

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

*Самиев З.Ф.* Ф.И.О.

2018г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Наносистемы. Методы получения и свойства

(наименование дисциплины)

Основной профессиональной образовательной программы

магистратуры

(академического (ой)/прикладного (ой) бакалавриата/магистратуры)

03.04.02 «Физика»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

«Физика полупроводников»

(наименование профиля подготовки (при наличии))

**Квалификация выпускника**

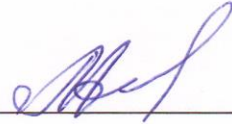
магистр

**Форма обучения**

очная


(очная, заочная)

МАГАС, 2018 г.

Составители рабочей программы  
профессор, д.ф.-м.н. Матиев А.Х. /  /

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры общей физики

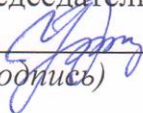
Протокол заседания № 8 от «23» апреля 2018 г.

Заведующий кафедрой  
 / Аверихин З. Р. /  
(подпись) (Ф. И. О.)

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом физико-математического факультета.


(к которому относится кафедра-составитель)

Протокол заседания №4 от «4» мая 2018 г.

Председатель учебно-методического совета  
 / Тюлькин И. А. /  
(подпись) (Ф. И. О.)

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета

протокол № 9 от «23» мая 2018 г.

Председатель Учебно-методического совета университета   
Рамазанов И. Б.  
(подпись) (Ф. И. О.)

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## Цель преподавания дисциплины

Целью курса является изучение основ физики наносистем и перспектив использования этих систем в высоких технологиях. Рассматриваются атомные кластеры, углеродные структуры (фуллерены, нанотрубки, графен), квантовые точки, квантовый транспорт, оптические решетки, конденсат Бозе-Эйнштейна, наноструктуры на поверхности, элементы лазерной физики и квантовой оптики, использование наносистем в биомедицинских исследованиях. Описываются способы получения наносистем, основные эксперименты, физические свойства наносистем и связанные с ними эффекты, базовые теоретические модели, последние достижения в данной области, разнообразные практические приложения. Большое внимание уделяется сравнению различных наносистем с целью выявления их общих свойств.

В результате изучения дисциплины студенты должны **знать**:  
способы получения наносистем, основные эксперименты,  
физические свойства наносистем и связанные с ними эффекты,  
базовые теоретические модели,  
разнообразные практические приложения,  
последние достижения в данной области.

## Задачи изучения дисциплины

К **задачам изучения** дисциплины относится получение **знаний** по основным направлениям развития электроники и наноэлектроники, **умений** применять данные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения, **овладение** методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств наноэлектроники.

## Задачи профессиональной деятельности магистра, реализуемые при изучении дисциплины

Изучение принципов действия и устройства электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, описаний технологических процессов изготовления материалов и изделий электронной техники.

**Научно-исследовательская деятельность.** Разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований. Сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи. Разработка методики, проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов. Разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере. Подготовка научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам вы-

полненных исследований. Фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности.

### **Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины и на основе предварительно изученных дисциплин студент должен **знать**:

- физическую сущность влияния поверхностных состояний на характеристики устройств микро- и наноэлектроники;
- возможности лучевых технологий;
- преимущества молекулярно-лучевой эпитаксии и эпитаксии из металлоорганических соединений в реализации устройств микро- и наноэлектроники;
- квантовый характер эффекта размерного ограничения при создании устройств;
- перспективность метода химической сборки для создания наноструктур;
- свойства низкоразмерного кремния, их приложение в рамках единой кремниевой технологии;
- проблемы современной электроники больших мощностей;
- технологические аспекты высокотемпературной полупроводниково-вой электроники;
- элементную базу микроволновых систем (инжекционные лазеры, нано-лазеры, сверхяркие светодиоды и т. д.);
- принципы осуществления спутниковой, мобильной и сотовой связи;
- перспективные направления электроники.

### **Уметь:**

- оценивать состояние различных направлений развития электроники;
- видеть диалектическую преемственность микро- и наноэлектроники
  - видеть перспективу в развитии различных направлений электроники;
- использовать современные информационные и компьютерные технологии для оценки количественных и качественных показателей состояния поверхности твердого тела и прогноза характеристик твердого тела;
- использовать справочные данные по электрофизическим параметрам материалов микро – и наноэлектроники;
- строить физическую модель поверхности;
- измерять поверхностный потенциал;
- самостоятельно приобретать новые знания;
- моделировать наноструктуры с использованием отечественного и зарубежного опыта;
- формулировать задачи исследования на этапе экспериментального создания твердотельной среды с требуемыми свойствами;
- разрабатывать технологический алгоритм формирования твердотельной среды для получения электронного устройства;
- решать экологические задачи при создании наноразмерных сред;
- приобретать навыки работы в творческом коллективе;

- отстаивать публично свою точку зрения;
- готовить материалы к докладам и публикациям.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Курс «Наносистемы. Методы получения и свойства» входит в учебный план подготовки магистров по магистерской программе 03.04.02 – «Физика. Физика полупроводников. Микроэлектроника» и относится к вариативной части блока Б1.В.ОД.2. Он изучается студентами курса на кафедре «Общая физика».

