



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(физический факультет)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Наноструктурные материалы» (3 курс)

Кафедра Инженерной физики факультета физического

Образовательная программа

11.03.04. Электроника и нанoeлектроника.

Профиль подготовки

Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

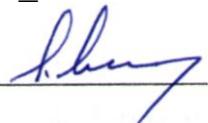
очная

Статус дисциплины: *модуль профильной направленности*

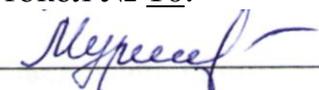
Рабочая программа составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС 3++ ВО по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника** (уровень бакалавриата), утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. № 927 (Изменения в ФГОСВО, внесенные приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «8» февраля 2021 г. №83).

Разработчик: кафедра инженерной физики, к.ф.м.н., доц. Офицерова Наталья Васильевна

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерная физика от « 29 » 06 2021 г.,
протокол № 10

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 30 »
06. 2021 г., протокол № 10.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением « 9 » 07 2021 г.


(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Наноструктурные материалы входит в модуль профильной направленности часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) **11.03.04. Электроника и наноэлектроника**.

Дисциплина реализуется на факультете физическом кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с наноструктурными материалами, их свойствами, особенностями, технологией получения и применения этого класса материалов в устройствах электронной техники. Изучение принципиально новых классов наноматериалов, таких как, например, фуллерены и нанотрубки должны помочь будущим инженерам ориентироваться в выборе принципиально новых материалов электронной техники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *профессиональных*-ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-4.1; ПК – 4.2.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *контрольных работ, рефератов, коллоквиумов* промежуточный контроль в форме *зачета*.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах:

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, диф.зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		Всего	из них						
Лекции	Лабораторные занятия		Практические занятия	КСР	консультации				
5	72	32	18	-	18	-	1	32	5 (зачет)

Целью освоения дисциплины «Наноструктурные материалы» является получение базовых знаний о новой и весьма актуальной отрасли науки, находящейся на стыке не только естественных, но и некоторых общественных наук.

Задачи дисциплины.

Задачами курса является изучение основных классов и свойств наноструктурных материалов. Рассмотрены также основные методы получения, а также применение и перспективы использования данного класса материалов в устройствах электронной техники. Изучение принципиально новых классов наноматериалов, таких как, например, фуллерены и нанотрубки должны помочь будущим инженерам ориентироваться в выборе принципиально новых материалов электронной техники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина Наноструктурные материалы входит в модуль профессиональной направленности образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) **11.03.04. Электроника и наноэлектроника**.

Учебная дисциплина «Наноструктурные материалы» тесно связана с другими дисциплинами учебного плана и находится в цикле профессиональных дисциплин (вариативная часть). Для освоения дисциплины необходимо знание общего курса физики, а также курсов «Материалы электронной техники», «Компоненты электронной техники», «Физика твердого тела», «Статистическая физика и термодинамика», «Метрология и стандартизация» и т.д.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименования компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ПК - 1.2	Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур	Знает: углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур; основные материалы, используемые в производстве изделий микроэлектроники; основные особенности структуры и свойств наноматериалов, имеет представление об основах технологии наноматериалов; Умеет: адаптироваться к изменяющимся условиям, оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров наноматериалов и наноструктур;
ПК – 1.3.	Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур	использовать результаты освоения материала, выбирать методы и средства их решения; использовать физическую сущность процессов, происходящих в наноструктурах в различных областях техники;
ПК – 4.1	Способен составить операционный маршрут изготовления изделий микроэлектроники	Владеет: навыками анализировать современное состояние методов и оборудования измерений параметров
ПК – 4.2	Способен контролировать соблюдение параметров и режимов технологических операций процессов производства изделий	

