

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Физико-технический факультет



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.12 ФИЗИКА НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ

Направление подготовки/специальность
11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) / специализация
Нанотехнологии в электронике

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2017

Рабочая программа дисциплины Физика наноразмерных систем составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника направленности/профиля "Нанотехнологии в электронике"

Программу составил:

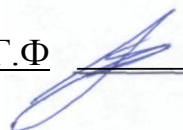
В.Ю. Бузько,

доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий, к.х.н.



Рабочая программа дисциплины Физика наноразмерных систем утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий протокол № 16 «4» мая 2017 г.

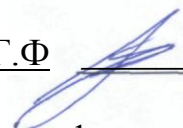
Заведующий кафедрой радиофизики и нанотехнологий Копытов Г.Ф.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий

протокол № 9 «2» мая 2017 г.

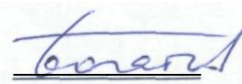
Заведующий кафедрой радиофизики и нанотехнологий Копытов Г.Ф.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол № 6 «16» мая 2017 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



Рецензенты:

Исаев В.А., профессор кафедры физики и информационных систем ФТФ ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», доктор физико-математических наук.

Романов А.А., научный сотрудник АО «Научно-производственная компания «Мера», кандидат физико-математических наук

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины.

Физика наноразмерных систем – интегративная научная дисциплина о применении теоретических положений к описанию физических свойства наноструктур. Она раскрывает общие для всех наносистем закономерности образования и изменения физических свойств в зависимости от их типа и пространственной размерности. Эта дисциплина связано с исследованием, разработкой, созданием и эксплуатацией новых материалов и технологий для микро- и нанoeлектроники

Целью изучения дисциплины «Физика наноразмерных систем» является формирование у студентов знаний о закономерностях образования наносистем и изменения их физических свойств в зависимости от их типа и пространственной размерности.

1.2 Задачи дисциплины.

Задачами освоения дисциплины «Физика наноразмерных систем» являются:

- формирование теоретических знаний в области физики наноразмерных систем;
- формирование знаний по теоретическим исследованиям наноразмерных систем;
- формирование навыков по применению теоретических положений к описанию свойства наноструктур различной пространственной размерности;
- формирование знаний по модификации наноразмерных систем, приводящей к изменению их электромагнитных характеристик;
- приобретение навыков анализа данных экспериментального исследования физических явлений и процессов в наносистемах;
- овладение методами решения научно-технических задач в области практического применения наносистем, исходя из их электромагнитных характеристик;
- развитие у обучающихся интегративного стиля мышления и познавательного интереса к новым разработкам в области наноразмерных материалов электронной техники.

В результате изучения настоящей дисциплины «Физика наноразмерных систем» студенты должны получить базовые теоретические знания о закономерностях образования наносистем и изменения их физических свойств в зависимости от их типа и пространственной размерности. Также изучение настоящей дисциплины позволит студентам приобрести умения и навыки поиска и анализа научной информации по физическим свойствам различных наносистем в зависимости от их типа и пространственной размерности.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физика наноразмерных систем» (Б1.В.12) для бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" является составной частью вариативного блока Б1.В. учебного плана и относится к вариативной части дисциплин профессионального цикла.

Дисциплина «Физика наноразмерных систем» частично базируется на знании предметов университетского курса: электричества и магнетизма, материалов и методов нанотехнологий, неорганической химии, физической химии. Освоение дисциплины «Физика наноразмерных систем» позволит студентам применять полученные знания при подготовке выпускных квалификационных работ.

Изучение дисциплины «Физика наноразмерных систем» включает аудиторные занятия со студентами (лекции, практические занятия), групповые и индивидуальные консультации, написание рефератов, устные доклады, самостоятельную работу студентов с учебной литературой, научными источниками.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций ПК1, ПК-2.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-1	способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	основные взаимосвязи между физическими свойствами наноструктур и наноструктурированных материалов применяемых в устройствах электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	описывать взаимосвязи между физическими свойствами наноструктур применяемых в современных электронных устройствах; делать прогнозы создания перспективных электронных устройств на основе наночастиц различных типов	навыками поиска и анализа литературных источников по разработке устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения на основе наночастиц различных типов
2	ПК-2	способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	основные закономерности в физических свойствах наноструктур и наноструктурированных материалов применяемых в современных электронных устройствах	описывать основные закономерности в физических свойствах наноструктур и наноструктурированных материалов применяемых в современных электронных устройствах; выбирать методики исследований электронных устройств на основе наночастиц различных типов	навыками поиска и анализа данных экспериментов по изучению физических свойств наночастиц различных типов