Наносистемы представляют огромный интерес для фундаментальной науки и практических приложений. В России нанотехнологии рассматриваются как одно из наиболее приоритетных направлений в инновационном развитии страны. Практически во всех развитых странах в данной области существуют крупные национальные проекты. Для современных ученых и специалистов, в какой бы области они не работали, знание наносистем становится необходимым элементом общей эрудиции и квалификации. Для ученых это также важный фактор эффективности их работы. В связи с этим, настоящий курс является важной частью общепрофессиональной подготовки магистров в области физики.

**Таблица 2.1.**

**Связь дисциплины «Наносистемы. Методы получения и свойства» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Наносистемы. Методы получения и свойства»	Семестр
Б1.Б.3	История и методология физики	1
Б1.В.ОД.6	Современные проблемы физики	1

**Таблица 2.2.**

**Связь дисциплины «Наносистемы. Методы получения и свойства» с последующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Наносистемы. Методы получения и свойства»	Семестр
Б1.В.ДВ.2	Физика полупроводниковых приборов	3
Б1.В.ДВ.1	Термодинамика конденсированных сред	3

**Таблица 2.3.**

**Связь дисциплины «Наносистемы. Методы получения и свойства» со смежными дисциплинами**

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Наносистемы. Методы получения и свойства»	Семестр
Б1.В.ОД.1	Современные проблемы науки и производства	2
Б1.В.ДВ.5	Физика полупроводников	2

**3. КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.**

**В результате освоения программы магистратуры у выпускника должны быть сформированы общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции**

Выпускник программы магистратуры должен обладать следующими компетенциями:

**научно-инновационная деятельность:**

способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);

способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-3);

**Таблица 3.1**

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4	5
Первый этап (базовый, пороговый) (ПК-2)	Знать фундаментальные основы физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующие уровню магистра физики)	Фрагментарные знания фундаментальных основ физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующих уровню магистра физики)	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание фундаментальных основ физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующих уровню магистра физики)	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание фундаментальных основ физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующих уровню магистра физики)	Полностью сформированное и системное знание фундаментальных основ физики и астрономии, а также наук о материалах (соответствующих уровню магистра физики)



Владеть углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки	Фрагментарное применение навыков владения углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но не систематическое применение навыков владения углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков владения углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки	Успешное и систематическое применение навыков владения углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки
Владеть базовыми навыками проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме	Фрагментарное применение базовых навыков проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме	В целом успешное, но не систематическое применение базовых навыков проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение базовых навыков проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме	Успешное и систематическое применение базовых навыков проведения научно-исследовательских и научно-инновационных работ по предложенной теме

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4	5
Первый этап (базовый, пороговый) (ПК-3)	Знать ключевые разделы физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов	Фрагментарные знания ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов	Полностью сформированное и системное знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов
	Знать принципы разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов	Фрагментарные знания принципов разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание принципов разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание принципов разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов	Полностью сформированное и системное знание принципов разработки новых методов (методик) исследований структуры и свойств материалов
	Знать принципы верификации разрабатываемых методов (методик)	Фрагментарные знания принципов верификации разрабатываемых методов (методик)	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание принципов верификации разрабатываемых методов (методик)	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание принципов верификации разрабатываемых методов (методик)	Полностью сформированное и системное знание принципов верификации разрабатываемых методов (методик)
	Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи	Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи	Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи



Владеть навыками разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	Фрагментарное применение навыков разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	В целом успешное, но не систематическое применение навыков разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	Успешное и систематическое применение навыков разработки новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности
Владеть навыками планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов	Фрагментарное применение навыков планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов	Успешное и систематическое применение навыков планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость	180
Аудиторные занятия	38
Лекции	10
Практические занятия	26
Лабораторные занятия	
Контроль самостоятельной работы	2
Самостоятельная работа	115
Промежуточная форма контроля - КР	
Итоговая форма контроля - экзамен	27
Зачетные единицы	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Модули, темы, виды занятий по дисциплине и их объем в зачетных единицах/часах (тематический план занятий)**

Тематический план занятий приведен в виде табл. 3.

