

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физического факультета

 С.Н. Филимонов

«15» апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория симметрии

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Профиль подготовки:

«Фундаментальная физика»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2021

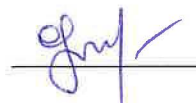
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.02.04

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 О.Н. Чайковская

Председатель УМК

 О.М. Сюсина

Томск – 2021

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-2 – Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;
- ПК-1 – Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

- ИОПК-2.2. – Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования
- ИПК-1.1. Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

2. Задачи освоения дисциплины

- Освоить математический аппарат квантовой молекулярной спектроскопии и базовые модели описания молекулярных свойств.
- Научиться применять понятийный аппарат молекулярной спектроскопии для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 5, зачет.

Семестр 6, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: математический анализ, квантовая механика, теория симметрии.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

- лекции: 32 ч.;
- практические занятия: 32 ч.;

в том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Основные понятия теории групп. Примеры групп.

Введение в теорию групп. Понятие о группе. Классификация. Примеры групп. Подгруппы. Смежные классы. Теорема Лагранжа. Циклические подгруппы. Понятие о

изоморфизме и гомоморфизме. Группы симметрии. Группа перестановок. Группы первого и второго рода. Элементы симметрии. Дискретные группы. Симметрия кристаллов и молекул.

Тема 2. Теория представлений.

Теория представлений групп. Понятие о представлении группы. Эквивалентные и унитарные представления. Функционал усреднения. Приводимые представления и их свойства. Теорема инвариантности. Теорема о редукции приводимых представлений. Неприводимые представления и свойства ортогональности. Функции, порождаемые представлениями. Теоремы ортогональности. Теорема полноты. Регулярное представление. Теорема Бернсайда. Нахождение неприводимых представлений конкретных групп симметрии. Теория характеров. Определение характера. Свойства характеров представлений. Операции с представлениями групп симметрии. Произведение представлений. Сопряженное представление. Теорема о произведении эквивалентных представлений. Ковариантный и контравариантный базисы. Вещественные представления и их свойства. Произведение групп. Симметризованные степени представлений. Фактическое разложение приводимого представления на неприводимые. Решение и разбор задач. Представления конкретных групп симметрии. Общий метод построения неприводимых представлений. Построение неприводимых представлений для различных групп первого и второго рода.

Тема 3. Группа вращений.

Бесконечные группы. Элементы теории групп Ли. Особенности бесконечных групп и группы Ли. Теорема о разложении приводимых представлений. Теорема ортогональности. Функция на бесконечной группе и теорема о разложении функций. Непрерывные и компактные группы. Инфинитезимальные операторы представлений, их свойства. Теоремы о инфинитезимальных операторах. Группа вращений и полная ортогональная группа. Неприводимые представления группы поворотов. Индекс представления. Классификация неприводимых представлений группы вращений. Матрицы неприводимых представлений группы вращений. Свойства неприводимых представлений группы вращений. Ковариантный и контравариантный базис. Элементы тензорного анализа. Представления полной ортогональной группы. Коэффициенты Клебша-Гордана. Расчет матричных элементов.

Тема 4. Некоторые физические приложения теории групп.

Нормальные колебания симметричных молекул. Применение теории групп к вычислению матричных элементов. Теория возмущений. Метод молекулярных орбиталей.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения практических работ и тестов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в первом семестре ставится по результатам текущего контроля по дисциплине.

Экзамен во втором семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа. Каждый билет содержит по два устных вопроса, проверяющих усвоение тем образовательной программы и наличие компетенций в соответствии с ИОПК-2.2 и ИПК-1.1.

Перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. А. Определение группы. Классификация. Примеры групп. Подгруппы. Группы первого и второго рода. Оси симметрии. Примеры групп первого рода. Таблица

- умножения элементов группы. Абелевы группы.
- В. Какие повороты принадлежат одному классу.
2. А. Плоскости симметрии. Двусторонние и эквивалентные оси. Зеркально поворотные оси. Примеры групп второго рода.
- В. Теорема Вигнера -Эккарта. Коэффициенты Клебша- Гордана
3. А. Сопряженные элементы. Определение классов. Смежные классы. Группа перестановок. Теорема о перечислении групп. Циклические подгруппы. Понятие о изоморфизме. Изоморфные группы.
- В. Схемы Юнга
4. А. Понятие о представлении группы. Матричные представления. Примеры и значение представлений для задач физики и химии. Эквивалентные представления. Унитарные представления.
- В. Колебания молекул. Примеры. Разложения на неприводимые представления.
5. А. Приводимые и неприводимые представления. Свойства. Эквивалентные представления. Теорема Машке. Доказательство.
- В. Семь сингоний
6. А. Группа трансляций. Дискретная группа векторов. Группа симметрии векторной группы. Оси какого порядка может иметь группа симметрии векторной группы?
- В. Матричные представления.
7. А..Первая лемма Шура. Доказательство. Свойства ортогональности неприводимых представлений
- В. Ортогональность базисных функций
8. А. Вторая леммы Шура. Доказательство. Определение характера. Свойства характеров представлений. Приведение представлений с использованием характеров.
- В. Группы вращения R_2 и R_3 . и их характеры
9. А. Прямое произведение неприводимых представлений. Характер прямого произведения. Коэффициенты Клебша- Гордана
- В. Регулярное представление. Разложение регулярного представления на неприводимые представления.
10. А. Непрерывные группы. Инфинитезимальные операторы. Структурные константы. Три теоремы

В. Проекционные операторы. Примеры проекционных операторов.

Перечень вопросов, выносимых на практические занятия

1. Зачем разлагать приводимое представление на неприводимые?
2. Проверка разложения приводимого представления на неприводимые с помощью размерности пространства.
3. Симметризованные координаты.
4. Проекционные операторы. Примеры
5. Колебания молекул. Примеры
6. Правила отбора.
7. Группа перестановок. Изоморфные группы.
8. Непрерывные группы. Инфинитезимальные операторы.
9. Группы вращения R_2 и R_3 и их характеры

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» ставится при условии выполнения всех практических заданий по текущему контролю и дачи правильных ответов по всем вопросам билета. Оценка «хорошо» ставится при условии выполнения всех практических заданий по текущему контролю и дачи правильного ответа хотя бы одному вопросу билета. Оценка «удовлетворительно» ставится при условии выполнения всех практических заданий по текущему контролю. Оценка «неудовлетворительно» ставится при условии невыполнения практических заданий по текущему контролю.

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22001>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине размещены в электронном университете «Moodle».

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 1. Любарский Г. Я. Теория групп и ее применение в физике: курс лекций для физиков-теоретиков. М.: URSS, Ленанд, 2014. 360 с.
 2. Эллиот Дж., Добер П. Симметрия в физике. Т. 1, 2. М.: Мир, 1983.
 3. Хамермеш М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам. Изд. 3-е. М.: Либроком, 2010. 584 с.
 4. Наймарк М. А. Теория представлений групп. Изд. 2-е. М.: Физматлит, 2010. 572 с.
 5. Вигнер Е. Теория групп и ее приложения к квантомеханической теории атомных спектров. М.: ИИЛ, 1961. 444 с.
- б) дополнительная литература:
 1. Барут А., Рончка Р. Теория представлений групп и ее приложения. Т. 1, 2. М.: Мир, 1980.
 2. Вейль Г. Теория групп и квантовая механика. М.: Наука, 1986. 496 с.

3. Гельфанд И. М., Минлос Р. А., Шапиро З. Я. Представления группы вращений и группы Лоренца, их применения. М.: Физматгиз, Москва, 1958. 367 с.
4. Горенштейн Д. Конечные простые группы. М.: Мир, 1985. 352 с.
5. Каргаполов М. И., Мерзляков Ю. И. Основы теории групп. Изд. 5-е. СПб.: Лань, 2009. 288 с.
6. Ляпин Е. С., Айзенштат А. Я., Лесохин М. М. Упражнения по теории групп. Изд. 2-е. СПб.: Лань, 2010. 272 с.

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
 - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Никитин Андрей Владимирович, д-р физ.-мат. наук, Томский государственный университет, кафедра оптики и спектроскопии, профессор.