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)	
			5	
Контактная работа, в том числе:				
Аудиторные занятия (всего)		54	54	
Занятия лекционного типа		18	18	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		36	36	
Лабораторные занятия		–	–	
Иная контактная работа:				
Контроль самостоятельной работы (КСР)		11,8	11,8	
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5	0,5	
Самостоятельная работа, в том числе:		81,8	81,8	
Курсовая работа		–	–	
Проработка учебного (теоретического) материала		30	30	
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		20	20	
Реферат		10	10	
Подготовка к текущему контролю		10	10	
Контроль:				
подготовка к зачету и экзамену		35,7	35,7	
Общая трудоемкость	час.	180	180	
	в том числе контактная работа	62,5	62,5	
	зач. ед.	5	5	

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 5 семестре (очная форма):

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Введение в предмет. Основные наноразмерные материалы и нанотехнологии.	6	2	2	—	2
2.	Получение наноразмерных материалов с различными физическими свойствами.	14	2	4	—	8
3.	Термодинамика наноразмерных систем.	12	2	2	—	8
4.	Структурные свойства наноразмерных материалов.	14	2	4	—	8
5	Физические свойства наноразмерных и наноструктурированных материалов.	22	2	6	—	14

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
6	Физические свойства углеродных наноматериалов.	32	4	10	–	18
7	Влияние пространственной размерности наноструктур на их электронные и физические свойства.	22	2	6	–	14
8	Моделирование и изучение структуры и свойств наночастиц и наноматериалов.	13,8	2	2	–	9,8
	Итого по дисциплине:	135,8	18	32	–	81,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Введение в предмет. Основные наноразмерные материалы и нанотехнологии.	Классификация наночастиц по их размерам. Основные классы наноразмерных систем. Твердая фаза, кристаллическое и аморфное состояния, однофазные и многофазные наноматериалы, сплавы, твердые растворы. Твердофазные материалы, классификация: материалы с электрическими и магнитными функциями.	ПЗ
2	Получение наноразмерных материалов с различными физическими свойствами.	Создание наносистем и нанообъектов по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Основные физические и химические методы получения наноразмерных материалов с различными физическими свойствами.	КВ / ПЗ
3	Термодинамика наноразмерных систем.	Особенности термодинамических свойств наноразмерных систем и наноструктур. Поверхностное натяжение, поверхностная и краевая энергия наночастиц. Изменение фазовых равновесий и температуры плавления в наноматериалах. Фазовые переходы в наноматериалах.	
4	Структурные свойства наноразмерных материалов.	Структурные свойства и морфология наноматериалов. Влияние температуры на структуру наночастиц. Влияние размера наночастиц на параметр кристал-	

		лической решетки. Дефекты кристаллической решетки наноматериалов. Точечные и линейные дефекты в наноматериалах. Влияние размера зерна наноматериала на прочность, твердость и пластичность консолидированного образца.	
5	Физические свойства наноразмерных и наноструктурированных материалов.	Электрические свойства наноматериалов. Магнитные свойства наноматериалов. Особенности тепловых свойств наноматериалов. Особенности структурно-механических свойств наноматериалов.	КВ / ПЗ
6	Физические свойства углеродных наноматериалов.	Фуллерены и фуллериды, их свойства. Луковичные углеродные наноструктуры. Наноалмазы и их электронные и физические характеристики. Потенциал применения фуллеренов, углеродных нанолуковиц и наноалмазов в электронике. Углеродные нанотрубки и их физические характеристики. Потенциал применения углеродных нанотрубок в электронике.	КВ / ПЗ
7	Физические свойства углеродных наноматериалов.	Углеродные нанонити, нанокатушки, наноконусы и нанокапсулы. Графен и его получение. Пространственная структура и свойства графена, его зонная структура. Виды наноструктур графена. Проводимостные свойства наноструктур графена. Потенциал применения графеновых наноструктур в электронике.	КВ / ПЗ
8	Влияние пространственной размерности наноструктур на их электронные и физические свойства.	3D-, 2D, 1D- и 0D-типы наноструктур. Влияние геометрического размера 1D-наноструктур на их электронные и физические свойства. Квантовые нити, нанопроволоки и нанопровода, их свойства. Дислокации в квантовых проволоках. Критические размеры квантовых проволок и квантовых точек по отношению к формированию дислокаций. Квантовые точки и их электронные и физические свойства. Квантовые решетки.	КВ / ПЗ
9	Моделирование и изучение структуры и свойств наночастиц и наноматериалов.	Основные теоретические методы изучения наночастиц и наносистем. Основные экспериментальные методы исследования строения и свойств наноразмерных систем.	КВ / ПЗ

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, ПЗ – выполнение практических заданий.

