

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.01 НАНОСЕНСОРЫ

Направление подготовки/специальность
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) / специализация
Нанотехнологии в электронике

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2017

Рабочая программа дисциплины Наносенсоры 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 Наносенсоры утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий

протокол № 9 «2» 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.

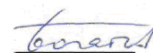
Заведующий кафедрой радиофизики и нанотехнологий Копытов Г.Ф



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 ВО «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.

«Наносенсоры» – интегративная научная дисциплина об основных принципах построения и функционирования современных наносенсоров для газового и жидкостного анализа, о применении наноструктур для анализа электромагнитных излучений, а также применения при создании сенсоров нанотехнологий, биотехнологий и элементов молекулярной электроники. Эта дисциплина связано с исследованием, разработкой, созданием и эксплуатацией новых сенсорных устройств и сигнальных приборов.

Целью изучения дисциплины «Наносенсоры» является формирование у студентов систематических знаний об основных принципах построения и функционирования современных наносенсоров для газового и жидкостного анализа, о применении наноструктур для анализа электромагнитных излучений, а также применения при создании сенсоров нанотехнологий, биотехнологий и элементов молекулярной электроники.

1.2 Задачи дисциплины.

Задачами освоения дисциплины «Наносенсоры» являются:

- формирование знаний по основным тенденциям разработки сенсоров на основе наноструктур и приборов нанoeлектроники;
- формирование знаний по физическим основам создания наноразмерных структур для распознавания химических и биологических агентов;
- формирование знаний по физическим основам создания наноразмерных структур для регистрации электромагнитных волн и частиц;
- формирование знаний по физическим основам эксплуатации сенсорных устройств на основе наноструктур.
- формирование умения расчета и проектирования наноразмерных структур для сенсорных устройств различного функционального назначения.

В результате изучения дисциплины «Наносенсоры» студенты должны получить базовые знания об основных принципах построения и функционирования современных наносенсоров для газового и жидкостного анализа, о применении наноструктур для анализа электромагнитных излучений, а также применения при создании сенсоров нанотехнологий, биотехнологий и элементов молекулярной электроники.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Наносенсоры» для бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" как учебная дисциплина является составной частью блока Б1.В.ДВ «Дисциплины (модули) по выбору» учебного плана и относится к вариативной части дисциплин профессионального цикла (Б1.В.ДВ.01.01).

Дисциплина «Наносенсоры» частично базируется на знаниях предметов знания университетского курса неорганической химии, аналитической химии, физической химии, электричества и магнетизма, физики наноразмерных систем. Освоение дисциплины «Наносенсоры» позволит выпускникам ориентироваться в разработках современных малогабаритных сенсорных и сигнальных устройств различного функционального назначения. На основе этой дисциплины возможно применение результатов обучения студентами при подготовке выпускных квалификационных работ.

Изучение дисциплины «Наносенсоры» включает аудиторные занятия со студентами (лекции, лабораторные работы), 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 следующих профессиональных компетенций: ОПК-7, ПК-14.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ОПК-7	способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	основы создания наноструктур и наноматериалов для современных электронных сенсорных устройств	делать прогнозы создания перспективных электронных сенсорных устройств на основе наночастиц различных типов	приёмами поиска и анализа данных экспериментов по исследованиям сенсорных устройств на основе наночастиц различных типов
2	ПК-14	готовность к участию в монтаже, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов материалов и изделий электронной техники	основы изготовления электронных сенсорных устройств на основе наноструктур	разрабатывать схемы производства наноструктур и наноматериалов для электронных сенсорных устройств	навыками лабораторного получения наноструктур и наноматериалов для электронных сенсорных устройств и их метрологии

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)	
		8	
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего)	78,2	78,2	
Занятия лекционного типа	44	44	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	—	—	

