# Физико-технический факультет Университета ИТМО Physics and Engineering Department of ITMO University

|  |
| --- |
|  |

**1.Название:** Специальные главы физики полупроводников

**Course title:** Advanced Semiconductor Physics

**2. Лектор:** Михаил Нестоклон

**Ассистенты:** Иван Авдеев

**Lecturer:** Mikhail Nestoklon

**Assistants:** Ivan Avdeev

**3. Краткая аннотация:**

Оригинальный курс «Специальные главы физики полупроводников» даёт представление о некоторых типичных задачах, возникающих в современной физике полупроводников и наноструктур на их основе. Часть курса посвящена различным методам решения задачи о описании зонной структуры полупроводников и размерном квантовании в наноструктурах на их основе: kp метод, метод сильной связи, численное решение соответствующих уравнений. Кроме того, даётся представление об использовании теории симметрии и топологии для анализа зонной структуры и размерно-квантованых состояний. Также сделан краткий обзор методов решения многочастичных задач.

**Short annotation:**

The original course "Advanced Semiconductor Physics" gives a general outlook of the typical problems in modern semiconductor physics and semiconductor-based nanostructures. The first part is devoted to the different approaches for the description of semiconductors band structure and quantum confinement in nanostructures: kp method, tight-binding method, numerical solution of corresponding equations. Then, the introduction to the symmetry group theory and topology for the analysis of band structure and quantum-confined states. Finally, few techniques for the solution of the many-body problems are reviewed.

**4. Название программы и семестр:** Физика полупроводников, 2й семестр

**Study program and semester:** Physics of semiconductors, 2st semester

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

|  |
| --- |
| Часть I. Некоторые типичные задачи  |
| 1 | Введение: кристаллическая решётка, пространственные группы, зонная структура полупроводников | лекция |
| 2,3 | Метод Галёркина и метод конечных элементов на примере решения уравнения Шредингера и Пуассона-Шредингера | 2 лекции |
| 4 | Численное интегрирование, интегральные уравнения и уравнение Липмана-Швингера, задача о туннелировании через барьер | лекция |
| 5 | Состояния в структурах с квантовыми ямами в модели Кейна | лекция |
| 6,7 | Метод сильной связи | 2 лекции |
| 8 | Использование дискретного преобразования Фурье для анализа состояний в квантовых ямах | лекция |
| Часть II. Симметрия и топология в физике полупроводников |
| 9 | Зонная структура графена: метод сильной связи | лекция |
| 10 | Симметрийный анализ зонной структуры графена | лекция |
| 11 | Топологические свойства зонной структуры графена | лекция |
| 12 | Разбор домашних заданий | семинар |
| Часть III. Многочастичные задачи |
| 13 | Точное решение модельной многочастичной задачи: диракиум | лекция |
| 14 | Метод Хартри-Фока и сравнение с точным решением | лекция |
| 15 | Введение в метод функционала плотности | лекция |
| 16 | Разбор домашних задач | семинар |

**Detailed content and structure with sectioning of lectures/seminars:**

|  |
| --- |
| Chapter I. Classical problems in semiconductor modeling  |
| 1 | Introduction: crystal lattice, space groups, band structure of semiconductors | lecture |
| 2,3 | Galerkin and finite elements methods and their application for the Schroedinger and Poisson-Schroedinger equation  | 2 lectures |
| 4 | Numerical integration, integral equations, Lipmann-Schwinger equation | lecture |
| 5 | Space quantization in Kane model | lecture |
| 6,7 | Tight-binding  | 2 lectures |
| 8 | Discrete Fourier transform for the analysis of the quantized states | lecture |
| Chapter II. Applications of group theory and topology |
| 9 | Band structure of graphene in the tight-binding method | lecture |
| 10 | Symmetry analysis of graphene band structure | lecture |
| 11 | Topology of graphene band structure | lecture |
| 12 | Homework discussion | seminar |
| Chapter III. Many-body problems |
| 13 | Exact solution of simple two-particle problem: dirakium | lecture |
| 14 | Hartree-Fock method and comparison with exact solution | lecture |
| 15 | Introduction to the density-functional method | lecture |
| 16 | Homework discussion | seminar |

**6. Рекомендованная литература:**

**Textbooks:**

[1] E.L. Ivchenko, Optical spectroscopy of semiconductor nanostructures, Alpha Science, Harrow UK (2005)

[2] P.Y. Yu, M. Cardona, Fundamentals of semiconductors, Springer (2005)

**7. Предварительно пройденные курсы, необходимые для изучения предмета:** общая физика, физика твердого тела, численные методы

**Course prerequisites:** general physics, solid state physics, numerical methods

**8. Тип самостоятельных заданий:** см. приложенный файл.

**Assignments:** see attached file.

**9. Как оценивается успеваемость по курсу:**

|  |  |
| --- | --- |
| Максимальное количество баллов за курс | 100 |
| Максимальное количество баллов за решение задач | 70 |
| Максимальное количество баллов за выступление на семинарах | 0 |
| Максимальное количество баллов за практическую работу | 0 |
| Максимальное количество баллов за финальный устный экзамен | 30 |

**Grading policy:**

|  |  |
| --- | --- |
| Highest final grade for the course  | 100 |
| Highest final grade for the problem solving | 70 |
| Highest final grade for the talk at the seminars | 0 |
| Highest final grade for the practicum | 0 |
| Highest final grade for the final oral exam | 30 |