

# Специальные разделы квантовой механики

## Advanced Quantum Mechanics

1. Название: Специальные разделы квантовой механики

Course title: Advanced quantum mechanics

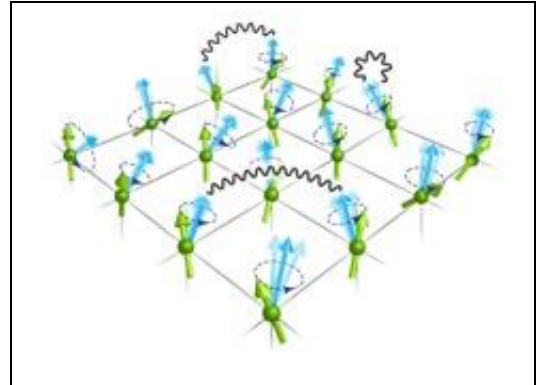
2. Лектор: Иван Иорш

Ассистенты:

Lecturer: Ivan Iorsh

Assistants:

3. Краткая аннотация:



Целью курса является знакомство студентов с базовыми концепциями и теоретическими методами, используемым в задачах современной квантовой механики и физики твердого тела.

Курс разделен на две части. В первой части, мы подробно изучим теоретические методы решения одночастичных задач в квантовой механике: приближение сильной связи для нахождения энергетического спектра кристаллов, различные методы теории возмущений, зависящих от времени для описания оптических свойств квантовых систем. Кроме того, мы познакомимся с концепцией топологии в квантовой механике.

Вторая часть посвящена базовым методам исследования многочастичных взаимодействий в квантовой механике. На примерах простейших задач мы познакомимся с крайне эффективными теоретическими методами, такими как метод среднего поля, диаграммная техника, и основы метода функциональных интегралов.

Short annotation (500-700 characters, in plain and simple language):

The aim of the course is the introduction to the basic concepts and theoretical methods used in the problems of modern quantum mechanics and condensed matter physics.

The course is divided in two parts. In the first part, we will thoroughly study the theoretical methods of solving single-particle problems in quantum mechanics: tight-binding approximation for finding the spectrum of periodic systems such as crystals, different methods in time-dependent perturbation theory to study optical properties of quantum systems. Moreover, students will get acquainted with the concept of topology in quantum mechanics.

The second part is dedicated to the basic methods of studying many-body interactions in quantum mechanics. Using the basic problems as examples, we will discuss the simplest yet effective methods of the mean field approximation, diagrammatic technique and path integrals.

4. Название программы и семестр: Нанопотоника и метаматериалы/Квантовые материалы, первый семестр

Study program and semester: Nanophotonics and metamaterials/ quantum materials, 1<sup>st</sup> semester.

5. Детальное описание курса с разбиением по лекциям/семинарам/практикам:

	Тема	Тип занятий
<b>Часть I. Одночастичные задачи в квантовой механике</b>		
1	Приближение сильной связи. Спектры кристаллов	Лекция (2) + семинар (2)
2	Периодические во времени возмущения (метод Флоке)	Лекция + семинар
3	Концепция топологии в квантовой механике. Эффекты Холла в квантовой механике (обычный, аномальный, спиновый). Топологические инварианты.	Лекция (2) + семинар (2)
4	Матрица плотности. Чистые и смешанные квантовые состояния.	Лекция + семинар
5	Временные представления в КМ. Представление Шредингера, Гейзенберга и взаимодействия	Лекция + семинар
6	Теория линейного отклика. Формула Кубо. Электрическая и магнитная восприимчивости квантовой системы	Лекция (2) + семинар (2)
<b>Часть II. Введение в методы многочастичной КМ.</b>		
7	Вторичное квантование. Формализм чисел заполнения. Волновые функции многочастичной системы и операторов в представлении чисел заполнения.	Лекция + семинар
8	Метод среднего поля. Фазовые переходы.	Лекция (2) + семинар
9	Основы диаграммной техники. Метод частичных сумм. Приближение Хартри-Фока и случайной фазы для взаимодействующих электронов.	Лекция (2) + семинар
10	Метод функциональных интегралов. Когерентные состояния. Гармонический осциллятор на языке функциональных интегралов. Преобразование Стратановича. Ангармонический осциллятор.	Лекция (2) + семинар (2)

Detailed content and structure with sectioning of lectures/seminars:

	Topic	Class type
<b>Part 1. Single particle QM methods</b>		
1	Tight binding approximation. Crystall energy spectra	Lecture (2) + seminar (2)
2	Time-periodic perturbation. Floquet theory	Lecture + seminar
3	Topology concept in QM. Quantum Hall effects (conventional, anomalous, spin etc...). Topological invariants	Lecture (2) + seminar (2)
4	Density matrix. Pure and mixed states.	Lecture + seminar
5	Time evolution pictures. Schrodinger, Heisenberg and interaction pictures. Series expansion of time evolution operator in interaction picture	Lecture + seminar
6	Linear response theory. Kubo formula. Electric and magnetic permeabilities of quantum systems.	Lecture (2) + seminar (2)
<b>Part II. Introduction to many-body problems in QM</b>		
7	Second quantization. Occupation number formalism. Many body wavefunction and operator representations.	Lecture + seminar
8	Mean field theory. Phase transitions.	Lecture (2) + seminar
9	Basics of diagramm technique. Partial summation. Hartree-Fock approximation for interacting electrons and its relation to mean field. Random phase approximation.	Lecture (2) + seminar
10	Basics of path integral approaches. Harmonic oscillator on the language of path integrals. Stratonovich transformation. Anharmonic oscillator.	Lecture (2) + seminar (2)

6. Рекомендованная литература:

Textbooks:

1. J.J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics
2. P. Coleman, Introduction to Many body physics
3. H. Bruus, K. Flensberg, Introduction to many body quantum mechanics.

7. Предварительно пройденные курсы, необходимые для изучения предмета:

Course prerequisites: Quantum Mechanics (standard two-semester course)

8. Тип самостоятельных заданий:

Assignments: attached.

9. Как оценивается успеваемость по курсу:

Grading policy:

Final grade is based solely on the final exam. Solution of the homework problems is strongly recommended to be able to solve the problems at the exam.