Лабораторные занятия		32	32	
Иная контактная работа:				
Контроль самостоятельной работы (КСР)		2	2	
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2	
Самостоятельная работа, в том числе:		29,8	29,8	
Курсовая работа		—	—	
Проработка учебного (теоретического) материала		12	12	
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		4	4	
Реферат		4	4	
Подготовка к текущему контролю		4	4	
Контроль:				
подготовка к зачету		5,8	5,8	
Общая трудоемкость	час.	108	108	
	в том числе контактная работа	78,2	78,2	
	зач. ед.	3	3	

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 8 семестре (очная форма):

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в предмет. Функциональные возможности и ограничения наносенсоров.	4	2	—	—	2
2	Общий обзор наносенсоров. Тенденции развития наносенсоров.	5	2	—	—	3
3	Основы сенсорных систем, использующих в конструкции наноструктуры или нанoeлектронные приборы.	8	4	—	—	4
4	Физико-химические принципы создания сенсоров на различных типах наноструктур.	16	4	—	8	4
5	Проблема детектирования газов и жидкостей. Роль физики поверхности в построении наносенсоров.	4	2	—	—	2
6	Наноразмерные структуры в качестве чувствительных материалов сенсорных устройств.	20	8	—	8	4
7	Электронные сенсорные устройства на твердотельных наноструктурах.	12	8	—	—	4
8	Характеристики реальных полупроводниковых наносенсоров.	16,8	6	—	8	2,8

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
9	Проектирование и оптимизация наноструктур для сенсорных устройств.	20	8	–	8	4
	<i>Итого по дисциплине:</i>	105,8	44	0	32	29,8

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	2	3	4
1	Введение в предмет. Функциональные возможности и ограничения наносенсоров.	Предмет наносенсорики. Потребность в наносенсорах. Основные понятия и терминология. Роль фундаментальных закономерностей, определяющих применение наноразмерных структур, используемых в сенсорных устройствах. Основные требования к хемо- и бионаносенсорам.	
2	Общий обзор наносенсоров.	Классификация наносенсоров по измеряемому параметру. Классификация наносенсоров по принципу действия. Наносенсоры массы. Оптические и фотоакустические наносенсоры. Наносенсоры на поверхностных акустических волнах. Пьезоэлектрические наносенсоры. Атомносиловые сенсоры. Пирозлектрические наносенсоры. Химические наносенсоры и бионаносенсоры.	КВ / Д / Р
3	Основы сенсорных систем, использующих в конструкции наноструктуры или нанoeлектронные приборы.	Основные узлы сенсорных систем. Требования к наноструктурам как чувствительным материалам сенсора. Порог детектирования, область линейности сигнала и мертвое время для наносенсора.	КВ / Д / Р
4	Физико-химические принципы создания сенсоров на различных типах наноструктур.	Физические и химические характеристики наноматериалов, определяющие их чувствительность по отношению к детектируемым агентам. Физические характеристики наноструктур детектирующих внешние воздействия (температура, давление, излучение).	КВ / Д / Р

5	Физико-химические принципы создания сенсоров на различных типах наноструктур.	Контроль размер зерен нанокристаллов и толщины поверхностного слоя в нанопленках полупроводниковых сенсорных материалах. Возможности уменьшения размеров детекторных наноструктур для наносенсоров. Наносенсоры на квантовых точках. Наносенсоры на индивидуальных молекулах.	КВ / Д / Р
6	Проблема детектирования газов и жидкостей. Роль физики поверхности в построении наносенсоров.	Физико-химические взаимодействия газов и жидкостей с поверхностью детекторного наноструктурированного материала. Термодинамика и кинетика процессов взаимодействия детектируемого агента и детектирующей наноструктуры.	Д / Р
7	Наноразмерные структуры в качестве чувствительных материалов сенсорных устройств.	Применение различных типов наноструктур (квантовые точки, нанокристаллы, нанонити, наноусы, нановолокна, нанокабеля, нанопленки, нанорешетки) в качестве материалов сенсорных устройств.	КВ / Д / Р
8	Наноразмерные структуры в качестве чувствительных материалов сенсорных устройств.	Углеродные нанотрубки в качестве материалов наносенсоров. Графеновые наночастицы в качестве материалов наносенсоров.	КВ / Д / Р
9	Наноразмерные структуры в качестве чувствительных материалов сенсорных устройств.	Нанопленки, нанонити и квантовых точки полупроводниковых оксидов, сульфидов и селенидов металлов в качестве материалов наносенсоров.	КВ / Д / Р
10	Наноразмерные структуры в качестве чувствительных материалов сенсорных устройств.	Наносенсоры на основе кремниевых наноструктур. Гибридные наноструктуры разных типов в качестве материалов наносенсоров.	КВ / Д / Р
11	Электронные сенсорные устройства на твердотельных наноструктурах.	Резистивные элементы на наноструктурах в качестве наносенсоров. Эмиссионные элементы на наноструктурах в качестве наносенсоров.	КВ / Д / Р
12	Электронные	Диодные приборы на наноструктурах в ка-	КВ / Д / Р

