Программа учебной дисциплины

|  |  |
| --- | --- |
| Название дисциплины | *Симметрии и теория групп в физике* |
| Автор(ы) программы | *Загороднев Игорь Витальевич* |
| Курс | *3* |
| Модули | *1,2* |
| Объём курса | *1 лекция и 1 семинар в неделю* |
| Элементы контроля | *домашние работы, контрольная работа, устный экзамен* |

# 1. Аннотация курса

*Симметрийные соображения играют важную роль в самых разных областях физики. Так, законы сохранения энергии, импульса, момента импульса и чётности являются следствием определённых симметрий системы. Симметрией определяются правила отбора и, как правило, вырождение квантовомеханических уровней. Это мощный инструмент для решения самых сложных задач физики. Математический аппарат симметрии основан на теории групп и их представлений. В данном курсе сначала будут даны необходимые математические сведения, которые в дальнейшем будут использованы в конкретных физических примерах, таких как классификация нормальных мод колебаний молекул и кристаллов, правила отбора в квантовой механике, нахождение возможных видов электронного спектра в кристаллах и др.*

# 2. Программа курса

*1. Роль пространственной симметрии в физике. Простейшие примеры проявления симметрии.*

*2. Точечные группы и их свойства. Классы. Представления групп. Характеры представлений. Неприводимые представления. Построение таблицы характеров.*

*3. Применение методов теории групп (теории симметрии) к классификации нормальных мод молекулярных колебаний.*

*4. Непрерывные группы и их представления. Плоские SO(2) и пространственные SO(3) группы вращений. Угловой момент.*

*5. Группа трансляций и симметрия кристаллов. Типы решеток Браве. Зона Бриллюэна.*

*6. Симметрия в квантовой механике. Матричные элементы операторов и правила отбора.*

*7. Метод эффективной массы (kp-метод). Применение методов теории групп к определению электронных спектров в кристаллах.*

*8\*. Метод инвариантов и его применение для нахождения электронного спектра квадратной и гексагональной двумерных решеток.*

# 3. Элементы контроля и правила оценивания

1. *Домашние работы содержат следующие задания: разбиение заданной группы на классы и построение её таблицы характеров; классификацию мод нормальных колебаний заданной молекулы/кристалла; определение зануляющихся матричных элементов заданного оператора между квантовомеханическими состояниями, преобразующимися по заданным представлениям конкретной группы; определение возможных электронных спектров заданных кристаллов в заданной точке зоны Бриллюэна. Письменная контрольная работа из 3-4 задач. Устный экзамен в формате ответа на вопрос билета и представления вопроса по выбору, основанного на заданиях из домашних работ.*
2. *Правила выставления оценки: сумма за еженедельные письменные работы-тесты (10%), выполнение домашних работ (40%), контрольная работа (25%), устный экзамен (25%). На выполнение домашних работ отводится 3 недели. Если домашние работы не сданы вовремя, то оценка за просроченные домашние работы поэтапно снижается с шагом в 1 неделю по 25%.*

## 4. Примеры заданий элементов контроля

1. *Задача 1.* Проклассифицируйте по неприводимым представлениям нормальные колебания молекулы воды H2O, считая, что она имеет группу симметрии C2v.
2. *Задача 2.* Найдите обращающиеся в ноль диагональные матричные элементы оператора импульса и общий вид энергетического спектра (до второго порядка по квазиимпульсу) в некоторой точке зоны Бриллюэна, обладающей точечной группой симметрии волнового вектора C4.
3. *Задача 3.* Используя метод инвариантов найдите гамильтониан электронов в графене в рамках метода эффективноймассы в первом порядке по импульсу. Можно считать, что кристаллическая решетка графена обладает C3v симметрией.
4. *Задача 4\**. Покажите, что для бесспиновой нерелятивистской квантовой частицы, движущейся в поле с потенциалом, обладающим симметрией C3, оператор *cos*(*2πlz*) соответствует сохраняющейся величине.

# 5. Рекомендованная литература и ссылки по теме

## Основной список

1. Дж. Эллиот, П. Добер. Симметрия в физике. В 2-х томах. Издательство: “М.: Мир” (1983).
2. Г.Л. Бир, Г.Е. Пикус. Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках. Издательство: "Наука" (1972).

## Дополнительный список

1. M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, A. Jorio. Group Theory: Application to the Physics of Condensed Matter. Springer (2008).
2. Л.Д. Ладнау, Е.М. Лифшиц. Том 3 Квантовая механика. Нерелятивистская теория. Главы XII "Теория симметрии" и XIII "Многоатомные молекулы".
3. Г. Штрайтвольф. Теория групп в физике твердого тела. Издательство: "Мир" Москва (1971).

Полезные ссылки: https://www.cryst.ehu.es, http://symmetry.jacobs-university.de