



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФТД.В.02 Физические основы нанотехнологий**

Направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (профиль): Физика конденсированного состояния

Квалификация (степень): исследователь, преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная

Институт: математики, естествознания и техники

Кафедра: физики, радиотехники и электроники

	очная форма	заочная форма
Курс	3	
Семестр	6	

Лекции	18	
Лабораторные занятия		
Практические (семинарские) занятия	18	
Контроль		
Самостоятельная работа	36	

Всего часов: 72

Трудоемкость: 2 зачетные единицы.

Разработчик рабочей программы:

кандидат физико-математических наук, доцент

Д.В. Кузнецов

подпись

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель изучения дисциплины: формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств твердых тел, в прежде всего – полупроводников, при создании элементов, приборов и устройств нанoeлектроники.

Задачи изучения дисциплины:

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

Место дисциплины в структуре ОПОП: реализуется в рамках вариативной части блока ФТД. Факультативы.

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код компетенции	Индикатор достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1	знать: <ul style="list-style-type: none">- 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.	знает: <ul style="list-style-type: none">- знает методологию решения сопряженных оригинальных задач,- методы научных исследований в области физики и астрономии.
	уметь: <ul style="list-style-type: none">- 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.	умеет: <ul style="list-style-type: none">- реализовать на практике оптимальные схемы проведения сложного эксперимента;- получать и проводить обработку новых результатов с использованием стандартного и оригинального программного обеспечения, современных баз данных
	владеть: <ul style="list-style-type: none">- навыками планирования и выполнения	владеет: <ul style="list-style-type: none">- экспериментальными навыками и

	<p>самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области физики конденсированного состояния;</p> <p>- методикой планирования и проведения опытно-экспериментальной работы в области физики конденсированного состояния;</p> <p>- навыками оформления научной работы, ее презентации и защиты в области физики конденсированного состояния.</p>	<p>навыками работы на сложном научном оборудовании,</p> <p>- методами обработки новых результатов с использованием стандартного и оригинального программного обеспечения, современных баз данных</p>
--	--	--

II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
1.	Раздел 1. Физика полупроводников.	72	18	18		36
2.	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).	12	3	3		6
3.	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).	12	3	3		6
4.	Тема 3. Туннелирование носителей заряда. Структуры с вертикаль-	12	3	3		6

	ным переносом и квантовые сверхрешётки. Одноэлектронное туннелирование. Приборы на одноэлектронном туннелировании (одноэлектронный транзистор, логические элементы на одноэлектронных транзисторах. Проблемы и ограничения.).					
5.	Тема 4. Резонансное туннелирование. Приборы на резонансном туннелировании (диоды на резонансном туннелировании, транзисторы на резонансном туннелировании, логические элементы на резонансно-туннельных приборах).	12	3	3		6
6.	Тема 5. Спиновые эффекты. Гигантское магнитосопротивление. Спин-зависимое туннелирование. Спинтронные приборы.	12	3	3		6
7.	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.	12	3	3		6
8.	<i>Форма отчетности</i>	<i>зачет – 6 семестр</i>				
9.	<i>Итого за 6 семестр</i>	72	18	18		36
10.	ИТОГО:	72	18	18		36

Заочная форма обучения
не реализуется.

III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы, теста, реферата, творческого задания, кейса и др.

Типовой вариант контрольной работы

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 нанобъектов 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

Вопросы к зачету
(6 семестр, очная форма обучения)

- 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

IV. ПЕРЕЧЕНЬ ОБЯЗАТЕЛЬНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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 01.09.2020).
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 01.09.2020).

V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в элек- тронной форме	Доступность
1.	http://edu.ru/	Российское образование: Федераль- ный портал. Включает ссылки на порталы и сайты образова- тельных учреждений; государственные образовательные стандарты; норма- тивные документы; каталог экскурсий и обучающих программ.	Свободный доступ
2.	http://www.profile- edu.ru	официальный сайт Министерства об- разования и науки; нормативно- правовое и научно-методическое со- провождение профильного обучения	Свободный доступ

VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1.	http://www.biblioclub.ru	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека он- лайн	Регистрация через любой университетский компь- ютер. В дальнейшем предо- ставляется неограничен- ный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	www.elibrary.ru	Российский информационный пор- тал в области науки, технологии,	Свободный доступ

		медицины и образования	
--	--	------------------------	--

VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.