	сенсорные устройства на твердотельных наноструктурах.	честве наносенсоров различного назначения.	
13	Электронные сенсорные устройства на твердотельных наноструктурах.	Транзисторные приборы на наноструктурах в качестве наносенсоров. Полевой транзистор, канальный транзистор, одноэлектронный транзистор на УНТ, транзистор с электрохимическим затвором на основе наноструктур в качестве наносенсоров.	КВ / Д / Р
14	Электронные сенсорные устройства на твердотельных наноструктурах.	Электронные устройства на основе наноструктур электропроводящих полимеров в качестве сенсоров. Лаборатория-на-чипе как пример многофункционального сенсорного устройства. «Электронный нос» и «Электронный язык».	КВ / Д / Р
15	Характеристики реальных полупроводниковых наносенсоров.	Характеристики газовых и жидкостных наносенсоров на основе углеродных нанотрубок.	КВ / Д / Р
16	Характеристики реальных полупроводниковых наносенсоров.	Характеристики газовых и жидкостных наносенсоров на основе наноструктур полупроводниковых оксидов металлов в качестве материалов наносенсоров.	КВ / Д / Р
17	Характеристики реальных полупроводниковых наносенсоров.	Характеристики газовых и жидкостных наносенсоров на основе наноструктур полупроводниковых сульфидов и селенидов металлов в качестве материалов наносенсоров.	КВ / Д / Р
18	Проектирование и оптимизация наноструктур для сенсорных устройств.	Существующие методы и подходы проектирование и оптимизация наноструктур для сенсорных устройств.	КВ / Д / Р
19	Проектирование и оптимизация наноструктур для сенсорных устройств.	Применение эмпирических силовых полей метода молекулярной механики и полуэмпирических методов квантовой химии для проектирования и оптимизации наноструктур для сенсоров.	КВ / Д / Р
20	Проектирование и оптимизация наноструктур для сенсорных устройств.	Применение неэмпирических методов квантовой химии и теории функционала плотности для проектирования и оптимизации наноструктур для сенсоров.	КВ / Д / Р
21	Проектирование и оптимизация наноструктур для сенсорных устройств.	Перспективы применение методов классической и неэмпирической молекулярной динамики для проектирования и оптимизации наноструктур для сенсоров.	КВ / Д / Р

22	Тенденции развития наносенсоров.	Новые подходы и методы для увеличения чувствительности, повышения селективности и снижения размеров наносенсоров.	Д / Р
----	----------------------------------	---	-------

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, ПЗ – выполнение практических заданий, Д – доклад, Р – реферат.

2.3.2 Занятия семинарского типа.

Согласно учебному плану занятия семинарского типа по учебной дисциплине Б1.В.ДВ.01.01 «Наносенсоры» не предусмотрены.

2.3.3 Лабораторные занятия.

Согласно учебному плану предусматриваются лабораторные занятия по учебной дисциплине Б1.В.ОД.12 «Наносенсоры».

В основе построения лабораторных занятий по дисциплине «Наносенсоры» лежит последовательность поэтапных действий исследователя по планированию, подготовке, проведению изучения физических и электронных свойств наноматериалов и наноструктур, применимых для создания сенсорных устройств, и анализу полученных данных.