№ п/п темы	Модуль и тема дисциплины	Лекции, зачетные единицы (часы)	ПР, зачетные единицы (часы)	Самостоятельная работа, зачетные единицы (часы)	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
	Модуль 1. Краткое введение: многообразие наносистем.	0,03 (1)	0,1 (3,7)	0,46 (16,4)	ПК-2, ПК-3
1	Тема 1. Атомные кластеры; углеродные структуры: фуллерены, графен, нанотрубки; квантовые точки.				
2	Тема 2. Конденсат Бозе-Эйнштейна. Оптические решетки. Квантовый транспорт.				
3	Тема 3. Наноструктуры на поверхности, гетероструктуры. Прогресс в лазерной физике и квантовой оптике. Наноструктуры в медицине.				
	Модуль 2. Атомные ядра и их сравнение с наносистемами.	0,03 (1)	0,1 (3,7)	0,46 (16,4)	ПК-2, ПК-3
	Тема 1. Квантовые оболочки, деформация. От гигантских резонансов к плазмонам. Экзотические моды: ножничная, твист, .Элементы теории: правила сумм, теория функционала плотности.				
5	Тема 2. от атома к конденсированной материи. Получение атомных кластеров.				
	Модуль 3. Электронные наносистемы	0,03 (1)	0,1 (3,7)	0,46 (16,4)	ПК-2, ПК-3
6	Тема 1. Аналогия с атомными ядрами. Квантовые оболочки и супероболочки. Деформация, spillout. Динамика, дипольный плазмон. Эффекты температуры. Теория: функционал Кона-				

	<p>Шема, обменнокорреляционный член. Многообразие атомных кластеров (гелиевые, полупроводниковые, ..).</p> <p>Практические приложения.</p>				
	<p>Тема 2. <b>Квантовые точки:</b> получение, основные свойства. Дипольный плазмон. Молекулы Вигнера. Квантовый транспорт. Кулоновская блокада, одноэлектронный транзистор. Магнитные квантовые точки. Спинтроника. Практические приложения.</p>				
	<p>Модуль 4.</p> <p>Ультра-холодные атомные системы. Конденсат Бозе-Эйнштейна</p>	0,06 (2)	0,1 (3,7)	0,46 (16,4)	ПК-2, ПК-3
7	<p>Тема 1. Получение, типы ловушек, методы идентификации. Многообразие видов: атомный, молекулярный, спиновый, дипольный. Уравнение Гросса-Питаевского, параметр порядка.</p>				
	<p>Тема 2. Спонтанное нарушение симметрий в конденсате. Квантовое давление, приближение Томаса-Ферми. Коллапс конденсата с притягивающим взаимодействием. Аналогия со взрывом супернова. Изменение взаимодействия через резонанс Фешбаха. Динамика: звуковые и вибрационные возбуждения. Ножничная мода. Сверхтекучесть. Критерий Ландау. Вращающиеся конденсата, вихри и вихревые решетки, супервращение Многокомпонентный конденсат, тунелирование, аналогия с эффектом Джозефсона для сверхпроводников. Ультра-холодный газ Ферми-атомов. Перспективы.</p>				

	Модуль 5. Оптические решетки. Многообразие наноструктур	0,06 (2)	0,1 (3,7)	0,46 (16,4)	ПК-2, ПК-3
	Тема 1. Получение, свойства, физика, перспективы. Конденсат в решетках. Транспорт атомов. Перспективы квантового компьютера.				
	Тема 2. Наноструктуры на поверхности. Гетероструктуры.				
	Модуль 6. Наноструктуры и прогресс в квантовой оптике. Квантовый транспорт в наносистемах	0,06 (2)	0,1 (3,7)	0,46 (16,4)	ПК-2, ПК-3
	Тема 1. Принципы работы оптического лазера. Альтернативные типы лазеров (электронный, атомный, ..). Синхротронное излучение. Интенсивные атто- и фемтосекундные лазеры: прорыв в физике наносистем. Двухфотонные процессы, стимулированное Рамановское рассеяние. Адиабатические процессы, Stimulated Raman Adiabatic Passage (STIRAP). Индуцированная оптическая прозрачность, - остановка света. Связь двухфотонных процессов и туннелирования.				
	Тема 2. Виды квантового транспорта. Электронный транспорт. От законов Ома к уравнениям Ландауэра. Состояния Ландау. Классический и квантовый эффекты Холла. Спиновый транспорт. Практические приложения.				

Модуль 7. Наночастицы в биомедицинских приложениях. Краткий обзор теоретических моделей	0,03 (1)	0,1 (3,7)	0,46 (16,4)	ПК-2, ПК-3
Тема 1. Использование плазмонных возбуждений кластеров в диагностике и лечении. Наносферы, наностержни, нанооболочки. Спектральное окно прозрачности биотканей и настройка плазмонных резонансов.				
Биоспецифические кластеры, зонды. Гибридизация плазмонов. Фотодеструкция раковых клеток. Пучки кластеров.			0,47 (16,4)	ПК-2, ПК-3
Тема 2. Элементарная Теория Друде. Правила сумм. Теория функционала плотности (DFT) как базовый микроскопический метод изучения наносистем. Функционал Кона-Шема и обменнокорреляционный член.				
Итого:	0,28(10)	0,72 (26)	3,25 (117)	

### Разделы дисциплины

1. Краткое введение: многообразие наносистем.
2. Атомные ядра и их сравнение с наносистемами.
3. Атомные кластеры.
4. Углеродные структуры и фуллерены.
5. Квантовые точки.
6. Ультра-холодные атомные системы. Конденсат Бозе-Эйнштейна.
7. Оптические решетки.
8. Многообразие наноструктур.
9. Наноструктуры и прогресс в квантовой оптике.
10. Квантовый транспорт в наносистемах.
11. Наночастицы в биомедицинских приложениях.
12. Краткий обзор теоретических моделей.

### Содержание разделов дисциплины Краткое введение: многообразие наносистем

Атомные кластеры; углеродные структуры: фуллерены, графен, нанотрубки; квантовые точки.

Конденсат Бозе-Эйнштейна. Оптические решетки. Квантовый транспорт.

Наноструктуры на поверхности, гетероструктуры. Прогресс в лазерной физике и квантовой оптике. Наноструктуры в медицине.

### **Атомные ядра и их сравнение с наносистемами**

Квантовые оболочки, деформация. От гигантских резонансов к плазмонам. Экзотические моды: ножничная, твист, .... Элементы теории: правила сумм, теория функционала плотности.

### **Электронные наносистемы**

**Атомные кластеры:** от атома к конденсированной материи. Получение атомных кластеров.

Аналогия с атомными ядрами. Квантовые оболочки и супероболочки. Деформация, spillout. Динамика, дипольный плазмон. Эффекты температуры. Теория: функционал Кона-Шема, обменнокорреляционный член. Многообразие атомных кластеров (гелиевые, полупроводниковые, ...).

Практические приложения.

**Углеродные структуры и фуллерены:** фуллерены: кластеры (C<sub>60</sub>, C<sub>20</sub>), Графен. Углеродные трубки. Практические приложения.

**Квантовые точки:** получение, основные свойства. Дипольный плазмон. Молекулы Вигнера. Квантовый транспорт. Кулоновская блокада, одноэлектронный транзистор. Магнитные квантовые точки. Спинтроника. Практические приложения.

### **Ультра-холодные атомные системы. Конденсат Бозе-Эйнштейна**

Получение, типы ловушек, методы идентификации. Многообразие видов: атомный, молекулярный, спиновый, дипольный, .. Уравнение Гросса-Питаевского, параметр порядка.

Спонтанное нарушение симметрий в конденсате. Квантовое давление, приближение Томаса-Ферми. Коллапс конденсата с притягивающим взаимодействием. Аналогия со взрывом супернова. Изменение взаимодействия через резонанс Фешбаха. Динамика: звуковые и вибрационные возбуждения. Ножничная мода. Сверхтекучесть. Критерий Ландау. Вращающиеся конденсата, вихри и вихревые решетки, супервращение Многокомпонентный конденсат, туннелирование, аналогия с эффектом Джозефсона для сверхпроводников. Ультра-холодный газ Ферми-атомов. Перспективы.

### **Оптические решетки**

Получение, свойства, физика, перспективы. Конденсат в решетках. Транспорт атомов. Перспективы квантового компьютера.

### **Многообразие наноструктур**

Наноструктуры на поверхности. Гетероструктуры.

## Наноструктуры и прогресс в квантовой оптике

Принципы работы оптического лазера. Альтернативные типы лазеров (электронный, атомный, ...).

Синхротронное излучение. Интенсивные атто- и фемтосекундные лазеры: прорыв в физике наносистем. Двух-фотонные процессы, стимулированное Рамановское рассеяние. Адиабатические процессы, Stimulated Raman Adiabatic Passage (STIRAP). Индуцированная оптическая прозрачность, —остановка света. Связь двухфотонных процессов и туннелирования.

## Квантовый транспорт в наносистемах

Виды квантового транспорта. Электронный транспорт. От законов Ома к уравнениям Ландауэра. Состояния Ландау. Классический и квантовый эффекты Холла. Спиновый транспорт. Практические приложения.

## Наночастицы в биомедицинских приложениях

Использование плазмонных возбуждений кластеров в диагностике и лечении. Наносферы, наностержни, нанооболочки. Спектральное окно прозрачности биотканей и настройка плазмонных резонансов. Биоспецифические кластеры-зонды. Гибридизация плазмонов. Фотодеструкция раковых клеток. Пучки кластеров.

## Краткий обзор теоретических моделей

Элементарная теория Друде. Правила сумм. Теория функционала плотности (DFT) как базовый микроскопический метод изучения наносистем. Функционал Кона-Шема и обменно-корреляционный член.

