Приложение 4

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория групп

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Физика конденсированного состояния

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.ДВ.04.01 Теория групп относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции**		**Наименование оценочного средства**	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	**Результаты обучения по дисциплине**	**Для текущего контроля успеваемости**	**Для промежуточной аттестации**
ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	*ИД ПК-1: Демонстрация способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин*	*ИД ПК-1: Знание основных положений теории групп и теории представлений групп, которые позволяют формулировать и решать задачи в рамках профильных физических дисциплин, учитывающих симметрийные свойства изучаемых моделей.*	*Задачи*	*Экзамен: Задачи Контрольные вопросы*

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	**4**
Часов по учебному плану	**144**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	**26**
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	**26**
- КСР	**2**
самостоятельная работа	**54**
Промежуточная аттестация	**36** **Экзамен**

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1 Абстрактные группы	13	3	4	7	6
Тема 2 Обзор точечных групп	6	2	1	3	3
Тема 3 Пространственные группы	12	2	2	4	8
Тема 4 Представления конечных групп	18	4	4	8	10
Тема 5 Композиция представлений и прямое произведение групп	11	3	3	6	5
Тема 6 Неприводимые представления пространственных групп	7	2	2	4	3
Тема 7 Симметрия в квантовой механике	13	2	2	4	9
Тема 8 Молекулярные колебания	14	4	4	8	6
Тема 9 Непрерывные группы	12	4	4	8	4
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	26	26	54	54

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Теорема Лагранжа. Классы сопряженных элементов. Инвариантная подгруппа. Фактор-группа. Изоморфизм и гомоморфизм групп.
Тема 2 Элементы симметрии точечных групп. Распределение элементов по классам сопряженных элементов.
Тема 3 Подгруппа трансляций. Сингонии. Кристаллические классы.
Тема 4 Определение представления. Представления приводимые и неприводимые. Характеры представления. Существование эквивалентного унитарного представления. Леммы Шура. Теоремы ортогональности. Критерий неприводимости представления.
Тема 5 Представления прямого произведения групп. Композиция представлений группы.
Тема 6 Неприводимые представления группы трансляций. Звезда вектора k. Группа волнового вектора.
Тема 7 Классификация уровней энергии и стационарных состояний квантовой системы по неприводимым представлениям группы симметрии. Теория возмущений. Правила отбора.
Тема 8 Классическое решение. Роль симметрии в молекулярных колебаниях. Классификация нормальных мод.
Тема 9 Общие замечания. Инфинитезимальные операторы. Группа 3-х мерных вращений и ее неприводимые представления.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

нет

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Зад.1 Пусть G и G' – группы второго порядка. Какую структуру имеет группа $G \times G'$? Какой из точечных групп она изоморфна?

Зад. 2. Могут ли матрицы $s = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, $t = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$ быть представлением группы C_{3v}? Если – да, то приводимо ли оно? Если – да, то разложить его по неприводимым представлениям группы C_{3v}.

Зад. 3 Снимется ли вырождение уровней системы, если ее симметрия понижается с группы тетраэдра T_d до группы C_3?

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задача решена правильно или с небольшими недочетами
не зачтено	Задача не решена, или решена неправильно с грубыми ошибками

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	**плохо**	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
	не зачтено		**зачтено**				
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовк	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	вследствие отказа обучающегося от ответа		негрубых ошибок	. Допущено несколько негрубых ошибок	. Допущено несколько несущественных ошибок	и. Ошибок нет.	
Умения	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	**превосходно**	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	**неудовлетворительно**	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Зад. 1 Найти порядок элемента $f = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 4 & 1 & 3 \end{pmatrix} \in P_4$, где P_4 – группа перестановок из четырех символов. Какая перестановка соответствует элементу f^{-1}?

Зад. 2 Найти матрицы регулярного представления для группы $C_{2h} = \{e, C_2, \sigma_h, I\} = \{G_1, G_2, G_3, G_4\}$.

Зад.3 Известны характеры некоторого представления T группы D_{3h}: $\chi(e) = 4$, $\chi(\sigma_h) = -4$, $\chi(C_3) = 1$, $\chi(S_3) = -1$, $\chi(C_2') = 0$, $\chi(\sigma_v) = 0$. Является ли это представление неприводимым? Если нет, то разложить его по неприводимым представлениям группы D_{3h}.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Правильное решение с использованием оригинального метода
отлично	Задача решена правильно
очень хорошо	При правильном подходе допущены незначительные ошибки
хорошо	Большая часть задачи решена правильно, но несколько непринципиальных ошибок не позволили получить верный ответ
удовлетворительно	Ход решения правильный, но допущен ряд ошибок, не позволивший довести решение до конца
неудовлетворительно	Неправильное решение. Допущены грубые ошибки.
плохо	Задача не решена

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Определение представления группы. Существование эквивалентного унитарного представления.

2. Молекулярные колебания. Роль симметрии в молекулярных колебаниях.

3. Правила отбора.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Подробное, грамотное изложение темы вопроса с обоснованием всех утверждений. Использование материала, выходящего за рамки лекционного курса
отлично	Грамотное, логическое изложение темы вопроса
очень хорошо	Ответ в целом подробный, но есть неточности
хорошо	Изложение недостаточно подробное, не все утверждения обоснованы, но выводы правильные
удовлетворительно	Тема раскрыта поверхностно, ошибки
неудовлетворительно	Экзаменуемый не владеет материалом, необходимым для ответа на вопрос
плохо	Полная некомпетентность

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Хамермеш М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам / пер. с англ. Ю. А. Данилова. - М. : Мир, 1966. - 588 с. - 59.00., 2 экз.
2. Петрашень Мария Ивановна. Применение теории групп в квантовой механике. - М. : Наука, 1967. - 308 с. : черт. - 1.09., 4 экз.
3. Эллиот Джеймс. Симметрия в физике : в 2 т. : пер. с англ. Т. 1. Основные принципы и простые приложения / под ред. И. С. Желудева, Д. А. Славнова. - М. : Мир, 1983. - 364 с. - 1.50., 2 экз.
4. Эллиот Джеймс. Симметрия в физике : в 2 т. : пер. с англ. Т. 2. Дальнейшие приложения / под ред. И. С. Желудева, Д. А. Славнова. - М. : Мир, 1983. - 410 с. - 1.70., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Киреев Петр Семенович. Введение в теорию групп и её применение в физике твердого тела : [учеб. пособие для втузов]. - М. : Высшая школа, 1979. - 207 с. : ил. - 0.40., 3 экз.
2. Бир Геннадий Левикович. Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках. - М. : Наука, 1972. - 584 с. : с черт. - 2.66., 3 экз.
3. Бурдов Владимир Анатольевич. kp-метод и групповой подход в теории полупроводников : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 220 с. - ISBN 978-5-91326-189-2 : 206.20., 4 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Интернет-ресурсы фундаментальной библиотеки ННГУ

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

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

Автор(ы): Максимова Галина Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.11.2024, протокол № б/н.