№	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов	Форма текущего контроля
1	«Изготовление газового сенсора на основе нанопленки SnO ₂ и исследование его свойств».	8	ЛР
2	«Изготовление газового сенсора на основе нанопленки Ag ₂ O и исследование его свойств».	8	ЛР
3	«Изготовление и исследование свойств хемосенсора на наноструктурированных пленках полианилина для определения pH в растворах».	8	ЛР
4	«Изготовление и исследование свойств хемосенсора на углеродных нанотрубках для определения ионов тяжелых металлов в растворах».	8	ЛР
<i>Итого:</i>		32	

ЛР - защита лабораторной работы.

Лабораторные работы выполняются в специализированной химической лаборатории «Синтеза наноматериалов» и измерительных лабораториях НОЦ «ДССН» Кубанского государственного университета.

В результате выполнения лабораторных работ у студентов формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и микроэлектроника профиля "Нанотехнология в электронике" компетенции – ОПК-7; ПК-14.

Лабораторная работа № 1.

«Изготовление газового сенсора на основе нанопленки SnO₂ и исследование его свойств».

Цель работы:

- изучить методику магнетронного напыления наноразмерных пленок олова на керамическую/стеклянную подложку;
- провести окислительный отжиг наноразмерных пленок олова на керамической/стеклянной подложке;

- организовать на полученной наноразмерной пленке SnO_2 проводящие межсоединения;
- исследовать изменения электрического сопротивления наноразмерной пленки SnO_2 при воздействии на нее различных газовых агентов.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- производит подготовку подложек;
- определяет временные характеристики нанесения наноразмерных пленок олова на различные типы подложек;
- осуществляет процедуры по взвешиванию образцов;
- осуществляет процедуры по анализу данных электронной сканирующей микроскопии для синтезированных образцов пленок олова;
- проводит окислительный отжиг наноразмерных пленок олова на керамической/стеклянной подложке;
- осуществляет процедуры по анализу данных электронной сканирующей микроскопии для синтезированных образцов наноразмерных пленок SnO_2 ;
- исследует изменения электрического сопротивления наноразмерной пленки SnO_2 при воздействии на нее различных газовых агентов.
- подготавливает краткий отчет по выполненной работе с предоставлением данных в графической и табличной форме, отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 2.

«Изготовление газового сенсора на основе нанопленки Ag_2O и исследование его свойств».

Цель работы:

- изучить методику магнетронного напыления наноразмерных пленок серебра на керамическую/стеклянную подложку;
- провести окислительный отжиг наноразмерных пленок серебра на керамической/стеклянной подложке;
- организовать на полученной наноразмерной пленке Ag_2O проводящие межсоединения;
- исследовать изменения электрического сопротивления наноразмерной пленки Ag_2O при воздействии на нее различных газовых агентов при разных температурах.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- производит подготовку подложек;
- определяет временные характеристики нанесения наноразмерных пленок серебра на различные типы подложек;
- осуществляет процедуры по взвешиванию образцов;
- осуществляет процедуры по анализу данных электронной сканирующей микроскопии для синтезированных образцов пленок серебра;
- проводит окислительный отжиг наноразмерных пленок серебра на керамической/стеклянной подложке;
- осуществляет процедуры по анализу данных электронной сканирующей микроскопии для синтезированных образцов наноразмерных пленок Ag_2O ;
- исследует изменения электрического сопротивления наноразмерной пленки Ag_2O при воздействии на нее различных газовых агентов и температуры.
- подготавливает краткий отчет по выполненной работе с предоставлением данных в графической и табличной форме, отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 3.

«Изготовление и исследование свойств хемосенсора на наноструктурированных пленках полианилина для определения pH в растворах».