2.3.2 Занятия семинарского типа.

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Введение в предмет. Основные наноразмерные материалы и нанотехнологии.	Классификация наночастиц по их размерам. Основные классы наноразмерных систем. Твердая фаза, кристаллическое и аморфное состояния, однофазные и многофазные наноматериалы, сплавы, твердые растворы. Твердофазные материалы, классификация: материалы с электрическими и магнитными функциями.	ПЗ
2.	Получение наноразмерных материалов с различными физическими свойствами.	Создание наносистем и нанобъектов по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Основные физические и химические методы получения наноразмерных материалов с различными физическими свойствами.	КВ / ПЗ / Р / Д
3.	Термодинамика наноразмерных систем.	Особенности термодинамических свойств наноразмерных систем и наноструктур. Поверхностное натяжение, поверхностная и краевая энергия наночастиц. Изменение фазовых равновесий и температуры плавления в наноматериалах. Фазовые переходы в наноматериалах.	КВ / ПЗ / Р
4.	Структурные свойства наноразмерных материалов.	Структурные свойства и морфология наноматериалов. Влияние температуры на структуру наночастиц. Влияние размера наночастиц на параметр кристаллической решетки. Дефекты кристаллической решетки наноматериалов. Точечные и линейные дефекты в наноматериалах. Влияние размера зерна наноматериала на прочность, твердость и пластичность консолидированного образца.	ПЗ / Р / Д
5	Физические свойства наноразмерных и наноструктурированных материалов.	Электрические свойства наноматериалов. Магнитные свойства наноматериалов. Особенности тепловых свойств наноматериалов. Особенности структурно-	КВ / ПЗ / Д / Р

		механических свойств наноматериалов.	
6	Физические свойства углеродных наноматериалов.	Фуллерены и фуллериды, их свойства. Луковичные углеродные наноструктуры. Наноалмазы и их электронные и физические характеристики, Потенциал применения фуллеренов, углеродных нанолуковиц и наноалмазов в электронике. Углеродные нанотрубки и их физические характеристики. Потенциал применения углеродных нанотрубок в электронике.	КВ / ПЗ / Д / Р
7	Физические свойства углеродных наноматериалов.	Углеродные нанонити, нанокатушки, наноконусы и нанокапсулы. Графен и его получение. Пространственная структура и свойства графена, его зонная структура. Виды наноструктур графена. Проводимостные свойства наноструктур графена. Потенциал применения графеновых наноструктур в электронике.	КВ / ПЗ / Д / Р
8	Влияние пространственной размерности наноструктур на их электронные и физические свойства.	3D-, 2D, 1D- и 0D-типы наноструктур. Влияние геометрического размера 1D-наноструктур на их электронные и физические свойства. Квантовые нити, нанопроволоки и нанопровода, их свойства. Дислокации в квантовых проволоках. Критические размеры квантовых проволок и квантовых точек по отношению к формированию дислокаций. Квантовые точки и их электронные и физические свойства. Квантовые решетки.	КВ / ПЗ / Д / Р
9	Моделирование и изучение структуры и свойств наночастиц и наноматериалов.	Основные теоретические методы изучения наночастиц и наносистем. Основные экспериментальные методы исследования строения и свойств наноразмерных систем.	КВ / ПЗ / Д / Р

2.3.3 Лабораторные занятия.

Согласно учебному плану лабораторные занятия по учебной дисциплине Б1.В.12 «Физика наноразмерных систем» не предусмотрены.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Согласно учебному плану по данной дисциплине предусмотрены курсовые работы (проекты).

- 1) Композитные магнитные структуры на основе ZnS.
- 2) Исследование гетеропереходов в наноструктурах на основе ZnS.
- 3) Микроструктурные свойства наноразмерных пленок меди.