	<i>микроэлектроники</i>	наноматериалов и наноструктур; методами и способами самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности; навыками выбора конкретной технологии с учетом особенностей и свойств наноматериалов для электронных устройств заданного назначения
--	-------------------------	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ пп	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
				Лек.	Пра к.	Лаб .р.	Сам. раб.	
Модуль 1								
1	Введение в нанотехнологию. Особенности наноструктуры.	5	1-3	2	4		6	Тесты
2	Фуллерены и углеродные нанотрубки.	5	4-7	4	2		6	Контрольная работа
3	Свойства наноматериалов.	5	8-11	4	4		6	Контрольная работа
	Итого по модулю 1	5		10	10		18	
Модуль 2								
4	Формирование наноструктур с использованием процессов самоорганизации на атомарном уровне	5	12-13	2	2		6	Контрольная работа
5	Основы технологии наноматериалов.	5	14-16	4	4		6	Тесты
6	Применение наноматериалов.	5	17-18	2	2		6	
	Итого по модулю 2	5		8	8		18	
7	Зачет							5
8	Итого			18	18		36	5

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1.

Введение в нанотехнологию.

История становления нанотехнологий. Основные приоритетные направления нанотехнологии, разрабатывающие новые перспективные методы, материалы и устройства. Основные разновидности наноматериалов.

Тема 1. Особенности наноструктуры.

Общая характеристика. Зерна, слои, включения и поры в консолидированных материалах. Дефекты, поверхности раздела, пограничные сегрегации. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов.

Тема 2. Свойства наноматериалов.

Общая характеристика. Электронное строение. Фазовые равновесия и термодинамика. Фононный спектр и термические свойства.

Свойства типа проводимости. Оптические характеристики. Магнитные характеристики.

Механические свойства. Стабильность. Рост зерен. Диффузия. Реакционная способность. Катализ.

Тема 3. Фуллерены и углеродные нанотрубки

Графит и алмаз как известные формы существования углерода, фуллерены как новая форма углерода, история открытия фуллеренов, способы их получения и структура, легирование фуллеренов, фуллерит, физические свойства.

Углеродные нанотрубки, история открытия, многостенные и одностенные нанотрубки, размер и структура углеродных нанотрубок, электронные и физические свойства нанотрубок, возможные перспективы их применения.

Модуль 2

Тема 4. Формирование наноструктур с использованием процессов самоорганизации на атомарном уровне

Процессы самоорганизации на примере роста островковых пленок, распределение нанокластеров по размеру, нанокластеры повышенной стабильности при фиксированном размере («магические нанокластеры»), возможность формирования упорядоченных массивов нанокластеров идентичного размера (искусственный двумерный кристалл), модификация нанокластеров. МЛЭ, литография.

Тема 5. Основы технологии наноматериалов.

Общая характеристика. Технология консолидированных материалов. Технология полупроводников. Технология полимерных, пористых, трубчатых и биологических наноматериалов.

Тема 6. Применение наноматериалов.

Общая характеристика. Конструкционные, инструментальные и триботехнические материалы. Пористые материалы и материалы со специальными физико – химическими свойствами. Материалы со специальными физическими свойствами. Медицинские и биологические материалы. Микро – и наноэлектромеханические системы.

Новые разработки в области наноструктурных материалов.

Темы практических и семинарских занятий

Целью практических занятий является развитие и закрепление знаний, полученных во время лекционных и самостоятельных занятий по курсу «Наноструктурные материалы».

№ п/п	Название раздела	Название темы (практическое занятие)	Литература
1	Введение в нанотехнологию. Особенности наноструктуры.	1. Зерна, слои, включения и поры в консолидированных материалах. Дефекты, 2. Структура полимерных, биологических и углеродных наноматериалов.	[1 -4] Осн. Лит-ры
2	Свойства наноматериалов. Общая характеристика, электронное строение.	1.Электронное строение. 2.Фононный спектр и термические свойства.	[1 -4] Осн. Лит-ры
3	Свойства наноматериалов. Свойства типа проводимости и магнитные характеристики.	1 Свойства типа проводимости. 2. Оптические свойства.	[1 -4] Осн. Лит-ры
5.	Основы технологии наноматериалов. Технология консолидированных материалов.	1. Метод Глейтора 2. Интенсивная пластическая деформация	[1 -4] Осн. Лит-ры
6.	Основы технологии наноматериалов. Технология полупроводников и других наноматериалов.	1.Технология полупроводников. 2. Технология полимерных, пористых, трубчатых и биологических наноматериалов.	[1 -4] Осн. Лит-ры
7.	Применение наноматериалов	1. Конструкционные, инструментальные и триботехнические материалы. 2. Материалы со специальными физическими свойствами.	[1 -4] Осн. Лит-ры
8.	Новые разработки в области наноструктурных материалов.	1 Получение и свойства графена. 2 Фотонные кристаллы	[1 -4] Осн. Лит-ры

5. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

1. Информационные технологии.
2. Проблемное обучение.
3. Индивидуальное обучение.
4. Междисциплинарное обучение.
5. Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций при изучении дисциплины «Наноструктурные материалы» используются следующие формы организации учебного процесса: лекция(информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие,

семинар, лабораторные работы, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

1. самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
2. поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Для проведения лекций может быть использовано проекционное оборудование с подключенным к нему персональным компьютером (интерактивная доска ауд.2 -41). Технические характеристики персонального компьютера должны обеспечивать возможность работы с современными версиями операционной системы Windows, пакета MicrosoftOffice, обслуживающих программ и другого, в том числе и сетевого программного обеспечения. Кроме того, предполагается сочетание с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся (написание рефератов).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Предполагается написание рефератов по темам, предложенным преподавателем. Рефераты готовятся и защищаются в течение того семестра, когда изучается предмет. Для написания рефератов используются как интернет – ресурсы, так и основная и дополнительная литература, приведенные ниже.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно

иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

Предполагается самостоятельная работа студентов при подготовке к практическим занятиям, в первую очередь. Кроме того, самостоятельная работа предполагает самоподготовку к контрольным работам, а также к зачету. Самостоятельная работа должна проходить в 4 этапа:

1. Изучение рекомендованной литературы
2. Поиск в Интернете дополнительного материала
3. Подготовка к контрольной работе
4. Подготовка к зачету

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Дагестанского государственного университета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управлении качеством образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ОПОП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ОПОП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Дагестанского государственного университета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки «отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в

программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

<i>Код компетенции из ФГОС ВО</i>	<i>Наименование компетенций из ФГОС ВО</i>	<i>Планируемые результаты обучения</i>	<i>Процедура освоения</i>
<i>ПК - 1.2</i>	<i>Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур</i>	<i>Знает:</i> основные особенности структуры и свойств наноматериалов, иметь представление об основах технологии наноматериалов; <i>Умеет:</i> использовать специализированные знания в области наноструктурных материалов для освоения профильных дисциплин (в соответствии с направлением подготовки «Электроника и нанoeлектроника») и дальнейшей практической деятельности.	<i>Устный опрос, письменный опрос, рефераты</i>
<i>ПК – 1.3.</i>	<i>Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур</i>	<i>Владеет:</i> навыками выбора конкретной технологии с учетом особенностей и свойств наноматериалов для электронных устройств заданного назначения с учетом допустимых нагрузок, влияния внешних факторов и стоимости	<i>Письменный опрос, тесты</i>
<i>ПК – 4.1</i>	<i>Способен составить операционный маршрут изготовления изделий микроэлектроники</i>	<i>Владеет:</i> навыками исследования основных характеристик наноматериалов.	
<i>ПК – 4.2</i>	<i>Способен контролировать соблюдение параметров и режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники</i>		<i>Мини – конференция с защитой рефератов Тесты</i>

7.2. Типовые контрольные задания

На базе системы виртуального обучения Moodle действует образовательный курс «Наноструктурные материалы», кроме того используется образовательный блог «Наноматериалы»

(<http://nanomatnvo.blogspot.com>).

**Примерные контрольные работы
по дисциплине «Наноструктурные материалы»**

Вариант 1

1. Дайте определение понятия «нанотехнология».
2. Как классифицируются наноструктуры по величине размеров структурных элементов?
3. Что называют точкой касания?
4. Каково минимальное число атомов в кластере?
5. Какие параметры оценивают при измерении размеров зерен, а также размеров частиц, включений и пор?
6. О чем говорит нормальное распределение частиц наноматериалов по размерам?
7. Что понимают под «молекулярными контейнерами»?
8. Какие типа нанотрубок по структуре Вам известны?
9. Какая связь между фуллеренами и нанотрубками
10. Что происходит с элементарной ячейкой в твердом теле при переходе в нанометровую область?