## Межпредметная связь

Таблица 1

Дисциплина	Разделы, знание которых необходимо при изучении дисциплины
Физика конденсированного состояния	Основные постулаты и положения квантовой теории; туннельный эффект; строение атома и связь с периодической системой элементов Менделеева; высоко-температурная сверхпроводимость и простейшие устройства на ее основе
Физические основы электроники	Основы физики вакуума, плазмы и твердого тела; принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле, в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники
Наноэлектроника	Физические свойства систем с пониженной раз-

	мерностью, методы их создания; особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификация
Основы технологии электронной компонентной базы	Методы экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и нанoeлектроники. Технология изготовления элементов электронной техники. Основные тенденции развития электронной компонентной базы
Материалы электронной техники	Классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики; основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока

Дисциплина «Наносистемы. Методы получения и свойства» входит в пакет дисциплин, формирующих фундаментальное образование магистров по направлению 03.04.02 «Физика полупроводников. Микроэлектроника». В табл. 1 приведены названия предметов и разделов, которые необходимо усвоить для изучения дисциплины «Современные проблемы в науке и производстве».

Дисциплина «Наносистемы. Методы получения и свойства» является основной для изучения дисциплин: «Термодинамика конденсированных сред», «Физические основы вакуумной техники», «Основы физ-хим анализа твердых тел» «Физика полупроводников», «Физика полупроводниковых приборов», которые читаются параллельно или позже.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации курса Наносистемы. Методы получения и свойства используются:

**Технологии:** концентрированного обучения, модульного обучения, развития личности и развивающего обучения, дифференцированного обучения.

**Формы:** лекции и практические занятия.

Занятия проводятся в виде лекций с использованием современных технических средств обучения (персонального компьютера и проектора) с демонстрацией практической работы программных продуктов, а также практические занятия с применением наглядного материала в виде реальных образцов (по возможности).



Применение информационных технологий позволяет:

- наполнить занятия новым содержанием;
- повысить мотивацию к обучению;
- развивать творческое восприятие окружающего мира;
- развивать интеллектуальные ресурсы учащихся;
- формировать элементы информационной культуры;

**Методы и цели:** традиционные и активные (групповые и индивидуальные);

три основные цели для успешного проведения урока с компьютерной поддержкой:

- Дидактическая (под дидактическим обеспечением понимаются учебные материалы, конкретная обучающая программа и аппаратура)
- Методическая (определение методов использования компьютера в преподавании темы, анализ учебных результатов и постановка следующей учебной цели)
- Организационная (эта задача состоит в том, чтобы выработать и закрепить у учащихся навыки работы с учебной программой, организовать работу, избегая перегрузки учащихся и нерациональной траты времени)

- **7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Самостоятельная работа**

Общая трудоемкость 1,9 з. е./68 ч.

**Целью** самостоятельной работы магистранта является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Общее число часов между самостоятельной работой студентов и аудиторными занятиями делится поровну. Общий объем дисциплины «Современные проблемы в науке и производстве» составляет 144 ч (4 з. е.). На самостоятельную работу приходится 68 ч (1,9 з. е.).

Виды самостоятельной работы и их трудоемкость приведены в табл. 5.

Таблица 5

Условное обозначение	№ темы дисциплины	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, з. е./ч
ТО	1.1–2.4	Самостоятельное изучение теоретического материала	0,85 з. е./34 ч
СЗ	1.1–2.4	Подготовка к семинарским занятиям	0,885 з. е./ 34 ч
	Итого:		1,9 з. е./68 ч

### Самостоятельное изучение теоретического материала

Общая трудоемкость 0,85 з. е./34 ч.

Видом итогового контроля по дисциплине является сдача дифзачета по теоретическому курсу.

При подготовке к сдаче зачета по лекционному курсу необходимо в первую очередь воспользоваться курсом лекций по данной дисциплине. Теоретический курс поделен на два модуля. В первом модуле изложены различные технологии формирования микро- и наноструктур. Во втором – технологические аспекты создания устройств электроники и нанoeлектроники на основе сформированных наноструктур.

При изучении первого модуля нужно обратить внимание на перечень всех технологических процессов, с помощью которых можно формировать среду для создания на ее основе приборов и устройств нанoeлектроники; усвоить физические принципы, лежащие в основе каждого процесса; последовательность технологических операций и необходимых параметров создаваемой среды. Немаловажное значение имеет знание технологического оборудования.

Изучение второго модуля требует установления связи между формируемой средой и тем, что можно изготовить на ее основе. Необходимо четко знать требования к среде для создания устройства или прибора, – обратить внимание на повышение эксплуатационной устойчивости приборов. Всегда держать в поле зрения тенденции развития технологий как формирования среды, так и приборов на ее основе.

Для выяснения возникших вопросов или получения углубленных знаний по дисциплине воспользуйтесь перечнем библиографических ссылок, приведенных в конце каждой лекции курса лекций.

Магистрантам, которые должны самостоятельно отыскивать необходимые сведения из представленных литературных источников, целесообразно указывать номера страниц, поэтому авторы страницы не приводят.

Самоконтроль усвоенных знаний можно провести по вопросам, приведенным в конце каждой лекции

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Контрольно-измерительные материалы

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине предназначены для проведения самоконтроля и итоговой аттестации.