- 4) Исследование отжига наноразмерных пленок олова.
- 5) Разработка радиопоглощающей нанокompозитной бумаги.
- 6) Моделирование свойств германиевых наноструктур
- 7) Моделирование свойств наноструктур сульфида цинка.
- 8) Свойства наноструктур ZnO с допированием Fe, Co, Ni.
- 9) Радиопоглощающие нанокompозитные покрытия на основе $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$.
- 10) Исследование радиоэкранирующих свойства материалов на основе наноразмерных ферритов и полианилина.
- 11) Разработка радиопоглощающих нанокompозитных покрытий для СВЧ-диапазона.
- 12) Влияние синтеза и отжига на электронные и магнитные свойства наноразмерного никелевого феррита.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1.	Проработка учебного теоретического материала	Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
2.	Реферат	Бушенева Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 140 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93331. Кузнецов И.Н. Рефераты, курсовые и дипломные работы. Методика подготовки и оформления [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 340 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93303.
3.	Подготовка презентации по теме реферата	Вылегжанина А.О. Деловые и научные презентации [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 115 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=446660 .

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения дисциплины используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов (на основе психолого-педагогической теории поэтапного формирования умственных действий). Активизации и интенсификации познавательного процесса способствуют использование педагогической эвристики и моделирование проблемных ситуаций.

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- домашние задания;
- проблемные задания;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные опросы;
- публичная защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ, подготовка к опросу и зачету).

В рамках практических занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы, метод конкретных ситуаций. В процессе самостоятельной деятельности студенты осваивают и анализируют передовой научно-исследовательский опыт, используя имеющуюся литературу и информационные технологии, знакомятся с основными научными журналами по вопросам изучения физико-химических свойств наноструктур различных типов, выступают с докладами перед однокурсниками, накапливают багаж знаний, полезных для выполнения выпускной квалификационной работы.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством изучения рекомендуемой дополнительной литературы;
- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством подготовки сообщений, презентаций, путем написания реферативных работ;
- консультации для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном расширенном изучении разделов дисциплины.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных вопросов и проблем;
- применение метода конкретных ситуаций.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- технология развития критического мышления;
- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных вопросов и проблем (проективные техники, дебаты, обмен мнениями);
- творческие задания;
- работа в малых группах.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

4.1.1 Примерные темы рефератов и докладов

В процессе подготовки докладов и рефератов формируется и оценивается требуемая ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" компетенция – ПК-2.

Ниже приводятся примеры докладов и рефератов для рабочей программы.

1. Наночастицы в микро- и нанoeлектронике
2. Наночастицы в СВЧ-технике.
3. Химические методы получения наночастиц.
4. Физические методы получения наночастиц.
5. Электронные свойства фуллеренов.
6. Спектрофизические свойства фуллеренов.
7. Фуллериты и фуллериды.
8. Применение фуллеренов в электронных устройствах.
9. Электронные свойства углеродных нанотрубок.
10. Эмиссионные свойства углеродных нанотрубок.
11. Изогнутые и разветвленные углеродные нанотрубки.
12. Применение углеродных нанотрубок в электронных устройствах.
13. Новые методы получения графена.
14. Новые методы модификации графена.
15. Электронные и физические свойства оксида графена.
16. Электронные свойства графена.
17. Основные физические свойства графена.
18. Графеновые нанонити
19. Островные наноструктуры графена.
20. Применение графена в электронике.
21. Наноструктуры силицена и германена.
22. Неорганические аналоги графена.
23. Свойства компактных нанокристаллических материалов.
24. Электронные свойства квантовых точек полупроводниковых материалов.
25. Электронные свойства нанонитей полупроводниковых материалов.
26. Электронные свойства наносуев (нановискеров) полупроводниковых материалов.
27. Спектрофизические характеристики квантовых точек и нанонитей полупроводниковых материалов.
28. Нанонити и нанопровода на основе металлов.
29. Строение и свойства нановолокон.
30. Нанопленки металлов и их свойства.
31. Нанопленки полупроводниковых материалов и их свойства.
32. Методы компьютерного моделирования структурно-механических свойств наночастиц.
33. Методы компьютерного моделирования электронных свойств наночастиц.
34. Компьютерное моделирование наноразмерных элементов квантовой электроники.

