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

|  |
| --- |
|  |

**1.Название:** Физика полупроводниковых наноструктур

**Course title:** Physics of semiconductor nanostructures

**2. Лектор:** Алексей Торопов

**Lecturer:** Alexey Toropov

**3. Краткая аннотация:**

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с описанием фундаментальных электронных и оптических свойств полупроводниковых кристаллов и наноструктур на их основе. На базе методов квантовой зонной теории, тензорного исчисления и теории симметрии рассмотрены электронные зоны полупроводников со структурой цинковой обманки и вюрцита, а также оптические правила отбора и тонкая структура экситонного спектра полупроводниковых кристаллов и наноструктур на их основе: квантовых ям, квантовых точек и 2D кристаллов. Приводятся и обсуждаются основные экспериментальные результаты из области физики полупроводниковых наноструктур – как в аспекте исторического развития, так и с целью освещения последних достижений мировой науки в этой области.

**Short annotation:**

The content of the course covers a range of issues related to the description of the fundamental electronic and optical properties of semiconductor crystals and related nanostructures. Based on the methods of quantum band theory, tensor calculus and symmetry theory, the electronic bands of semiconductors with the zinc blende and wurzite crystal structure are considered, as well as the optical selection rules and the fine structure of the excitonic spectrum of semiconductor crystals and nanostructures based on them: quantum wells, quantum dots and 2D crystals. Most important experimental results in the field of physics of semiconductor nanostructures will be presented and discussed – both in terms of historical development and to highlight the latest achievements of world science in this field.

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

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

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

|  |
| --- |
| Часть I. Основы зонной теории полупроводниковых соединений |
| 1 | Введение в кристаллографию | лекция |
| 2 | Электронные зоны полупроводников со структурой цинковой обманки и вюрцита | лекция |
| 3 | Основы **kp** теории, модели Латтинжера и Пикуса-Бира | лекция  |
| 4 | Метод эффективных масс | лекция |
| 5 | Пиро- и пьезоэлектрики | лекция |
| 6 | Электронный спектр квантовых ям | лекция |
| 7 | Решение задач по теме “электронные зоны полупроводниковых структур” | практика |
| Часть II. Теория симметрии в физике твердого тела  |
| 8 | Введение в теорию неприводимых представлений групп | лекция |
| 9 | Применение теории групп к исследованию спектра и правил отбора дипольных переходов | лекция |
| 10 | Решение задач по теме “симметрийные эффекты в полупроводниковых наноструктурах” | практика |
| Часть III. Оптика полупроводниковых наноструктур |
| 11 | Междузонные переходы и экситоны | лекция |
| 12 | Оптические правила отбора и тонкая структура экситонного спектра полупроводников  | лекция |
| 13 | Экситонный спектр квантовых ям и квантовых точек | лекция |
| 14 | Оптика 2D кристаллов  | лекция |
| 15 | Решение задач по теме “оптические эффекты в полупроводниковых наноструктурах” | практика |
| 16 | Студенческие доклады по актуальным тематикам физики твердого тела | семинар |

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

|  |
| --- |
| Chapter I. Basics of band theory of semiconductor compounds |
| 1 | Introduction in crystallography | lecture |
| 2 | Electronic bands of semiconductors with zinc-blende and wurtzite crystal structures | lecture |
| 3 | Basics of the kp theory, Lattinger and Pikus-Bir models | lecture |
| 4 | Effective mass method | lecture |
| 5 | Pyro- and piezoelectrics | lecture |
| 6 | Electronic spectrum in quantum wells | lecture |
| 7 | Exercises on the topic “Electronic bands in semiconductor structures” | practice |
| Chapter II. Theory of symmetry in solid state physics |
| 8 | Introduction in theory of group irreducible representations | лекция |
| 9 | Application of group theory to investigation of the spectrum and selection rules of dipole transitions | lecture |
| 10 | Exercises on the topic “Symmetry effects in semiconductor nanostructures” | practice |
| Chapter III. Optics of semiconductor nanostructures |
| 11 | Interband transitions and excitons | lecture |
| 12 | Optical selection rules and fine structure of excitonic spectrum in semiconductors | lecture |
| 13 | Excitonic spectrum of quantum wells and quantum dots | lecture |
| 14 | Optics of 2D crystals | lecture |
| 15 | Exercises on the topic “Optical effects in semiconductor nanostructures” | practice |
| 16 | Students presentations on hot topics in solid state physics | seminar |

**6. Рекомендованная литература:**

1) Ландау и Лифшиц, том III "Квантовая механика", Москва “Наука” 1989.

2) Г.Л. Бир и Г.Е. Пикус, Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках, Москва “Наука”, 1972.

3) Питер Ю, Мануэль Кардона, Основы физики полупроводников, Москва, Физматлит, 2002.

4) E.L. Ivchenko, Optical spectroscopy of semiconductor nanostructures, Springer, Berlin, 2004.

5) S.L. Chuang, Physics of photonic devices, Wiley, Hoboken, New Jersey, 2009.

**7. Предварительно пройденные курсы, необходимые для изучения предмета:** общая физика, квантовая механика, электродинамика

**Course prerequisites:** general physics, quantum mechanics, electrodynamics

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

|  |  |
| --- | --- |
| Максимальное количество баллов за курс | 100 |
| Максимальное количество баллов за решение задач | 40 |
| Максимальное количество баллов за выступление на семинаре | 20 |
| Максимальное количество баллов за практическую работу | 0 |
| Максимальное количество баллов за финальный устный экзамен | 40 |

**Grading policy**:

|  |  |
| --- | --- |
| Highest final grade for the course  | 100 |
| Highest final grade for the problem solving | 40 |
| Highest final grade for the talk at the seminar | 20 |
| Highest final grade for the practicum | 0 |
| Highest final grade for the final oral exam | 40 |