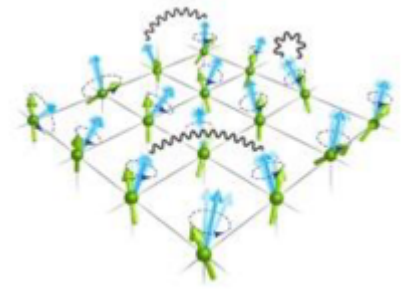


# Advanced quantum mechanics

**Lecturers:**

Ivan Iorsh



**Language:**

English

**Credit points:**

5.00

**Monitoring type:**

Exam

**Educational Program:**

[Nanophotonics](#)

1st and 3rd semesters

[Hybrid Materials](#)

1st and 3rd semesters

[Computer Modeling of quantum and nanophotonic systems](#)

1st and 3rd semesters

[Quantum Materials](#)

1st and 3rd semesters

**Prerequisites:**

[Quantum mechanics](#)

| Lectures<br>(a.h)*            | Practice<br>(a.h) | Labs<br>(a.h) |
|-------------------------------|-------------------|---------------|
| 32                            | 25                | 0             |
| *1 academic hour = 45 minutes |                   |               |

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.

## Course content

### Специальные разделы квантовой механики/Advanced Quantum Mechanics

#### Одночастичные задачи в квантовой механике

#### Структура курса

| Разделы  | Лекции<br>(ак.ч.)  | Практики<br>(ак.ч.) |
|--|--------------------|---------------------|
| <b>Часть 1. Одночастичные задачи в квантовой механике</b>  |                    |                     |
| 1.1 Приближение сильной связи. Спектры кристаллов.   | 4                  | 4                   |
| 1.2. Периодические во времени возмущения (метод Флоке)   | 2                  | 2                   |
| 1.3. Концепция топологии в квантовой механике. Эффекты Холла в квантовой механике (обычный, аномальный, спиновый). Топологические инварианты.                                      | 4                  | 4                   |
| 1.4. Матрица плотности. Чистые и смешанные квантовые состояния.  | 2                  | 2                   |
| 1.5. Временные представления в КМ. Представление Шредингера, Гейзенберга и взаимодействия  | 2                  | 2                   |
| 1.6. Теория линейного отклика. Формула Кубо. Электрическая и магнитная восприимчивости квантовой системы   | 4                  | 4                   |
| <b>Часть 2. Введение в методы многочастичной КМ</b>  |                    |                     |
| 2.1. Вторичное квантование. Формализм чисел заполнения. Волновые функции многочастичной системы и операторов в представлении чисел заполнения.                                     | 2                  | 2                   |
| 2.2. Метод среднего поля. Фазовые переходы.  | 4                  | 2                   |
| 2.3. Основы диаграммной техники. Метод частичных сумм. Приближение Хартри-Фока и случайной фазы для взаимодействующих электронов.  | 4                  | 2                   |
| 2.4. Метод функциональных интегралов. Когерентные состояния. Гармонический осциллятор на языке функциональных интегралов. Преобразование Стратановича. Ангармонический осциллятор. | 4                  | 4                   |
|  |                    |                     |
| Topic  | Lectures<br>(ac.h) | Seminars<br>(ac.h)  |
| <b>Part 1. Single particle QM methods</b>  |                    |                     |
| 1.1. Tight binding approximation. Crystal energy spectra.  | 4                  | 4                   |
| 1.2. Time-periodic perturbation. Floquet theory.   | 2                  | 2                   |
| 1.3. Topology concept in QM. Quantum Hall effects (conventional, anomalous, spin etc...). Topological invariants.  | 4                  | 4                   |
| 1.4. Density matrix. Pure and mixed states.  | 2                  | 2                   |
| 1.5. Time evolution pictures. Schrodinger, Heisenberg and interaction pictures. Series expansion of time evolution operator in interaction picture                                 | 2                  | 2                   |
| 1.6. Linear response theory. Kubo formula. Electric and magnetic permeabilities of quantum systems.  | 4                  | 4                   |
| <b>Part II. Introduction to many-body problems in QM</b>   |                    |                     |
| 2.1. Second quantization. Occupation number formalism. Many body wavefunction and operator representations.  | 2                  | 2                   |
| 2.2. Mean field theory. Phase transitions.   | 4                  | 2                   |
| 2.3. Basics of diagramm technique. Partial summation. HartreeFock approximation for interacting electrons and its relation to mean field. Random phase approximation               | 4                  | 2                   |
| 2.4. Basics of path integral approaches. Harmonic oscillator on the language of path integrals. Stratonovich transformation. Anharmonic oscillator.                                | 4                  | 4                   |

## **Recommended resources**

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.

## **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.