4.1.2 Примеры практических заданий

В процессе подготовки и выполнения практических заданий формируется и оценивается требуемая ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" компетенция – ПК-2.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

1. Предложите низкостоймостную методику получения и характеристики спектрофизических свойств нанопорошков ZnS.

2. Предложите низкостоимостную методику получения и характеристики электронных свойств нанопленок CuO.
3. Предложите методику изучения методом спектрофотометрии электронных свойств нанопленок CuO.
4. Предложите методику изучения образования нанопленок NiO на керамической подложке.
5. Предложите методику изучения методом ЭПР/ФМР образования нанопленок SnO₂ на керамической подложке.

4.1.3 Контрольные вопросы по учебной программе

В процессе подготовки и ответов на контрольные вопросы формируется и оценивается требуемая ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" компетенция – ПК-2.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для разделов 1, 2 рабочей программы.

Полный комплект контрольных вопросов для основных разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины «Физика наноразмерных систем».

Раздел 1.

1. Как классифицируются наночастицы по размерам?
2. Какие основные классы наноразмерных систем известны?
3. В чем отличие кристаллического и аморфного состояния наночастиц?
4. В чем отличие однофазных и многофазных наноматериалов?
5. Каковы специфические свойства наноструктурированных сплавов?
6. Каковы специфические электрические свойства наноматериалов?
7. Каковы специфические магнитные свойства наноматериалов?

Раздел 2.

1. В чем заключены отличия в подходах создания наносистем по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх»?
2. Каковы основные методы создания наносистем по принципу «сверху-вниз»?
3. Каковы основные методы создания наносистем по принципу «снизу-вверх»?
4. Какие основные растворные химические методы пригодны для создания наносистем по принципу «сверху-вниз»?
5. Какие основные растворные химические методы пригодны для создания наносистем по принципу «снизу-вверх»?
6. Какие основные физические методы пригодны для создания наносистем по принципу «сверху-вниз»?
7. Какие основные физические методы пригодны для создания наносистем по принципу «снизу-вверх»?

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

4.2.1 Вопросы, выносимые на экзамен по дисциплине «Физика наноразмерных систем» для направления подготовки для направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике".

В процессе подготовки и ответов на вопросы экзамена формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" компетенции – ПК-1, ПК-2.

4.2.1 Вопросы для подготовки к экзамену

1. Классификация наночастиц по их размерам. Основные классы наноразмерных систем.
2. Кристаллическое и аморфное состояния, однофазные и многофазные наноматериалы.
3. Создание наносистем и нанообъектов по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Основные физические и химические методы получения наноразмерных материалов.
4. Основные свойства наноматериалов. Свойства изолированных наночастиц и компактных нанокристаллических материалов.
5. Особенности термодинамических свойств наноразмерных систем и наноструктур. Поверхностное натяжение, поверхностная и краевая энергия наночастиц. Изменение фазовых равновесий и температуры плавления в наноматериалах. Фазовые переходы в наноматериалах.
6. Зависимость периода кристаллической решетки от размера наночастиц материала. Дефекты кристаллической решетки наноматериалов. Точечные дефекты в наночастицах. Линейные дефекты в наноматериалах.
7. Влияние размера зерна наноматериала на прочность, твердость и пластичность консолидированного образца.
8. Электрические свойства наноматериалов.
9. Особенности тепловых свойств наноматериалов.
10. Ферромагнитные свойства наноматериалов.
11. Влияние пространственной размерности наноструктур на их электронные и физические свойства. 3D-, 2D, 1D- и 0D-типы наноструктур.
12. Влияние геометрического размера 1D-наноструктур на их электронные и физические свойства. Квантовые нити, нанопроволоки и нанопровода, их свойства.
13. Дислокации в квантовых проволоках. Критические размеры квантовых проволок и квантовых точек по отношению к формированию дислокаций.
14. Квантовые точки и их электронные и физические свойства.
15. Образование и рост зародышей металлических наноструктур.
16. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур (самоорганизация).
17. Тонкие наноструктурированные пленки, их электронные и оптические свойства.
18. Свойства металлических и диэлектрических наноразмерных пленок.
19. Фуллерены и их физические характеристики. Фуллериды и фуллериты.
20. Углеродные нанотрубки, их физические свойства. Электронная структура, электронный спектр, проводимость углеродных нанотрубок. Дефекты углеродных нанотрубок.
21. Полупроводниковые и металлические углеродные нанотрубки, мезоструктуры на их основе.
22. Графен и его зонная структура. Получение и модификация. Электрическая и тепловая проводимость графена. Потенциал применения в электронике.
23. Наноалмазы и их электронные и физические характеристики.
24. Нанонити полупроводниковых материалов, свойства и характеристики.
25. Магнитные нанонити (1D системы). Методы получения нанонитей. Микромагнитная структура нанонитей. Возможные применения.
26. Моделирование структуры и свойств наночастиц и наноматериалов.
27. Методы исследования строения наноразмерных систем: просвечивающая электронная микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия, сканирующий атомно-силовой микроскоп.
28. Методы исследования строения наноразмерных систем: рентгеновские дифракционные методы исследования, дифракция нейтронов, рентгенофлуоресцентная спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).

