



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.1.2 Физические основы нанотехнологий

Шифр и наименование группы научных специальностей

1.3. Физические науки

Шифр и наименование научной специальности

1.3.8. Физика конденсированного состояния

Форма обучения: очная

Институт: математики, естествознания и техники

Кафедра: физики, радиотехники и электроники

Трудоёмкость в ЗЕТ - 1

Трудоёмкость в часах – 36

Разработчик: к.ф.-м.н., доц. Кузнецов Д.В.

Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Физические основы нанотехнологий» разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства образования и науки высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств твердых тел, в прежде всего – полупроводников, при создании элементов, приборов и устройств наноэлектроники.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основ строения материалов и физики происходящих в них явлений, технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов наноэлектроники;
- изучение физических процессов и законов, лежащих в основе принципов действия приборов наноэлектроники, и определяющих характеристики и параметры этих приборов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина относится к образовательному компоненту программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:

знать:

- современные тенденции и проблематику научных исследований в области физики конденсированного состояния;
- методологические подходы к планированию и осуществлению научных исследований в области физики конденсированного состояния;
- основы оценки качества научных исследований в области физики конденсированного состояния.

уметь:

- планировать и осуществлять самостоятельную научно-исследовательскую деятельность в области физики конденсированного состояния;
- составлять и оформлять программу научного исследования, отчетную документацию по итогам проведения научно-исследовательской деятельности;
- осуществлять внедрение результатов собственной научно-исследовательской деятельности в практику в области физики

конденсированного состояния

владеть:

- навыками планирования и выполнения самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области физики конденсированного состояния;
- методикой планирования и проведения опытно-экспериментальной работы в области физики конденсированного состояния;
- навыками оформления научной работы, ее презентации и защиты в области физики конденсированного состояния.

4. СТРУКТУРА, ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Трудоёмкость в ЗЕТ – 1

Трудоёмкость в часах – 36

Лекций – 18 ч.

Самостоятельная работа – 18 ч.

4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, академ. часы			
		Всего часов	Лекции	практические (лабораторные)	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Наноструктуры и наноматериалы. Принцип квантования и квантовое ограничение: структуры с двумерным электронным газом (квантовые ямы), структуры с одномерным электронным газом (квантовые нити), структуры с нульмерным электронным газом (квантовые точки).				
2	Тема 2. Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров: фазовая интерференция электронных волн, квантовый эффект Холла, приборы на интерференционных эффектах (интерференционные транзисторы, полевые транзисторы на отражённых электронах).	6	3		3
3	Тема 3. Туннелирование носителей заряда. Структуры с вертикальным переносом и квантовые сверхрешётки. Одноэлектронное туннелирование. Приборы на одноэлектронном туннелировании (одноэлектронный транзистор, логические элементы на одноэлектронных транзисторах. Проблемы и ограничения.).	6	3		3

4	Тема 4. Резонансное туннелирование. Приборы на резонансном туннелировании (диоды на резонансном туннелировании, транзисторы на резонансном туннелировании, логические элементы на резонансно-туннельных приборах).	6	3		3
5	Тема 5. Спиновые эффекты. Гигантское магнитосопротивление. Спин-зависимое туннелирование. Спинтронные приборы.	6	3		3
6	Тема 6. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующая туннельная микроскопия. Основные технологические приёмы формирования наноструктур с помощью СТМ. Физические процессы, используемые для атомных манипуляций. Примеры наноструктур, сформированных с помощью метода СТМ.	6	3		3
	Промежуточная аттестация				
ИТОГО:		36	18		18

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Текущий контроль по дисциплине осуществляется в форме контрольной работы

Типовой вариант к/р

1. Что такое фуллерен?

- а) Железосодержащая наноструктура, используемая в медицине
- б) Углеродная нанотрубка
- в) Семейство шарообразных полых молекул общей формулы C_n
- г) Плоский лист графита мономолекулярной толщины

2. Фуллерен состоит из атомов:

- а) кислорода
- б) водорода
- в) кремния
- г) углерода

3. Металл, наночастицы которого эффективно борются с бактериями и вирусами?

- а) железо
- б) серебро
- в) алюминий
- г) медь

4. Какими обязательными свойствами должен обладать кантилевер?

