
Итого:			88	-

4.7. Курсовые работы по дисциплине «Теория групп» не предполагаются учебным планом

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Аминов Л.К. Теория групп и ее приложения. Конспект лекций и задачи / Л.К. Аминов, А.С. Кутузов, Ю.Н. Прошин. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 123 с.

2. Любарский Г. Я. Теория групп и ее применение в физике: курс лекций для физиков-теоретиков. М.: URSS, Ленанд, 2014. – 360 с.

3. Петрашень, М.И. Применение теории групп в квантовой механике / М.И. Петрашень, Е.Д. Трифонов. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 280 с.

4. Поклонский, К. А. Точечные группы симметрии / Н.А. Поклонский. – Мн.: БГУ, 2003. – 215 с.

5. Хамермеш М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам. Изд. 3-е. М.: Либроком, 2010. – 584 с.

б) дополнительная литература:

1. Банкер, Ф. Симметрия молекул и спектроскопия / Ф. Банкер, П. Йенсен. – М.: Мир, 2004. – 768 с.

2. Хамермеш М., Теория групп и её применение к физическим проблемам. М.: Мир, 1966. – 588 с.

3. Ландау Л.Д, Лившиц Е.М. Квантовая механика (нерелятивистская теория). Т.3. М.: Наука, 1989.

4. Хейне, В. Теория групп в квантовой механике / В. Хейне. – М.: ИЛ, 1963. – 523 с.

5. Хохштрассер, Р. Молекулярные аспекты симметрии / Р. Хохштрассер. – М.: Мир, 1968. – 384 с.

6. Ван дер Ванден. Метод теории групп в квантовой механике, Москва УРСС, 2002.

7. Наймарк М. А. Теория представлений групп. Изд. 2-е. М.: Физматлит, 2010. – 572 с.

8. Каргаполов М. И., Мерзляков Ю. И. Основы теории групп. Изд. 5-е. СПб.: Лань, 2009. – 288 с.

в) методические указания

1. Конспект лекций по дисциплине «Теория групп» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (в 2-х частях). Часть 1. «Основные понятия теории групп» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко, В.В. Букреев – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 58 с.

2. Конспект лекций по дисциплине «Теория групп» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (в 2-х частях). Часть 2. «Применение теории групп в квантовой механике» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко, В.В. Букреев – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 58 с.

3. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теория групп», для студентов, обучающихся по направлению 03.03.02 «Физика» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко, – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 34 с.

4. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Теория групп» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» / Сост.: Е.И. Харченко, А.В. Чаленко – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 36 с.

г) Интернет-ресурсы:

- Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.пф/>
- Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
- Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
- Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
- Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
- Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
- Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
- Электронный каталог Научно-технической библиотеки ЮРГПУ (НПИ) – <https://libweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/register>
- Научная электронная библиотека eLibrary – <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

На лекционных занятиях используются комплекты электронных презентаций / слайдов, раздаточный материал, наглядные пособия в аудиториях, оснащенных презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические и лабораторные занятия проводятся в специальных лабораториях, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине «Теория групп»

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Теория групп»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции и (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4	Тема 1. Основные понятия теории групп	7
				Тема 2. Приводимые и неприводимые представления конечных групп	7
				Тема 3. Теория характеров неприводимых представлений конечных групп	7
				Тема 4. Понятие о неприводимых представлениях пространственных групп	7
				Тема 5. Группа вращений	7
				Тема 6. Некоторые физические приложения теории групп	7

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1 ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4	Знать основные понятия абстрактной теории групп; основные понятия точечных и пространственных групп симметрии; основные понятия теории матричных представлений конечных групп; вид неприводимых представлений абелевых групп, леммы Шура и свойства ортогональности неприводимых представлений, теорему Бернсайда, связь между числом неприводимых	Темы 1-6	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы.

		представлений и числом классов сопряженных элементов; определения группы Ли и инфинитезимального оператора; Уметь: находить для группы, заданной таблицей группового умножения, ее классы сопряженных элементов, подгруппы, смежные классы по заданной подгруппе, выделять инвариантные подгруппы и строить по ним фактор-группы, находить генераторы группы и определяющие соотношения; находить состав приводимого представления (определять кратности вхождения в него неприводимых представлений заданной группы), строить базисные функции неприводимых представлений групп симметрии на атомных перестановках и атомных смещениях. Владеть навыками и приемами решения типичных задач теории групп; физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области теории групп.		
--	--	--	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Теория групп»

Вопросы к контрольным работам:

Тест 1

- Какие из перечисленных множеств образуют группу:
 - множество нечетных целых чисел относительно операции умножения;
 - множество четных чисел относительно операции сложения;
 - множество корней степени N из единицы относительно операции сложения?
- Если в класс сопряженных элементов входит более одного элемента, то он
 - является подгруппой группы
 - может быть подгруппой группы
 - никогда не может быть подгруппой группы
- Подгруппы группы
 - всегда пересекаются друг с другом
 - никогда не могут пересекаться
 - в некоторых случаях могут, а в некоторых не могут пересекаться
- Число элементов в разных классах сопряженных элементов данной группы
 - может быть разным
 - может быть только одинаковым

- в) всегда равно индексам инвариантных подгрупп данной группы
5. Данная подгруппа может быть образована
- а) некоторыми элементами из разных классов сопряженных элементов
 - б) элементами разных классов смежности
 - в) она всегда является объединением нескольких классов сопряженных элементов
6. Классы смежности могут
- а) пересекаться друг с другом
 - б) пересекаться с некоторыми классами сопряженных элементов
 - в) не могут пересекаться ни с одним из классов сопряженных элементов
7. Число классов сопряженных элементов
- а) всегда равно порядку группы
 - б) является делителем порядка группы
 - в) может быть равно порядку группы
8. В абелевой группе
- а) только некоторые элементы коммутируют друг с другом
 - б) все элементы коммутируют друг с другом
 - в) число классов сопряженных элементов меньше порядка группы
9. Теорема Лагранжа заключается в том, что
- а) порядок классов сопряженных элементов является делителем порядка группы
 - б) порядок подгруппы является делителем порядка группы
 - в) число классов сопряженных элементов не превосходит числа ее подгрупп
10. Порядок фактор -группы
- а) равен числу классов сопряженных элементов
 - б) равен числу смежных классов некоторой инвариантной подгруппы
 - в) может превышать порядок исходной группы
11. Объем элементарной ячейки гранецентрированной кубической решетки больше объема ее примитивной ячейки
- а) в два раза
 - б) в четыре раза
 - в) указанные ячейки имеют одинаковый объем
12. Число кристаллических классов кубической сингонии равно
- а) 5
 - б) 3
 - в) 4
13. Объем ячейки Вигнера-Зейтца для объемноцентрированной кубической решетки
- а) совпадает с объемом ее примитивной ячейки
 - б) совпадает с объемом ее элементарной ячейки
 - в) вдвое меньше объема элементарной ячейки
14. В симморфных пространственных группах
- а) могут быть винтовые оси
 - б) могут быть плоскости скольжения

в) не может быть ни винтовых осей, ни плоскостей скольжения.

Тест 2

1. Число различных неприводимых представлений группы
 - а) всегда равно числу ее классов сопряженных элементов
 - б) может превышать порядок группы
 - в) равно числу всех инвариантных подгрупп группы
2. Размерность любого неприводимого представления
 - а) может превышать порядок группы
 - б) является делителем порядка группы
 - в) совпадает с числом классов сопряженных элементов
3. Теорема Бернсайда утверждает, что
 - а) сумма размерностей всех неприводимых представлений группы равна порядку этой группы
 - б) сумма квадратов размерностей всех неприводимых представлений группы равна порядку этой группы
 - в) максимальная размерность неприводимого представления равна порядку группы
4. В регулярное представление группы ее каждое неприводимое представление
 - а) входит только один раз
 - б) может не входить вовсе
 - в) входит столько раз, какова размерность этого представления
5. Сумма квадратов модулей следов всех матриц неприводимого представления группы равна
 - а) размерности данного представления
 - б) порядку группы
 - в) порядку ядра гомоморфизма данного представления
6. Матрица, коммутирующая со всеми матрицами данного неприводимого представления является
 - а) треугольной
 - б) нулевой
 - в) кратной единичной матрице
7. матрица, коммутирующая со всеми матрицами данного приводимого представления имеет блочно-диагональный вид, причем, размерность каждого из блоков определяется
 - а) размерностью (n_i) соответствующего неприводимого представления, входящего в состав исходного приводимого представления
 - б) кратностью вхождения (m_i) неприводимого представления в состав исходного приводимого представления
 - в) произведением ($m_i * n_i$) размерности неприводимого представления на кратность его вхождения в приводимое представление
8. Представление, индуцированное из данного неприводимого представления подгруппы,
 - а) всегда является неприводимым представлением группы

б) имеет большую размерность по сравнению с размерностью исходного неприводимого представления группы

в) имеет меньшую размерность по сравнению с размерностью исходного неприводимого представления группы

9. Чем различаются эквивалентные представления:

а) размерностью;

б) разными базисами в одном пространстве;

в) пропорциональностью всех своих матриц.

10. Как установить эквивалентность двух представлений:

а) по равенству характеров представлений

б) по одинаковой размерности их;

в) по одинаковости наборов матриц, из которых образованы эти представления?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «тесты»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
хорошо (4)	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
удовлетворительно (3)	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
неудовлетворительно (2)	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

Теоретические вопросы:

1. Определение группы. Классы сопряженных элементов.
2. Подгруппы. Инвариантная подгруппа.
3. Фактор-группа. Изоморфизм и гомоморфизм групп.
4. Преобразования симметрии.
5. Точечные группы симметрии.
6. Пространственные группы симметрии.
7. Представление группы. Примеры представлений.
8. Эквивалентные представления.
9. Приводимые и неприводимые представления.
10. Индуцированные операторы и представления.
11. Леммы Шура и свойства ортогональности неприводимых представлений.
12. Характеры представлений. Регулярное представление.
13. Число неприводимых представлений.
14. Композиция или прямое произведение представлений группы.
15. Прямое произведение групп. Неприводимые представления прямого произведения групп.

16. Симметрия квантовомеханической системы относительно группы преобразований.
17. Теорема Вигнера.
18. Неприводимые представления пространственной группы.
19. Разложение приводимого представления на неприводимые.
20. Непрерывные группы линейных преобразований. Общие свойства групп Ли.
21. Частица в центральном поле.
22. Свойства симметрии решений уравнения Шредингера.
23. Правило сложения моментов количества движения.
24. Спин электрона.
25. Теорема Крамерса.
26. Расщепление уровней энергии под влиянием возмущения.
27. Атом в однородном магнитном поле. Эффект Пашена–Бака.
28. Эффект Зеемана.
29. Группа трехмерных вращений $O^+(3)$.
30. Неприводимые представления группы $O^+(3)$.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль («зачет»)

Шкала оценивания	Критерий оценивания
зачтено	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
не зачтено	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)