Вариант 2

1. Какие объекты изучает нанотехнология?
2. Перечислите методы получения консолидированных наноматериалов.
3. Что такое квантовая проволока?
4. О чем свидетельствует «муаровый узор» при ПЭМ? Что от собой представляет?
5. Чем отличается тройной стык от границы раздела?
6. Охарактеризуйте основные типы распределения кристаллитов по размерам.
7. Приведите наиболее известный пример процессов самоорганизации биологических объектов?
8. Что такое углеродные нанотрубки? Каков их размер и форма?
9. Может ли фуллерен иметь кристаллическую структуру?
10. Что является наиболее вероятной причиной уменьшения периода решётки малых частиц по сравнению с массивным веществом?

Вариант 3

1. С чем связан широкий интерес к наноматериалам?
2. Что относят к консолидированным наноматериалам?
3. Что такое квантовая точка?
4. О чем говорит логарифмически - нормальное распределение размеров зерен наноматериалов?
5. Чем отличается точка касания от границы раздела?
6. Опишите основные типы дефектов в наноматериалах.

7. Чем отличается структура супрамолекулярных материалов?
8. Что такое фуллерены?
9. Какие варианты свертывания различают для однослойных трубок?
10. Как меняется структура твердых тел при переходе в нанодиапазон?

Вариант 4

1. Охарактеризуйте основные разновидности наноматериалов.
2. Перечислите приоритетные направления развития нанотехнологии.
3. Что называют супрамолекулярными структурами?
4. Что такое квантовая яма?
5. Какие традиционные материалы можно отнести к наноматериалам?
6. Могут ли нанокристаллы быть бездефектными и почему?
7. Что такое темплаты? Где они могут использоваться?
8. Что такое хиральность? Для характеристики каких веществ она используется?
9. Дайте общую характеристику луковичных наноструктур.
10. Справедливо ли утверждение, что переход от массивных кристаллов к наночастицам сопровождается изменением межатомных расстояний и периодов кристаллической решетки?

Вариант 5

1. Какими размерами зерен (слоев, включений, пор) характеризуются наноматериалы?
2. Как классифицируются наноматериалы по химическому составу и распределению фаз?
3. В чем сходство и различие кластеров, наночастиц и нанопорошков?
4. Запишите соотношения, описывающие зависимость общей доли поверхностей раздела от размеров кристаллитов.
5. Почему в структуре наноматериалов фиксируется наличие свободного объема?
6. Что такое блок – сополимеры?
7. Каково строение молекулы C_{60} ? Как называется это вещество?
8. Какие варианты свертывания различают для многослойных трубок?
9. Какие типы дефектов могут наблюдаться в границах раздела компактированных нанокристаллических материалов?
10. О чем свидетельствует наличие широкого распределения по размерам зерен в наноматериалах?

Вариант 6

1. Что является характерной особенностью структуры наноматериалов?
2. Дайте общую характеристику структуры наноматериалов.
3. Какую структуру имеют межзеренные границы в консолидированных наноматериалах?
4. Что называют тройным стыком?

5. Как меняется параметр решетки с изменением размера кристаллитов?
6. Что такое ламели?
7. Какие формы углерода Вам известны? Какова их структура?
8. Могут ли наблюдаться тубулярные структуры в неуглеродных материалах?
9. Какой ученый ввел понятие «наноматериал» и предложил метод их получения?
10. Чем отличается структура углеродных нанотрубок типа «гофр» от типа «зиг – заг»?

Вариант 7

1. Какие физические явления определяют возникновение особых свойств в объектах нанометрового масштаба?
2. Что собой представляют кластеры? Что является верхней границей кластеров?
3. Какие методы позволяют получить максимальную информацию о структуре наноматериалов?
4. Что такое икосаэдр?
5. Запишите соотношения, описывающие зависимость долей межзеренных границ и тройных стыков от размеров кристаллитов.
6. Какие основные типы дислокаций наблюдаются в нанокристаллитах?
7. Перечислите основные структуры нанополимеров.
8. Что такое графен?
9. Дайте общую характеристику тубулярных
10. Почему в объеме кристаллических зерен практически отсутствуют дислокации?