5.1 Основная литература:

1. Матюшкин И.В. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур: пособие. – М.: Техносфера, 2011. – 166 с.
2. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. Учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 365 с.
3. Нанотехнологии: азбука для всех / под ред. Ю. Д. Третьякова; [Н. С. Абрамчук и др.]. – Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 365 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература

1. Гусев А.И. Наноматериалы, структуры, технологии. – Изд. 2-е, испр. – М.: Физматлит, 2009. – 414 с.
2. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: строения, свойства, применения. – М.: Бином. Лаборатория знаний. 2006. – 293 с.
3. Дьячков П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок. – М.: Бином-Пресс. Лаборатория знаний. 2010. – 488 с.
4. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы : учебное пособие для вузов.– М.: ФИЗМАТЛИТ. 2010.– 452 с.
5. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. Пособие. – 2-е изд. – М.: Бином. Лаборатория Знаний, 2010. – 431 с.
6. Суздальев И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – Изд. 2-е, испр. – М: URSS. 2009. – 589 с.

5.3. Периодические издания:

1. Научно-теоретический журнал «Физика твердого тела»
2. Научно-теоретический журнал «Журнал экспериментальной и теоретической физики»
3. Научно-теоретический журнал «Письма в ЖЭТФ»
4. Научный обзорный журнал «Успехи физических наук»
5. Научный обзорный журнал «Успехи химии»
6. Научный обзорный журнал «Российские нанотехнологии».

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

1. Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru>
2. Научная электронная библиотека: <http://cyberleninka.ru/>
3. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН: <http://archive.neicon.ru>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: <http://window.edu.ru/window>
5. Федеральный образовательный портал: http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm
6. Каталог научных ресурсов: <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
7. Большая научная библиотека: <http://www.sci-lib.com/>
8. Естественно-научный образовательный портал: <http://www.en.edu.ru/catalogue/>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

На самостоятельную работу студентов, согласно требованиям ФГОС ВО по направлению 11.03.04 Электроника и микроэлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике", отводится около 45,4% времени (81,8 часов СРС) от общей трудоемкости дисциплины (180 часов). Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия.

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «Физика наноразмерных систем».

Контроль осуществляется посредством устного опроса студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы;
- путем написания реферативных работ и анализ результата их открытого доклада;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Физика наноразмерных систем» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине.

Рекомендуется следующий график и календарный план самостоятельной работы студентов по учебным неделям (16 недель):

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Введение в предмет. Основные наноразмерные материалы и нанотехнологии.	2	Устный ответ. Доклад. Реферат.	1
2.	Получение наноразмерных материалов с различными физическими свойствами.	8	Устный ответ. Доклад. Реферат.	2
3.	Термодинамика наноразмерных систем.	8	Устный ответ. Доклад. Реферат.	2
4.	Структурные свойства наноразмерных материалов.	8	Устный ответ. Доклад. Реферат.	2
5.	Физические свойства наноразмерных и наноструктурированных материалов.	14	Устный ответ. Доклад. Реферат.	2
6.	Физические свойства углеродных наноматериалов.	18	Устный ответ. Доклад.	3
7.	Влияние пространственной размерности наноструктур на их электронные и физические свойства.	14	Устный ответ. Доклад.	2
8.	Моделирование и изучение структуры и свойств наночастиц и наноматериалов.	9,8	Устный ответ. Доклад.	2
Итого:		81,8		16

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).

8.1 Перечень информационных технологий.