Цель работы:

- изучить методику растворного нанесения наноструктурированных пленок полианилина на керамическую/стеклянную подложку;
- исследовать изменения электрического сопротивления наноструктурированных пленок полианилина при воздействии на нее водных растворов с различным значением pH.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- производит подготовку подложек;
- осуществляет нанесение наноструктурированных пленок полианилина на различные типы подложек;
- осуществляет процедуры по взвешиванию образцов;
- осуществляет процедуры по анализу данных электронной сканирующей микроскопии для синтезированных образцов наноструктурированных пленок полианилина;
- исследует изменения электрического сопротивления наноструктурированных пленок полианилина при воздействии на нее водных растворов с различным значением pH.
- подготавливает краткий отчет по выполненной работе с предоставлением данных в графической и табличной форме, отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

Лабораторная работа № 4.

«Изготовление и исследование свойств хемосенсора на углеродных нанотрубках для определения ионов тяжелых металлов в растворах»..

Цель работы:

- изучить методику растворного изготовления хемосенсора на многостеночных углеродных нанотрубках;
- освоить химические процедуры нанесения дисперсии многостеночных углеродных нанотрубок на подложку;
- исследовать изменения электрического сопротивления пленки из многостеночных углеродных нанотрубок при воздействии на нее водных растворов различных тяжелых металлов.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- определяет расчетные соотношения необходимых реагентов;
- осуществляет процедуры по взвешиванию, подготовке и химическому взаимодействию материалов;
- осуществляет химические процедуры нанесения дисперсии многостеночных углеродных нанотрубок на подложку;
- осуществляет процедуры по анализу измерению электрического сопротивления пленки из многостеночных углеродных нанотрубок при воздействии на нее водных растворов различных тяжелых металлов
- анализирует данные электронной сканирующей микроскопии и метода ЭПР/ФМР для образцов хемосенсора с сорбированными ионами тяжелых металлов.
- подготавливает краткий отчет по выполненной работе с анализом сенсорных свойств в табличном и графическом виде, отвечает на вопросы преподавателя по выполненной работе.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

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

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.	Подготовка к защите лабораторных работ	Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.
3.	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 .
4.	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 лабораторных 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 формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнология в электронике" компетенции – ОПК-7, ПК-14.

Ниже приводятся примеры докладов и рефератов для рабочей программы.

1. Функциональные возможности и ограничения наносенсоров.
2. Физические наносенсоры.
3. Химические наносенсоры.
4. Электрохимические наносенсоры.
5. Спектрохимические наносенсоры.
6. Бионаносенсоры.
7. Наносенсоры для обнаружения вирусов и бактерий.
8. Наносенсоры для детектирования наночастиц.
9. Наносенсоры для детектирования паров углеводородов.
10. Наносенсоры для детектирования водорода.
11. Наносенсоры для детектирования взрывчатых веществ.
12. Наносенсоры для детектирования химических поражающих агентов.
13. Наносенсоры для детектирования лазерного излучения.
14. Наносенсоры для детектирования микроволнового излучения.
13. Оптические детекторные наносенсоры.
14. Наносенсоры детектирования радиоактивного излучения.
15. Наносенсоры для измерения уровня влажности.
16. Наносенсоры для измерения механических напряжений.
17. Углеродные нанотрубки в качестве материалов наносенсоров.
18. Графеновые наночастицы в качестве материалов наносенсоров.
19. Хеморезистивные газовые наносенсоры на основе полупроводниковых оксидов металлов.
20. Наносенсоры на основе нанонитей полупроводниковых оксидов металлов.
21. Наносенсоры на основе квантовых точек полупроводниковых оксидов металлов.
22. Наносенсоры на основе кремниевых наноструктур.
23. Наносенсоры на основе наноструктур полупроводниковых сульфидов.
24. Хемосенсоры на основе наноструктур электропроводящих полимеров.
25. Биосенсоры на основе наноструктур электропроводящих полимеров.
26. Пьезосенсоры на основе наноразмерных пленок полимерных материалов.

4.1.2 Примеры практических заданий

В процессе подготовки и выполнения практических заданий формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и микроэлектроника профиля "Нанотехнология в электронике" компетенции – ОПК-7, ПК-14.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

1. Предложите и обоснуйте схему сенсора для анализа газовых смесей на содержание водорода на основе углеродной нанотрубки/нанотрубок.
2. Предложите и обоснуйте схему сенсора для анализа механических напряжений на основе графеновых наночастиц.
3. Предложите и обоснуйте схему микроразмерного сенсора для анализа влажности воздуха на основе наночастиц полианилина.
4. Предложите и обоснуйте схему сигнального наносенсора для обнаружения взрывчатых веществ.
5. Предложите и обоснуйте схему наносенсора для обнаружения летучих фосфорорганических соединений.