Тематика рефератов по дисциплине «Наноструктурные материалы»

1. Наностекла.
2. Нанокompозиты.
3. Пористый кремний.
4. Вискеры.
5. Полупроводниковые сверхрешетки.
6. Фотонные кристаллы.
7. Нанополимеры.
8. Фуллерены.
9. Углеродные нанотрубки.
10. Пленки Ленгмюра – Блоджетта.
11. ВТ сверхпроводники.
12. Супрамолекулярные структуры.
13. Самосборка и катализ.
14. Объемные наноструктурные материалы.
15. Наноалмаз : свойства и получение.

16. Керамические наноматериалы.
17. Самоорганизация и самосборканоаноструктур.
18. ДНК как компонент наноструктур.
19. Многокомпонентные наноструктурные пленки.
20. Новый наноматериал - графен.
21. Цеолиты.

***Контрольные вопросы
к зачету по дисциплине «Наноструктурные материалы»***

1. Дайте определение понятия «нанотехнология».
2. Какие объекты изучает нанотехнология?
3. С чем связан широкий интерес к наноматериалам?
4. Охарактеризуйте основные разновидности наноматериалов.
5. Перечислите приоритетные направления развития нанотехнологии.
6. Чему соответствует в атомном масштабе 1 нанометр?
7. Какие физические явления определяют возникновение особых свойств в объектах нанометрового масштаба?
8. Что такое квантовый размерный эффект?
9. Что такое квантовая проволока и квантовая точка?
10. Каких два основных подхода используются для формирования наноструктур?
11. Какими размерами зерен (слоев, включений, пор) характеризуются наноматериалы?
12. В чем сходство и различие кластеров, наночастиц и нанопорошков?
13. Дайте общую характеристику структуры наноматериалов.
14. Что является характерной особенностью структуры наноматериалов?
15. Запишите соотношения, описывающие зависимость общей доли поверхностей раздела, а также долей межзеренных границ и тройных стыков от размеров кристаллитов.
16. Какие методы позволяют получить максимальную информацию о структуре наноматериалов?
17. Какие параметры оценивают при измерении размеров зерен, а также размеров частиц, включений и пор?
18. Охарактеризуйте основные типы распределения кристаллитов по размерам.
19. Опишите основные типы дефектов в наноматериалах.
20. Могут ли нанокристаллы быть бездефектными?
21. Какие основные типы дислокаций наблюдаются в нанокристаллитах?
22. Как меняется параметр решетки с изменением размера кристаллитов?
23. Почему в структуре наноматериалов фиксируется наличие свободного объема?
24. Перечислите основные структуры нанополимеров.
25. Что такое ламели?
26. Что такое блок – сополимеры?

27. Что такое темплаты? Где они могут использоваться?
28. Чем отличается структура супрамолекулярных материалов?
29. В чем заключаются процессы самоорганизации?
30. Приведите примеры процессов самоорганизации.
31. Что такое магические кластеры?
32. Какие формы углерода Вам известны? Какова их структура?
33. Что такое фуллерены?
34. Каково строение молекулы C_{60} ?
35. Что такое фуллерит? Каковы его свойства?
36. Что такое углеродные нанотрубки? Каков их размер и форма?
37. Какие два типа нанотрубок известны?
38. Каковы электронные свойства нанотрубок?
39. Как структура нанотрубок влияет на их электронные свойства?
40. Перечислите возможные применения углеродных нанотрубок.
41. Что такое графен?
42. Дайте общую характеристику тубулярных и луковичных наноструктур.
43. Какие варианты свертывания различают для однослойных трубок?
44. Могут ли наблюдаться тубулярные структуры в неуглеродных материалах?
45. Каковы особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах.
46. Охарактеризуйте квантовые стенки, проволоки, точки.
47. Как меняется ширина запрещенной зоны и спектр люминесценции при уменьшении размера зерна в наноматериалах?
48. Перечислите основные факторы, влияющие на неравновесное состояние наноматериалов.
49. Каковы особенности фононного спектра и тепловых свойств наноматериалов?
50. Как меняется теплоемкость наноматериалов в зависимости от размера кристаллита?
51. Почему меняется фононный спектр и тепловые свойства материалов при уменьшении размеров кристаллитов?
52. Как влияет размер кристаллитов на коэффициент термического расширения и температуру плавления наноматериалов?
53. Охарактеризуйте влияние размеров кристаллитов на электрические свойства наноматериалов.
54. Как влияет размер частиц наноматериалов на критические параметры сверхпроводников?
55. Охарактеризуйте магнитные свойства наноматериалов.
56. Возможно ли изменение природы магнитных свойств при уменьшении размера зерна в наноматериалах?
57. Что такое магнитокалорический эффект?
58. Как меняется прочность, твердость и пластичность при уменьшении размера зерна в наноматериалах?
59. Опишите метод Глейтера.