В настоящее время все более возрастает роль информационно-социальных технологий в образовании, которые обеспечивают всеобщую компьютеризацию учащихся и преподавателей на уровне, позволяющем решать следующие основные задачи:

- обеспечение выхода в сеть Интернет каждого участника учебного процесса в любое время и из различных мест пребывания;
- развитие единого информационного пространства образовательных индустрий и присутствие в нем в различное время и независимо друг от друга всех участников образовательного и творческого процесса;

- создание, развитие и эффективное использование управляемых информационных образовательных ресурсов, в том числе личных пользовательских баз и банков данных и знаний учащихся и педагогов с возможностью повсеместного доступа для работы с ними.

Информационные образовательные технологии возникают при использовании средств информационно-вычислительной техники. Образовательную среду, в которой осуществляются образовательные информационные технологии, определяют работающие с ней компоненты:

- техническая (вид используемых компьютерной техники и средств связи);
- программно-техническая (программные средства поддержки реализуемой технологии обучения);
- организационно-методическая (инструкции учащимся и преподавателям, организация учебного процесса).

Под образовательными технологиями в высшей школе понимается система научных и инженерных знаний, а также методов и средств, которые используются для создания, сбора, передачи, хранения и обработки информации в предметной области высшей школы. Формируется прямая зависимость между эффективностью выполнения учебных программ и степенью интеграции в них соответствующих информационно-коммуникационных технологий.

Информационная образовательная среда представляет собой информационную систему, объединяющую посредством сетевых технологий, программные и технические средства, организационное, методическое и математическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности и доступности образовательного процесса подготовки специалистов.

Характерной чертой образовательной среды является возможность студентов и преподавателей обращаться к структурированным учебно-методическим материалам, обучающим мультимедийным комплексам всего университета в любое время и в любой точке пространства. Помимо доступности учебного материала, необходимо обеспечить обучаемому возможность связи с преподавателем, получение консультации в он-лайн или офф-лайн режимах, а также возможность получения индивидуальной «навигации» в освоении того или иного предмета. Студенты будут стремиться к гибкому режиму обучения, модульным программам с многочисленными поступлениями и отчислениями, которые позволят накапливать зачетные единицы, свободно переводиться из одного вуза в другой с учетом предыдущего опыта, знаний и навыков. По-прежнему важной для студентов останется возможность личного развития и профессионального роста; программы получения степени и короткие курсы, возможно, будут пользоваться одинаковым спросом; резко возрастет потребность в программах профессионального обучения и аспирантских программах.

Разработчики дистанционного образования конкретизируют индивидуализацию образовательного поведения следующим образом, считая, что в дистанционном образовании наиболее ярко проявляются черты личностно-ориентированного способа обучения: гибкость, модульность, доступность, рентабельность, мобильность, охват, технологичность, социальное равноправие, интернациональность.

Важнейшие направления информатизации образования заключаются в следующем:

- реализация виртуальной информационно-образовательной среды на уровне учебного заведения, предусматривающая выполнение комплекса работ по созданию и обеспечению технологии его функционирования;
- системная интеграция информационных технологий в образовании, поддержки-

вающих процессы обучения, научных исследований и организационного управления;

- построение и развитие единого образовательного информационного пространства.

Навыки пользования информационными технологиями включают в себя:

- базовые навыки (использование клавиатуры, мыши, принтера, операции с файлами и дисками);
- владение стандартным программным обеспечением (обработка текстов, создание таблиц, баз данных и т.д.);
- использование сетевых приложений (электронной почты, Интернета, веб-браузеров).

Таким образом, накопленный опыт применения информационных и дистанционных технологий в учебном процессе в различных вариантах позволяет говорить об определенных преимуществах подобных форм организации учебного процесса:

- становится возможной принципиально новая организация самостоятельной работы студентов;
- возрастает интенсивность учебного процесса;
- у студентов появляется дополнительная мотивация к познавательной деятельности;
- возможность самоконтроля степени усвоения материала по каждой теме неограниченное количество раз.

Следует отметить, что по мере накопления образовательных информационных ресурсов дистанционные технологии займут достойное место в образовательном процессе вуза, и станет возможным формирование на их основе разного уровня программ подготовки и переподготовки специалистов.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).
2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).
3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.
4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU:
<http://www.elibrary.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:
<http://window.edu.ru/window>
3. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:
<http://www.rubricon.com/>
4. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:
<http://www.college.ru/>
5. Каталог научных ресурсов:
<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
6. Большая научная библиотека:
<http://www.sci-lib.com/>
7. Естественно-научный образовательный портал:
<http://www.en.edu.ru/catalogue/>
8. Физическая энциклопедия:
<http://www.femto.com.ua/articles/>
9. Академик – Словари и энциклопедии на Академике:
http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Успешная реализация преподавания дисциплины «Физика наноразмерных систем» предполагает наличие минимально необходимого для реализации программы бакалавриата перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет);
- наличие необходимого лицензионного программного обеспечения (операционная система MS Windows XP/2007; интегрированное офисное приложение MS Office).

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория № 227, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).
2.	Практические занятия	Лекционная аудитория № 230.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Лекционная аудитория № 230.
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Лекционная аудитория № 317.
5.	Самостоятельная работа	Кабинет № 204 для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Рецензия

на рабочую программу дисциплины **Б1.В.12 «Физика наноразмерных систем»**
для студентов 3 курса направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(квалификация «бакалавр»).

Рабочая программа дисциплины «Физика наноразмерных систем» включает следующие разделы: цели и задачи дисциплины, место дисциплины в структуре основной образовательной программы, перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, общую трудоемкость дисциплины, образовательные технологии, формы промежуточной аттестации, описание учебно-методического, информационного и материально-технического обеспечения дисциплины. Программа соответствует ООП, рабочему учебному плану направления обучения.

Рабочая программа подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника отвечает специфике будущей профессиональной деятельности выпускников, в том числе научно-исследовательской.

В рабочей программе дисциплины «Физика наноразмерных систем» приведены примеры оценочных средств для проведения текущего и промежуточного контроля и критерия оценки уровня знаний обучающихся. В тематическом плане дисциплины выделены следующие составляющие: лекции, лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов, что отвечает требованию ФГОС ВО.

В рабочей программе дисциплины «Физика наноразмерных систем» содержание соответствует поставленным целям обучения, современному уровню и тенденциям развития науки и производства. Содержания разделов являются оптимальными в соответствии с распределением по видам занятий и трудоемкости в часах. Четко сформулированы планируемые результаты обучения: приобретаемые знания, умения, общие и профессиональные компетенции. Рабочая программа направлена в целом на формирование практических навыков, развития в студентах творческого подхода и системного мышления, достижения навыков исследователя и инженера.

Таким образом, рабочая программа дисциплины «Физика наноразмерных систем» полностью соответствует ФГОС ВО и основной образовательной программе по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" (квалификация «бакалавр») и может быть использована в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Заведующий кафедрой теоретической физики
физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»,
доктор физико-математических наук, профессор

_____ В.А. Исаев

Рецензия

на рабочую программу дисциплины **Б1.В.12 «Физика наноразмерных систем»**
для студентов 3 курса направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(квалификация «бакалавр»)

Программу подготовил кандидат химических наук, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ» Бузько Владимир Юрьевич.

Рабочая программа дисциплины «Физика наноразмерных систем» включает следующие разделы: цели и задачи дисциплины, место дисциплины в структуре основной образовательной программы, перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, общую трудоемкость дисциплины, образовательные технологии, формы промежуточной аттестации, описание учебно-методического, информационного и материально-технического обеспечения дисциплины.

В рабочей программе дисциплины «Физика наноразмерных систем» указаны примеры оценочных средств для контроля результатов обучения. В тематическом плане дисциплины выделены следующие составляющие: лекции, практические занятия и самостоятельная работа студентов, отвечающие требованиям образовательного стандарта. Рабочая программа подготовки бакалавров направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника отвечает специфике будущей научно-исследовательской и профессиональной деятельности выпускников.

Образовательные технологии характеризуются не только общепринятыми формами, но и выполнением индивидуальных практических заданий, активным вовлечением студентов в учебный процесс, использованием лекций с проблемным изложением, обсуждением сложных вопросов и проблем, проведением занятий в режимах взаимодействия «преподаватель – студент» и «студент – преподаватель», открытым выступлением на семинарских занятиях перед аудиторией сокурсников.

Таким образом, рабочая программа дисциплины полностью соответствует ФГОС ВО и основной образовательной программе по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" (квалификация «бакалавр») и может быть использована в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Научный сотрудник АО «Научно-производственная компания
«Мера», кандидат физико-математических наук

Романов А.А.