**Рабочая программа дисциплины**

**1. Физические основы нано- и молекулярной электроники**

**2. Лекторы.**

**2.1.** Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Стрелецкий Олег Андреевич, кафедра физической электроники физического факультета МГУ, streletskiy.oleg@gmail.com, +7(495)9392953.

**3. Аннотация дисциплины.**

В курсе рассматриваются особенности физики низкоразмерных структур и молекулярной электроники. Основной акцент уделяется физическим основам наноэлектроники, методам получения и свойствам низкоразмерных структур. Подробно рассматривается разделы по физике квантовых точек, квантовых нитей и сверхрешеток. Отдельно уделяется внимание переходу от классической кремниевой электроники к углеродной электронике. Рассматриваются проблемы физики углеродных наноструктур. Приводятся примеры практической реализации систем на основе низкоразмерных структур.

**4. Цели освоения дисциплины.**

Получить основные представления о физике низкоразмерных материалов и систем на их основе, а также способах их получения и применения в современной нанотехнологии.

**5. Задачи дисциплины.**

Студенты должны:

Изучить современные методы получения низкоразмерных структур;

Изучить фундаментальные явления, лежащие в основе физики низкоразмерных структур;

Освоить основные методы формирования современных наноустройств на основе низкоразмерных и молекулярных структур.

**6. Компетенции.**

 **6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.**

ОНК-1, ОНК-5, ОНК-6

**6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.**

М-ОНК-2, М-ИК-2, М-ИК-3, М-ПК-1, М-ПК-2, М-ПК-3, М-ПК-5, М-ПК-6, М-ПК-8.

**7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины**

В результате освоения дисциплины студенты должны знать основные принципы и закономерности, лежащие в основе физики низкоразмерных и молекулярных структур. Уметь применять полученные знания для определения свойств и создания структур с заданными свойствами.

**8. Содержание и структура дисциплины.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид работы** | **Семестр** | **Всего** |
| **1** |
| **Общая трудоёмкость, акад. часов** | 72 | 72 |
| **Аудиторная работа:** | 36 | 36 |
|  Лекции, акад. часов | 36 | 36 |
|  Семинары, акад. часов |  |  |
|  Лабораторные работы, акад. часов |  |  |
| **Самостоятельная работа, акад. часов** | 36 | 36 |
| **Вид промежуточной аттестации (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)** | экзамен |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nраз-дела** | **Наименованиераздела** | **Трудоёмкость (академических часов) и содержание занятий** | **Форматекущегоконтроля** |
| **Аудиторная работа** | **Самостоятельная работа** |
| **Лекции** | **Семинары** | **Лабораторные работы** |
| **1** | Введение | 2 часа.Современное состояние и проблемы развития в области наноэлектроники |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. | *ДЗ,**КР,**Оп* |
| 2 часа.Фундаментальные явления в структурах пониженной размерности. Структуры с квантовым ограничением создаваемым внутренним и внешним электрическим полем.  |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| **2** | Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности | 4 часа.Физика низкоразмерного электронного газа. Одномерные, двухмерные системы, квантовые ямы. Интерференционные явления. Влияние однородного электрического поля. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| 2 часа.Распределение кантовых состояний в низкоразмерных системах. Сверхрешетки, квантовые проволоки и квантовые точки. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| **3** | Транспортные процессы в низкоразмерных структурах | 4 часа.Электронный транспорт и проводимость в системах пониженной размерности. Туннельные эффекты в низкоразмерных структурах. Особенности проводимости в одномерных структурах. Баллистический транспорт. Вольт-амперная характеристика многослойных структур. Спин зависимый транспорт носителей заряда.  |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. | *ДЗ,**КР,**Оп* |
| 2 часа.Оптические свойства низкоразмерных структур.  |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| **4** | Методы получения и свойства низкоразмерных структур | 2 часа.Типы сверхрешеток. Методы получения сверхрешеток. Самосборка, атомнослоевое осаждение, молекулярно-лучевая эпитаксия. Вольтамперная характеристика многослойных структур. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| 2 часа.Квантовые точки. Методы получения квантовых точек. Нанолитография. Оптические свойства полупроводниковых и металлических квантовых точек. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| 2 часа.Методы получения квантовых нитей. Рост вискеров по механизму ПЖК. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| **5** | Молекулярная и углеродная электроники  | 4 часа.Элементы молекулярной электроники. Структурные и электрофизические свойства полиацетилена и полидиацетилена. Оптические свойства молекулярных полупроводников. Дискретные элементы молекулярной электроники. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| 2 часа. Типы связей в углероде. Гибридизация атомных орбиталей. Структура аллотропных модификаций углерода (алмаз, графит, карбин, лонсдейлит, аморфный и разупорядоченный углерод). Фуллерены. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| 2 часа. Типы углеродных нанотрубок. Методы получения нанотрубок. Структурные и электрофизические свойства нанотрубок. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| 2 часа. Графен. Методы получения графена. Электронный транспорт в графене. Карбин. Одномерные углеродные структуры. Методы получения алмазных наночастиц. Оптические свойства алмазных наночастиц с люминесцентными центрами. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. |
| **6** | Физические основы одноэлектроники | 4 часа. Теоретические основы одноэлектроники. Одноэлектронный «ящик». Одноэлектронный транзистор. |  |  | 2 часа.Работа с лекционным материалом, решение задач по теме лекции. | *ДЗ,**КР,**Оп* |

**Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Защита лабораторной работы (ЛР);2. Расчетно-графическое задание (РГЗ);3. Домашнее задание (ДЗ); | 4. Реферат (Р);5. Эссе (Э);6. Коллоквиум (К); | 7. Рубежный контроль (РК);8. Тестирование (Т);9. Проект (П); | 10. Контрольная работа (КР);11. Деловая игра (ДИ);12. Опрос (Оп); | 15. Рейтинговая система (РС);16. Обсуждение (Об). |

**9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО**

1. Дисциплина по выбору.
2. Вариативная часть, блок профессиональной подготовки.
3. Для освоения дисциплины студент должен знать основные разделы физики и математики.
	1. До начала освоения дисциплины должны быть освоены дисциплины модулей «Общая физика», «Квантовая теория», «Термодинамика и статистическая физика», «Элементы квантовой теории конденсированного состояния вещества», .
	2. Освоение дисциплины необходимо для дисциплин НИП, НИР, НИС.

**10. Образовательные технологии**

* дискуссии,
* круглые столы,
* использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса,
* преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

**11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Перечень вопросов:

1. Оптические свойства полупроводниковых и металлических квантовых точек
2. Объясните, почему дрейфовая скорость в объемном полупроводнике выходит на насыщение при высоких напряжениях приложенного потенциала? Почему углеродные нанотрубки идеально подходят в качестве соединительных элементов в интегральных микроскхемах?
3. Структурные и электрофизические свойства полиацетлина и полидиацетилена
4. Распределение плотности состояний в квантовых проволоках и квантовых точках
5. Типы сверхрешеток.
6. Определите вид волновой функции и энергию частицы, находящейся в потенциальной яме с бесконечными стенками.
7. Методы получения квантовых нитей.
8. Баллистический транспорт и проводимость в квантовых проволоках
9. Углеродные нанотрубки. Получение, свойства, применение
10. Какая должна быть емкость конденсатора при одноэлектронном переходе для выполнения соотношения E *>>* kT при комнатной температуре?
11. Теоретические основы одноэлектроники
12. Вольтамперная характеристика многослойных структур.
13. Рост вискеров по механизму ПЖК
14. Методы получения сверхрешеток

**12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

Основная литература

1. Харрисон У. Электронная структура и свойства твердых тел. Москва: Мир, 1983, 381 с.
2. Симон Ж., Андре Ж. Молекулярные полупроводники. Москва: Мир, 1988, 344 с.
3. Херман М.А. Полупроводниковые сверхрешетки. Москва: Мир,1989,210 с.
4. Плотников Г.С., Зайцев В.Б. Физические основы молекулярной электроники. Москва: Физический факультет МГУ, 2000, 164 с.
5. Bloor D. // Polydiacetylenes. 1985. NATO ASI. Ser.E102. 1985
6. Шик А.Я., Квантовые нити. // Соросовский образовательный журнал.1997. №5. С.87-92
7. Кульбачинский В.А., Квантовые точки. // Соросовский образовательный журнал. 2001. №4. С.98-104
8. Борисенко В. Е. Наноэлектроника: теория и практика - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. -366 с.
9. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридич В.А. «Основы наноэлектроники: учебное пособие», Москва, Университетская книга, Логос, Физматкнига, 2006

Интернет-ресурсы

physelec.phys.msu.ru

**13. Материально-техническое обеспечение**

13.1. Помещения

Лекционные и семинарские занятия по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями к материально-техническим условиям реализации ООП (п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика»).

13.2. Оборудование

Для проведения лекционных занятий в аудитории предусмотрены: учебная доска большого формата, компьютер, проектор, экран.