60. Охарактеризуйте классификацию консолидированных наноматериалов по методам изготовления и типам структуры.
61. Перечислите основные методы получения ультрадисперсных порошков.
62. Перечислите достоинства и недостатки высокоэнергетического и механохимического синтеза.
63. Как формируются гетероструктуры с квантовыми точками?
64. Охарактеризуйте методы получения углеродных наноструктур.
65. Охарактеризуйте перспективы применения наноматериалов в электронике.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контроль освоения бакалаврами дисциплины осуществляется в рамках модульно - рейтинговой системы в ДМ, включающих текущую, промежуточную и итоговую аттестации.

По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг магистра по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

По результатам итогового контроля магистра засчитывается трудоемкость дисциплины в ДМ, выставляется дифференцированная отметка в принятой системе баллов, характеризующая качество освоения студентом знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

В соответствии с учебным планом предусмотрен зачет в 5 семестре.

Формы контроля: текущий контроль, промежуточный контроль по модулю, итоговый контроль по дисциплине предполагают следующее распределение баллов.

Текущий контроль:

- посещаемость занятий - 5 баллов
- активное участие на занятиях - 25 баллов
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 5 баллов
- написание и защита рефератов - 5 баллов

Максимальное суммарное количество баллов по результатам текущей работы для каждого модуля – 40 баллов.

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

Промежуточный контроль освоения учебного материала по каждому модулю проводится преимущественно в форме контрольных работ (тестирования).

Максимальное количество баллов за промежуточный контроль по одному модулю - 60 баллов. Результаты всех видов учебной деятельности за каждый модульный период оценивается рейтинговыми баллами.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 10 баллов,
- письменная контрольная работа – 25 баллов,
- тестирование – 25 баллов.

Минимальное количество средних баллов по всем модулям, которое дает право студенту на положительные отметки без итогового контроля знаний:

- от 51 до 69 балла – удовлетворительно
- от 70 до 84 балла – хорошо
- от 85 до 100 балла – отлично
- от 51 и выше - зачет

Итоговый контроль.

Зачет в конце 5 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Для получения зачета по данной дисциплине написание реферата в форме презентации *Обязательно!*

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется преимущественно в форме тестирования по балльно-рейтинговой системе, максимальное количество которых равно – 100 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется в баллах. Удельный вес итогового контроля в итоговой оценке по дисциплине составляет 40%, среднего балла по всем модулям 60%.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы: Уч.пособие - М.:Изд.центр «Академия», 2005.- 192 С. - <http://www.studmed.ru>; <http://free-war.net/> - на кафедре (учебник для преподавателя).
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 416 С. - <http://booksee.org/book/757884>; <http://www.studmed.ru>; на кафедре (учебник для преподавателя).
3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии – М.:ВНИИОЛМ, Лаборатория знаний, 2008 - 431 С.– 10 экз. (в научной библиотеке ДГУ).
4. Рыжонков Д.И. Наноматериалы: учебное пособие - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 369 С.– 10 экз. (в научной библиотеке ДГУ).

5. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника: теория и практика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. -366 С.– 15 экз. (в научной библиотеке ДГУ).