Самоконтроль предполагается проводить в рамках самостоятельной работы студентов.

Итоговый контроль заключается в сдаче тестовых заданий на зачете в аттестационную неделю.

На промежуточную аттестацию по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» контрольно-измерительные материалы не разрабатываются.

### Текущий контроль

Для текущего контроля не создаются отдельные контрольно-измерительные материалы. Их формируют из вопросов для самопроверки.

Текущий контроль может быть представлен двумя типами контрольно-измерительных материалов:

вопросы для текущего контроля контроля;

Вопросы текущего контроля контроля (1–3 вопроса за лекцию) задаются студентам на лекциях для решения следующих задач:

контроль посещаемости;

контроль базовых знаний и принятие преподавателем решения о более углубленном изложении лекционного материала;

контроль базовых знаний и принятие преподавателем решения о проведении дополнительных занятий в рамках консультаций;

контроль базовых знаний и выдача рекомендаций преподавателям, ведущим дисциплины, обеспечивающим получение необходимых знаний и умений в рамках направления, для формирования междисциплинарной связи;

контроль усвоенных теоретических знаний – проверка остаточных знаний по дисциплине; развитие логического мышления.

**Вопросы** текущего контроля состояются из вопросов для самопроверки, которые представлены в конце каждой лекции в количестве не менее 10 штук в учебном пособии курса лекций.

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА АТТЕСТАЦИИ И ЗАЧЕТ

1. Атомные кластеры: определение, виды, способы получения.
2. Сходство металлических кластеров и атомных ядер.
3. Геометрические и квантовые оболочки в кластерах. Супероболочки.
4. Дипольный плазмон в атомных кластерах. Метод измерения. Деформационное расщепление, связь с явлением spillout.

5. Сравнение плазмонов в кластерах и гигантских резонансов в ядрах.
6. Деформация атомных кластеров и ее проявления.
7. Использование атомных кластеров в нанотехнологиях.
8. Температура в кластерах. Кластеры в жидкой и твердой фазе. Приближение желе.
9. Гелиевые кластеры.
10. Фуллерены: определение, свойства, приложения.
11. Многообразие углеродных структур: фуллерены, графен, нанотрубки.
12. Свойства углеродных нанотрубок. Приложения в нанотехнологиях.
13. Квантовые точки. Определение, типы, способы получения.
14. Молекулы Вигнера в квантовых точках.
15. Кулоновская блокада, одноэлектронный транзистор.
16. Электронный и спиновый транспорт в квантовых точках. Спинтроника.
17. Магнитные квантовые точки.
18. Использование квантовых точек в нанотехнологиях.
19. Конденсат Бозе-Эйнштейна: определение, уникальность и перспективы, Основные направления исследований, пересечения с другими областями.
20. Получение конденсата, методы идентификации.
21. Уравнение Гросса-Питаевского, параметр порядка.
22. Связь фазы и скорости конденсата.
23. Роль взаимодействия в конденсате. Квантовое давление. Приближение Томаса-Ферми.
24. Коллапс конденсата с притягивающим взаимодействием. Аналогия со взрывом супернова.
25. Динамика конденсата: звуковые и вибрационные возбуждения, ножничная мода.
26. Сверхтекучесть конденсата. Критерий Ландау.
27. Вращение конденсата: вихри и вихревые решетки, супервращение.
28. Многокомпонентный конденсат. Аналогия с эффектом Джозефсона для сверхпроводников.
29. Изменение взаимодействия в конденсате через резонанс Фешбаха. Молекулярный конденсат.
30. Ультра-холодный газ Ферми-атомов.
31. Оптические решетки: получение, мониторинг свойств, перспективы исследований.
32. Принципы работы оптического лазера.
33. Альтернативные типы лазеров (электронный, атомный, ...). Сихротронное излучение.
34. Интенсивные атто- и фемтосекундные лазеры: прорыв в физике наносистем.
35. Двух-фотонные процессы, стимулированное Рамановское рассеяние.
36. Адиабатические процессы, Stimulated Raman Adiabatic Passage (STIRAP).
37. Связь двухфотонных процессов и туннелирования.
38. Виды квантового транспорта. Перспективы нанoeлектроники.

39. Квантовый транспорт: от законов Ома к уравнениям Ландауэра.
40. Классический эффект Холла.
41. Уровни Ландау и целочисленный квантовый эффект Холла.
42. Дробный квантовый эффект Холла.
43. Спиновый транспорт. Спинтроника.
44. Использование плазмонных возбуждений кластеров в диагностике и лечении.
45. Спектральное окно прозрачности биотканей и настройка плазмонных резонансов.
46. Биоспецифические кластеры-зонды.
47. Фотодеструкция раковых клеток с использованием атомных кластеров.
48. Элементарная теория Друде.
49. Правила сумм.
50. Теория функционала плотности. Функционал Кона-Шема, обменно-корреляционный член.