4.1.3 Контрольные вопросы по учебной программе

В процессе подготовки и ответов на контрольные вопросы формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и микроэлектроника

ка профиля "Нанотехнология в электронике" компетенции – ОПК-7, ПК-14.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для раздела 6 рабочей программы. Полный комплект контрольных вопросов для основных разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины «Наносенсоры».

Контрольные вопросы по разделу «Наноразмерные структуры в качестве чувствительных материалов сенсорных устройств».

1. Какие физико-химические свойства углеродных нанотрубок могут применяться для создания сенсорных устройств и детекторов?
2. Какие физические параметры углеродных нанотрубок могут выступать в качестве источника сигнала химического газового сенсора.
3. Какие физические параметры углеродных нанотрубок могут выступать в качестве источника сигнала датчика давления или механических напряжений.
4. Какие основные параметры углеродных нанотрубок определяют их применение в сенсорных устройствах?
5. Какие физико-химические свойства графеновых нанонитей могут применяться для создания сенсорных устройств и детекторов?
6. Какие физические параметры графеновых нанонитей могут выступать в качестве источника сигнала химического газового сенсора.
7. Какие физические параметры графеновых нанонитей могут выступать в качестве источника сигнала датчика излучения ближнего ИК-диапазона.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

4.2.1 Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Наносенсоры» для направления подготовки для направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля "Нанотехнология в электронике".

В процессе подготовки и ответов на вопросы зачета формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля "Нанотехнология в электронике" компетенции – ОПК-7, ПК-14.

4.2.1 Вопросы для подготовки к зачету

1. Предмет наносенсорики. Основные понятия и терминология. Потребность в наносенсорах.
2. Роль фундаментальных закономерностей, определяющих применение наноразмерных структур, используемых в сенсорных устройствах. Основные требования к хемо- и бионаносенсорам.
3. Классификация наносенсоров по измеряемому параметру. Классификация наносенсоров по принципу действия.
3. Наносенсоры массы. Оптические и фотоакустические наносенсоры. Наносенсоры на поверхностных акустических волнах. Пьезоэлектрические наносенсоры. Атомносиловые сенсоры. Пироэлектрические наносенсоры.
4. Химические наносенсоры и бионаносенсоры.
5. Основные узлы сенсорных систем. Требования к наноструктурам как чувствительным материалам сенсора.
6. Порог детектирования, область линейности сигнала и мертвое время для наносенсора.
7. Физические и химические характеристики наноматериалов, определяющие их чувствительность по отношению к детектируемым агентам.
8. Физические характеристики наноструктур детектирующих внешние воздействия (температура, давление, излучение).