б) дополнительная литература:

1. Шишкин, Геннадий Георгиевич. Нанoeлектроника: Элементы, приборы, устройства : учеб.пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям 210600 «Нанотехнология», 152200 «Наноинженерия», 210100 «Электроника и нанoeлектроника»/ Шишкин, Геннадий Георгиевич, И. М. Агеев. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. - 408 С. - 15 экз. (в научной библиотеке ДГУ)
2. Ч.Пул–мл., Ф. ОуэнсНанотехнологии М.: Техносфера 2006. – 336 С. - http://www.studmed.ru/pul-ch-ouens-f-nanotehnologii_867d164417f.html
3. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. – 224 С. - http://www.studmed.ru/gusev-ai-rempel-aa-nanokristallicheskie-materialy_bdd3ac7aeec.html
4. Витязь, П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов:учебное пособие для студентов технических университетов - Минск: Вышэйшая школа, 2010. - 304 С. – Свободный доступ: <http://avidreaders.ru/book/nanomaterialovedenie.html>

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Дагестанский государственный университет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки бакалавров по направлению **11.04.03. Электроника и нанoeлектроника.:**

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019года).
2. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ). <https://uisrussia.msu.ru>Доступ бессрочный.
3. Доступ кэлектронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>(единое окно доступа к образовательным ресурсам).
5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета<http://edu.icc.dgu.ru>
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета<http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).

9. Федеральный центр образовательного законодательства
<http://www.lexed.ru>
10. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
11. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.
12. **Мировая интерактивная база данных SpringerLink.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ открыт с 01.01.2018.
13. **Мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных SCOPUS**<https://www.scopus.com>. Доступ предоставлен согласно лицензионному договору № Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Доступ открыт с 01 сентября 2017 г.
14. **БД SAGE Premier. Журналы Sage Publications:** <http://journals.sagepub.com/>. Доступ открыт с 01 января 2018 г.
15. Международная реферативная база данных **Web of Science** - webofknowledge.com. Доступ предоставлен согласно лицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Доступ открыт с 01 апреля 2017 г.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его

нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин, учебный план и расписание занятий вывешивается на 2-м этаже учебного корпуса. Рекомендуется не только ознакомиться с этими документами, но и изучить их.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при 6 часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3-4 часа.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Работа на лекции

На лекциях студенты получают самые необходимые данные, во многом дополняющие учебники (иногда даже их заменяющие с последними достижениями науки. Умение сосредоточенно слушать лекции, активно, творчески воспринимать излагаемые сведения является непременным условием их глубокого и прочного усвоения, а также развития умственных способностей.

Слушание и запись лекций - сложные виды вузовской работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Слушая лекции, надо отвлекаться при этом от посторонних мыслей и думать только о том, что излагает преподаватель. Краткие записи лекций, конспектирование их помогает усвоить материал.

Внимание человека неустойчиво. Требуются волевые усилия, чтобы оно было сосредоточенным. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное. Это должно быть сделано самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Некоторые студенты просят иногда лектора «читать помедленнее». Но лекция не может превратиться в лекцию-диктовку. Это очень вредная тенденция, ибо в этом случае студент механически записывает большое количество услышанных сведений, не размышляя над ними.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Целесообразно разработать собственную «маркографию»

(значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда используй не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

Подготовка к сессии

Каждый учебный семестр заканчивается аттестационными испытаниями: зачётно - экзаменационной сессией.

Подготовка к экзаменационной сессии и сдача зачетов и экзаменов является ответственным периодом в работе студента. Seriously подготовиться к сессии и успешно сдать все экзамены - долг каждого студента. Рекомендуется так организовать свою учебу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы, сданы все зачеты, выполнены другие работы, предусмотренные графиком учебного процесса.

Основное в подготовке к сессии - это повторение всего материала, курса или предмета, по которому необходимо сдавать экзамен. Только тот успевает, кто хорошо усвоил учебный материал.

Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к экзаменам будет трудным, а иногда и непосильным делом, а финиш - отчисление из учебного заведения.

В дни подготовки к экзаменам избегай чрезмерной перегрузки умственной работой, чередуй труд и отдых.

При подготовке к сдаче экзаменов старайся весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Для проведения лекций может быть использовано проекционное оборудование с подключенным к нему персональным компьютером: с использованием мультимедийных презентаций и интерактивной доски. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

Технические характеристики персонального компьютера должны обеспечивать возможность работы с современными версиями операционной системы Windows, пакета MicrosoftOffice, обслуживающих программ и другого, в том числе и сетевого программного обеспечения.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально – техническая база кафедры инженерной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС ВО. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.