**Таблица 8.1**

**Шкала и критерии оценки промежуточной аттестации в форме зачета**

Оценка (баллы)	Уровень сформированности компетенций	Общие требования к результатам аттестации в форме зачета
«Зачтено» (61-100)	Высокий уровень	Теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов или в целом, или большей частью, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы или в основном сформированы, все или большинство предусмотренных рабочей программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки
	Базовый уровень	Теоретическое содержание курса освоено в целом без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, предусмотренные рабочей учебной программой учебные задания выполнены с отдельными неточностями, качество выполнения большинства заданий оценено числом баллов, близким к максимуму.
	Минимальный уровень	Теоретическое содержание курса освоено большей частью, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей учебной программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки.

«Не зачтено» (менее 61)	компетенции, закреплённые за дисциплиной, <b>не сформированы</b>	Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые навыки работы не сформированы или сформированы отдельные из них, большинство предусмотренных рабочей учебной программой заданий не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимуму.
----------------------------	--	--

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Методические рекомендации преподавателю

Физика наносистем представляет собой обширную, междисциплинарную и довольно сложную область знаний. Поэтому, чтобы донести материал до студента, необходимо уделять особое внимание систематичности, наглядности и доступности изложения. В настоящее время фактически не существует учебников и пособий по данной дисциплине. Поэтому основная нагрузка ложится на лекции. В случае затруднений при изложении какого-либо вопроса, можно дополнительно изучить этот вопрос по научной периодике или на энциклопедических сайтах в интернете (например, [http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page), далее кликнуть меню русского языка слева-внизу). Необходимо подчеркнуть, что в интернете сейчас можно найти разнообразную информацию фактически по всем наносистемам. Так как материал по наносистемам содержит большое количество рисунков, фото, схем и другого наглядного материала, крайне желательно использование слайдов. Без этого донести дисциплину до студента будет весьма проблематично. Настоящие лекции предполагают использование около 300.ppt слайдов. Для облегчения изучения материала, после прочтения каждой лекции распечатки использованных слайдов рекомендуется выкладывать в учебной части, чтобы студенты могли снять с них ксерокс.

Для изучения студентами данного курса в принципе достаточно знание квантовой механики и основ высшей математики. Однако, стандартные курсы квантовой механики обычно не охватывают всего многообразия базовых эффектов и явлений, нужных для описания наносистем. В этом случае необходимо по ходу курса дополнять недостающие базовые знания студентов.

### Методические рекомендации студентам

Для изучения данного курса необходимо и достаточно знание квантовой механики и основ высшей математики. Так как учебников и учебных пособий по данной дисциплине практически нет, то основная нагрузка ложится на лекции и их конспектирование. Для дополнительного изучения и самостоятельной работы предлагается использовать рекомендуемую литературу, а также энциклопедии в интернете (например, [http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

Page, далее кликнуть меню русского языка слева-внизу). Необходимо отметить, что в интернете сейчас можно найти информацию фактически по всем наносистемам.

Для наглядного представления материала при чтении лекций используется около 300 .ppt слайдов. После каждой лекции можно получить в учебной части распечатки использованных слайдов и снять с них ксерокс. На первых этапах эти распечатки будут заменять учебное пособие. Именно по этим распечаткам следует в первую очередь готовиться к экзаменам.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература

1. В.О. Нестеренко "Атомные кластеры как новая область приложения идей и методов ядерной физики", ЭЧАЯ, 23 (6), 1665 (2010).
2. А. В. Елецкий, Б. М. Смирнов, "Фуллерены", УФН, т.163, № 2, с.33 (2009).
3. Дьячков, —Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применение, М., «Бином. Лаборатория знаний», 2010.
4. Ч. Пул, Ф.Оуэнс, —Нанотехнологии, М., «Техносфера», 2008.
5. «Нанотехнологии в ближайшем десятилетии», под ред. М.Роко. М.. Мир. 2005.

### Дополнительная литература

1. Н.Г. Хлебцов, В.А. Богатырев, Л.А. Дыкман, Б.Н. Хлебцов, "Золотые наноструктуры с плазмонным резонансом для биомедицинских исследований", Российские нанотехнологии, т.2 (3-4), 2007 ([www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru)).
2. S. Datta, —Electronic transport in mesoscopic systems, (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 7 1995).
3. S. Datta, —Quantum transport: atom to transistor, (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2005).

### Информационные ресурсы

54. Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. учеб.-метод. комплекс / Г. Н. Шелованова, В. А. Юзова, В. А. Барашков, О. В. Семенова. – Электронные дан. (127 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 187 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

55. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: учеб. программа дисциплины /сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (2 Мб). – Красноярск:ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

56. Шелованова, Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

57. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. учеб. пособие по курсовой работе / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

58. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. лаб. практикум / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (4 Мб). – Красноярск:ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

59. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Банк тестовых заданий. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: контрольно-измерительные материалы / Г. Н. Шелованова, В. А. Барашков, О. В. Семёнова. – Электронные дан. (44 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Акту-



альные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008/ рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 104 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf.

60. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : метод. указания по самост. работе /сост. В. А. Юзова. – Электронные дан. (2 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf.

61. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : метод. указания по организац.–метод. работе / сост. В. А. Юзова. – Электронные дан. (4 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf.

62. Унифицированная система компьютерной проверки знаний тестированием UniTest версии 3.0.0. : руководство пользователя / А. Н. Шниперов, Б. М. Бидус. – Красноярск, 2008.

63. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники : кремниевая электроника [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Г. Н. Шелованова. – Электрон. дан. – Красноярск: КГТУ, 2006. – Режим доступа: <http://lib.krgtu.ru/pocobia.php?section=shelovanova> – Загл. с экрана.

64. Юзова, В. А. Материалы и элементы электронной техники. Обработка диэлектрических подложек микроэлектроники с использованием детонационных наноалмазов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. А. Юзова, О. В. Семенова. – Электрон. дан. – Красноярск : КГТУ, 2005. – Режим доступа: <http://lib.krgtu.ru/pocobia.php?section=yuzova> – Загл. с экрана.

65. [http:// www. superconductors. org/](http://www.superconductors.org/)

66. <http://www.nanometer.ru>

67. <http://www.nanoink.net>

68. <http://www.ioffe.ru/journals/>

69. <http://journal.sfu-kras.ru/>

70. <http://www.mikrosystems.ru>

71. <http://www.isstp.issi.ru>

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Таблица 10.1

**Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

№	Название отдельной темы дисциплины (практического занятия или лабораторной работы), в которой используется ИТ	Перечень применяемой ИТ или ее частей	Цель применения	Перечень компетенций
1	<p>Модуль 5 Тема 1. Принципы работы оптического лазера. Альтернативные типы лазеров (электронный, атомный, ..). Синхротронное излучение. Интенсивные атто- и фемтосекундные лазеры: прорыв в физике наносистем. Двухфотонные процессы, стимулированное Рамановское рассеяние. Адиабатические процессы, Stimulated Raman Adiabatic Passage (STIRAP). Индуцированная оптическая прозрачность, - остановка света. Связь двухфотонных процессов и туннелирования.</p>	<p>Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. учеб.-метод. комплекс / Г. Н. Шелованова, В. А. Юзова, В. А. Барашков, О. В. Семенова. – Электронные дан. (127 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 187 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf.</p>	<p>Ознакомление с актуальными проблемами современной электроники и нанoeлектроники.</p>	<p>ОК-1,2,3    ОПК-1-7, ПК-1-6, ПК-8</p>

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Перечень наглядных и других пособий, методических указаний и материалов к техническим средствам обучения**

Шелованова, Г. Н. Актуальные проблемы электроники и нанoeлектроники. Презентационные материалы. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: наглядное пособие / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (16 Мб). – Крас-

ноябрь: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. Коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 16 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 / Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

Интерактивные технические средства обучения: практическое руководство / сост. : А. Г. Суковатый, К. Н. Захарьин, А. В. Казанцев, А. В. Сарафанов. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 84 с.

Стандарт организации СТО СФУ 7.2.04–2007. Электронные образовательные ресурсы на базе гипертекстовых технологий со встроенной системой компьютерной проверки знаний тестированием. Требования к структуре, организации и интерфейсу /разр.: К. Н. Захарьин, А. В. Сарафанов, А. Г. Суковатый и др. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2007. Утвержден и введен в действие приказом ректора СФУ № 659 от 15. 11. 2007.

**Таблица 12.1.**

**Перечень технических средств, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

№ п/п	Перечень основного оборудования	Нумерация разделов/тем дисциплины
1	Использование компьютера при расчете эффективной плотности состояний электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне.	Модуль 5 Тема 2
2	Использование компьютера при расчете энергии уровня Ферми для электронов в собственном полупроводнике.	Модуль 6 Тема 3
3	Использование компьютера при расчете концентрации электронов и дырок в собственных полупроводниках.	Модуль 3 Тема 1
4	Использование компьютера при расчете концентрации электронов и дырок в примесных полупроводниках.	Модуль 3 Тема 1

**Лист изменений:**

Внесены изменения в части пунктов

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

(подпись) (Ф. И. О.)

Изменения одобрены учебно-методическим советом  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/ факультета.  
(к которому относится кафедра-составитель)

Протокол заседания № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель учебно-методического совета

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

(подпись) (Ф. И. О.)

Изменения одобрены учебно-методическим советом  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/ факультета  
(к которому относится данное направление подготовки/специальность)

Председатель учебно-методического совета

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

(подпись) (Ф. И. О.)

Изменения одобрены Учебно-методическим советом университета

протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель Учебно-методического совета университета \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/

(подпись) (Ф. И. О.)