9. Контроль размер зерен нанокристаллов и толщины поверхностного слоя в нанопленках полупроводниковых сенсорных материалах.
10. Возможности уменьшения размеров детекторных наноструктур для наносенсоров. Наносенсоры на квантовых точках. Наносенсоры на индивидуальных молекулах.
11. Физико-химические взаимодействия газов и жидкостей с поверхностью детекторного наноструктурированного материала.
12. Применение различных типов наноструктур в качестве материалов сенсорных устройств.
13. Углеродные нанотрубки в качестве материалов наносенсоров.
14. Графеновые наночастицы в качестве материалов наносенсоров.
15. Нанопленки, нанонити и квантовых точки полупроводниковых оксидов, сульфидов и селенидов металлов в качестве материалов наносенсоров.
16. Наносенсоры на основе кремниевых наноструктур.
17. Гибридные наноструктуры разных типов в качестве материалов наносенсоров.
18. Резистивные элементы на наноструктурах в качестве наносенсоров.
19. Эмиссионные элементы на наноструктурах в качестве наносенсоров.
20. Диодные приборы на наноструктурах в качестве наносенсоров различного назначения.
21. Транзисторные приборы на наноструктурах в качестве наносенсоров.
22. Полевой транзистор, канальный транзистор, одноэлектронный транзистор на УНТ, транзистор с электрохимическим затвором на основе наноструктур в качестве наносенсоров.
23. Электронные устройства на основе наноструктур электропроводящих полимеров в качестве сенсоров.
24. Лаборатория-на-чипе как пример многофункционального сенсорного устройства.
25. «Электронные нос» и «Электронный язык».
26. Характеристики газовых и жидкостных наносенсоров на основе углеродных нанотрубок.
27. Характеристики газовых и жидкостных наносенсоров на основе наноструктур полупроводниковых оксидов металлов в качестве материалов наносенсоров.
28. Характеристики газовых и жидкостных наносенсоров на основе наноструктур полупроводниковых сульфидов и селенидов металлов в качестве материалов наносенсоров.
29. Существующие методы и подходы проектирования и оптимизации наноструктур для сенсорных устройств.
30. Применение эмпирических силовых полей метода молекулярной механики и полуэмпирических методов квантовой химии для проектирования и оптимизации наноструктур для сенсоров.
31. Применение неэмпирических методов квантовой химии и теории функционала плотности для проектирования и оптимизации наноструктур для сенсоров.
32. Перспективы применения методов классической и неэмпирической молекулярной динамики для проектирования и оптимизации наноструктур для сенсоров.
33. Новые подходы и методы для увеличения чувствительности, повышения селективности и снижения размеров наносенсоров.

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. Нанотехнологии в электронике. Под редакцией: Чаплыгина Ю.А. Москва: Техносфера, – 2013. – 688 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=443325
2. Мороз А. В., Вашури Н. С. Основы лучевых и плазменных технологий: лабораторный практикум. Йошкар-Ола: ПГТУ, – 2017. – 120 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=477392
3. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. Издательство "Физматлит". – 2011. – 784 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5258>

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. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. Учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2010. – 365 с.
2. 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.
3. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: строения, свойства, применения. – М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2006. – 293 с.
4. Дьячков П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок. – М.: Бином-Пресс. Лаборатория знаний. – 2010. – 488 с.
5. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы : учебное пособие для вузов.– М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2010.– 452 с.
6. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. Пособие. – 2-е изд. – М.: Бином. Лаборатория Знаний. – 2010. – 431 с.
7. Альтман Ю. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений. – М.: Техносфера. – 2006. – 424 с.
8. Баника Ф.-Г. Химические и биологические сенсоры: основы и применения. пер. с англ. И. М. Лазер; ред. В. А. Шубарев. – М.: Техносфера. – 2014. – 879 с.
9. Зайцев В.Б. Физические основы селективных полупроводниковых сенсоров. – Москва МГУ. – 2005. – 37 с.
10. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения – 2008 год: сб. / под ред. П. П. Мальцева. – М.: Техносфера. – 2008. – 430 с.

11. Цао Гочжун, Ин Ван. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / пер. с англ. 2-го издания А.И. Ефимова, С.И. Каргов; науч. ред. русс. изд. В.Б. Зайцев. – М.: Научный мир. – 2012. – 520 с.
12. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. – М. –2005. – 336 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. Научно-производственный журнал «Нанотехнологии. Экология. Производство».
7. Научный обзорный журнал «Российские нанотехнологии».
8. Научно-практический и теоретический журнал «Наносистемы: физика, химия, математика»
9. Научно-технический и теоретический журнал «Наноматериалы и наноструктуры – XXI век»

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. Библиотека электронных учебников: <http://www.book-ua.org/>
6. Федеральный образовательный портал: http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm
7. Каталог научных ресурсов: <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
8. Большая научная библиотека: <http://www.sci-lib.com/>
9. Естественно-научный образовательный портал: <http://www.en.edu.ru/catalogue/>
10. Техническая библиотека: <http://techlibrary.ru/>

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

На самостоятельную работу студентов, согласно требованиям ФГОС ВО по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнология в электронике", отводится около 27,6 % времени (29,8 часов СРС) от общей трудоемкости дисциплины (108 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 «Наносенсоры» 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 (22 недели):

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. Функциональные возможности и ограничения наносенсоров.	2	Доклад. Реферат.	2
2	Общий обзор наносенсоров. Тенденции развития наносенсоров.	3	Доклад. Реферат.	2
3	Основы сенсорных систем, использующих в конструкции наноструктуры или нано-электронные приборы.	4	Устный ответ. Доклад. Реферат.	2
4	Физико-химические принципы создания сенсоров на различных типах наноструктур.	4	Устный ответ. Доклад. Реферат.	2
5	Проблема детектирования газов и жидкостей. Роль физики поверхности в построении наносенсоров.	2	Устный ответ. Доклад. Реферат.	2
6	Наноразмерные структуры в качестве чувствительных материалов сенсорных устройств.	4	Устный ответ. Доклад.	3
7	Электронные сенсорные устройства на твердотельных наноструктурах.	4	Устный ответ. Доклад.	3
8	Характеристики реальных полупроводниковых наносенсоров.	2,8	Устный ответ. Доклад.	3
9	Проектирование и оптимизация наноструктур для сенсорных устройств.	4	Устный ответ. Доклад. Реферат.	3
Итого:		29,8		22

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, поддерживающих 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;

- доступность учебных материалов в любое время;

- 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.

5. Компьютерная квантово-химическая программа «Abalone»

6. Вычислительный пакет HyperChem (www.hyper.com).

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. Техническая библиотека:

<http://techlibrary.ru/>

9. Физическая энциклопедия:

<http://www.femto.com.ua/articles/>

10. 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 «Наносенсоры» 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; 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 №230.
2.	Лабораторные занятия	Научно-образовательный центр «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» КубГУ, оснащенный соответствующим исследовательским оборудованием.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Лекционные аудитории №227 и №144
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Лекционная аудитория №144
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы №204, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

НОЦ «ДССН» КубГУ		
лабораторные занятия по дисциплине: «Наносенсоры»	Оборудование и программно-техническое оснащение учебно-научной лаборатории:	Кол-во
	Персональные электронно-вычислительные машины: CPU с частотой более 2,4 ГГц , LCD	3
	Microsoft Office 2003, 2010	3
	Операционная система Windows XP	3
	Вытяжные шкафы химические	2
	Электроплитки химические	2
	Электронные весы	1
	Сушильный шкаф	1
	Растровый электронный микроскоп сверхвысокого разрешения JEOL JSM7500F	1
	Атомно-силовой микроскоп JEOL JSPM 5400	1
	Установка магнетронного напыления Q150T ES	1
	Установка для осаждения тонких пленок CCR Copra Cube ISSA	1
	Спектрофотометр двулучевой Hitachi U2900	1
	Потенциостат-гальваностат Р-250I	1
	Микроинтерферометр МИИ-4М	1
	Рабочий стол	4
	Стулья	8

Рецензия

на рабочую программу дисциплины **Б1.В.ДВ.01.01 «Наносенсоры»**
для студентов 4 курса направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(квалификация «бакалавр»).

Рабочая программа дисциплины «Наносенсоры» 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 наноэлектроника отвечает специфике будущей профессиональной деятельности выпускников, в том числе научно-исследовательской.

В рабочей программе дисциплины «Наносенсоры» 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 «Наносенсоры» 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 «Наносенсоры» полностью соответствует ФГОС ВО и основной образовательной программе по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" (квалификация «бакалавр») и может быть использована в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

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

_____ В.А. Исаев

Рецензия

на рабочую программу дисциплины **Б1.В.ДВ.01.01 «Наносенсоры»**
для студентов 4 курса направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(квалификация «бакалавр»)

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

Рабочая программа дисциплины «Наносенсоры» 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 «Наносенсоры» 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 наноэлектроника 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 «Наносенсоры» полностью соответствует ФГОС ВО и основной образовательной программе по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника 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.