- а) должен проводить электрический ток
- б) должен быть выполнен из магнитного материала
- в) должен быть выполнен из закалённой стали
- г) должен быть гибким с известной жесткостью

5. Кто ввел в научную литературу термин наноматериалы?
- а) Г. Глейтер
 - б) Ж. И. Алферов
 - в) Р. Фейнман
 - г) Э. Дрекслер
6. Как называется самая высокая энергетическая зона в энергетическом спектре полупроводников?
- а) Зона проводимости
 - б) Запретная зона
 - в) Валентная зона
 - г) Квантовая зона
7. В каком микроскопе используется кантилевер?
- а) Сканирующий туннельный микроскоп
 - б) Оптический микроскоп
 - в) Растровый микроскоп
 - г) Просвечивающий электронный микроскоп
8. Работа сканирующего туннельного микроскопа основана на:
- а) Дифракции рентгеновских лучей
 - б) Эффекте туннелирования электронов через тонкий диэлектрический промежуток между проводящей поверхностью образца и сверхострой иглой
 - в) Просвечивании образца рентгеновскими лучами
 - г) Просвечивании образца пучком электронов при ускоряющем напряжении 200-400 кВ
9. Что такое нанотрубки?
- а) Протяженные структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах
 - б) Семейство шарообразных полых молекул общей формулой C_n
 - в) Протяженные структуры из углеродных переплетённых цепей
 - г) Металлоорганические витые полимеры
10. Что означает относящийся к созданию нанообъектов термин "Top down"?
- а) Диспергирование, уменьшение размера объекта
 - б) Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул
 - в) Создание наноструктурированного слоя на нижней поверхности объекта
 - г) Создание наноструктурированного слоя осадительными методами
- 5.2. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре в форме зачета

Перечень вопросов к зачету

1. Наноструктуры и наноматериалы естественного происхождения
2. Принцип квантования и квантовое ограничение
3. Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров

4. Туннелирование носителей заряда
5. Оптические свойства квантоворазмерных структур
6. Традиционные методы осаждения плёнок
7. Методы, использующие сканирующие зонды
8. Нанолитография, сравнение нанолитографических методов
9. Саморегулирующие процессы, самоорганизация квантовых точек и нитей
10. Лазеры с квантовыми ямами и точками
11. Фотоприёмники на квантовых ямах
12. Квантово-точечные клеточные автоматы и логические устройства на их основе
13. Нанокomпьютеры
14. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов
15. Основные технологические приёмы формирования наноструктур
16. Физические процессы, используемые для атомных манипуляций
17. Примеры наноструктур, сформированных с помощью метода СТМ

Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Критерии оценивания для зачета

Оценка «зачтено». Систематическое посещение занятий в течение учебного года - аспирант посетил более 75% аудиторных занятий. В процессе обучения показал заинтересованность в предмете.

Оценка «не зачтено». Пропущено значительное количество занятий без уважительной причины - аспирант посетил менее 75% аудиторных занятий. В процессе обучения не проявил интереса к предмету.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Дробот, П.Н. Нанoeлектроника: учебное пособие / П.Н. Дробот; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск: ТУСУР, 2016. - 286 с.: ил., табл., схем. - Библиогр.: с.261-275.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480771>. (Дата обращения 01.09.2022).
2. Троян, П.Е. Нанoeлектроника: учебное пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 88 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208663>. (Дата обращения 01.09.2022).

6.2. Дополнительная литература

1. Филиппов, В. В. Физические основы нанoeлектроники: учебное пособие: [16+] / В. В. Филиппов, А. Д. Пашун; Липецкий государственный педагогический университет им. П. П. Семенова-Тян-Шанского. – Липецк:

Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2018. – 163 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576862> (дата обращения: 01.09.2022). – Библиогр.: с. 158. – ISBN 978-5-88526-948-3. – Текст: электронный.

2. Корнеев, А. А. Специальный лабораторный практикум по нанoeлектронике: учебное пособие / А. А. Корнеев, А. В. Семенов, Г. М. Чулкова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Московский педагогический государственный университет. – Москва: Московский педагогический государственный университет (МПГУ), 2018. – 88 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500396> (дата обращения: 01.09.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4263-0681-3. – Текст: электронный.

6.3. Электронные образовательные ресурсы

1.	www.biblioclub.ru	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	www.elibrary.ru	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы.