МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
Дисциплины
«ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»

Кафедра инженерной физики

Направление подготовки
11.04.04 – ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль подготовки:
Физика полупроводников и диэлектриков

Уровень высшего образования:
Магистратура

Форма обучения:
Очная

Махачкала 2018

Рабочая программа дисциплины «*Элементы и приборы наноэлектроники*» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВОпо направлению подготовки 11.04.04 - Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: физика полупроводников и диэлектриков (уровень: магистратуры) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.

Разработчик(и): кафедра *инженерной физики*, Офицерова Н.В., к.ф.-м.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры *Инженерная физика* от « 25 » 06 2018 г., протокол № *1а*

Зав. кафедрой _____ Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии *физического* факультета от « 29 » 06 2018 г., протокол № 11 .

Председатель _____ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 02 » 07 2018 г. _____ Гасангаджиева А.Г.

(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Программа по дисциплине «*Элементы и приборы наноэлектроники*» по направлению ***11.04.04. – электроника и наноэлектроника, профиль подготовки-Физика полупроводников и диэлектриков*** (уровень: магистратура) составлено в соответствии с требованиям федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС 3+) на основании:

1. Федеральным Законом Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»,
2. Приказом Минобрнауки России от 29 июня 2015 г. № «Об утверждении Порядка организации осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»,
3. Приказом Минобрнауки России от 19.12.2013 №1367 «Об утверждении Порядка организации осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»,
4. Приказом Минобрнауки России от 06.07.2015 г. №667 «Об утверждения форм сведений о реализации образовательных программ, заявленных для государственной аккредитации образовательной деятельности;
5. Требованиями государственных образовательных стандартов, федеральных государственных образовательных стандартов к структуре, результатам освоения и условиям реализации образовательных программ высшего образования,
6. Уставом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дагестанский государственный университет» (далее - ДГУ, университет):
7. Иными нормативными правовыми актами, действующими на территории Российской Федерации, локальными актами университета;
8. **Положением об итоговой государственной аттестации выпускников Дагестанского государственного университета** основании, утвержденного решением Ученого совета Дагестанского государственного университета от 28.01.2016 (протокол №5).

Дисциплина «Элементы и приборы наноэлектроники» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 11.04.04 Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими и технологическими основами наноэлектроники, в том числе принципы функционирования и характеристики наноэлектронных устройств на базе квантово-размерных структур: резонансно-туннельных, одноэлектронных и спинтронных приборов, основные положения квантовой

механики, используемые в наноэлектронике. Анализируются физические свойства наноструктур и особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах наноэлектроники, их классификация. Даются представления о возможностях технологической и конструктивной реализации создания элементов наноэлектроники. Анализируются методы квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав наноэлектроники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: ***общекультурных*** - ОК-2; ***общепрофессиональных*** - ОПК-2; ***профессиональных*** - ПК-6, ПК-8.

Компетенции магистерских программ должны учитывать региональные особенности и требования работодателей.

Для освоения дисциплины необходимо знание основы таких курсов как Квантовая физика», «Основы статистической физики», «Кристаллофизика», «Основы зондовой микроскопии», «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники », «Материалы электронной техники».

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: индивидуальное собеседование, письменные контрольные задания и пр. и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, диф.зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
		Всего	из них						
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
9	72	31	10	-	16	-	1	46	5 (зачет)

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Элементы и приборы наноэлектроники» является подготовка студентов к решению типовых задач, связанных с проектной, научно-исследовательской и производственно – технологической деятельностью и опирающихся на современные достижения нанотехнологий в области разработки и создания изделий наноэлектроники для микро- и наносистемной техники и микропроцессоров, приемников и излучателей на основе квантово-размерных структур, бионаносенсоров и биомикросхем, дать представление о методах формирования наноэлектронных структурах; обучить законам физики низкоразмерных полупроводниковых структур, физических и технологических основ наноэлектроники, в том числе принципов функционирования и характеристики наноэлектронных устройств на базе квантово-размерных структур: резонансно-туннельных, одноэлектронных, спинтронных приборов и электронных устройств на сверхпроводниках.

Задачами дисциплины является изучение основных тенденций развития наноэлектроники в России и зарубежом; изучить физические основы наноэлектроники, связанные с физическими свойствами мезо- и наноскопических систем, квантово-размерными эффектами в квантовых наноструктурах и свехрешетках, процессами переноса носителей заряда в низкоразмерных структурах; изучить технологические основы наноэлектроники, связанные с применением современных технологических методов создания наноструктур и приборов наноэлектроники; изучить принципы работы и особенности реализации элементов и приборов наноэлектроники; уметь анализировать исходные данные для расчета и проектирования наноэлектронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения.

Задачи профессиональной деятельности (профессиональные функции):

Выпускник по направлению подготовки **11.04.04. – электроника и наноэлектроника** с присвоением **степени** магистра техники и технологии должен быть подготовлен к решению профессиональных задач, (дополнительных к задачам, решаемым бакалавром физики) в соответствии с профилем магистерской программы и видами профессиональной деятельности:

научно-исследовательская деятельность:

- разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей;

- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; разработка методики, проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов;
- использования физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем;
- разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере;
- подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары;
- фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности**.**

научно-педагогическая деятельность:

- работа в качестве преподавателя средних специальных или высших учебных заведениях по учебным дисциплинам предметной области данного направления под руководством профессора, доцента или старшего преподавателя;
- участие в разработке учебно-методических материалов для студентов по дисциплинам предметной области данного направления;
- участие в модернизации или разработке новых лабораторных практикумов по дисциплинам профессионального цикла.

проектно-конструкторская деятельность:

- анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников;
- определение цели, постановка задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготовка технических заданий на выполнение проектных работ;
- проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований; разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями.

Основные разделы программы курса: физические основы наноэлектроники, материалы наноэлектроники, полупроводниковые приборы гомо- и гетероструктуры и приборы на их основе, наноэлектронные приборы на основе квантово-размерных структур, нанотранзисторные структуры на основе традиционных материалов, нанотранзисторные структуры на основе новых материалов, основы одноэлектроники, технология создания наноматериалов и наноструктур.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры.

Дисциплина «Элементы и приборы наноэлектроники» в структуре ОПОП ВПО находится в цикле профессиональных дисциплин (вариативная часть) образовательной программы магистратуры по направлению подготовки **11.04.04. –** ***электроника и наноэлектроника, профиль подготовки - Физика полупроводников и диэлектриков.***

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики.

Для освоения дисциплины «Элементы и приборы наноэлектроники» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Физика полупроводников.
- Квантовая физика.
-Основы статистической физики.
-Кристаллофизика.
- Основы зондовой микроскопии.
- Физика конденсированного состояния.
- Материалы электронной техники.
- Физические основы электроники.
- Теоретические основы электротехники.
- Электроника и схемотехника.
- Компьютерные технологии в науке и образовании

Студенты, обучающиеся по данному курсу должны знать: основные факты из истории возникновения и развития вакуумной электроники, микро- и наноэлектроники, роль отечественной науки в развитии мировой электроники; основы технологии изготовления изделий микро- и наноэлектроники, основы зондовых нанотехнологий и технологий самосборки; основы квантовой, статистической физики и кристаллофизики, физики конденсированного состояния и биофизики; физические основы твердотельной электроники и электронного материаловедения.

Требования к входным знаниям совпадают с требованиями к освоению предшествующих профессиональных дисциплин: «Квантовая физика», «Основы статистической физики», «Кристаллофизика», «Основы зондовой микроскопии», «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники », «Материалы электронной техники».

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

Компетенции	Формулировка компетенции из	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного

	ФГОС ВО	уровня освоения компетенций)
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию	**Знать:** • понятия «самостоятельная работа студентов», «самоорганизация», «самоконтроль», «самообразование»; • формы, технологии организации самостоятельной работы; • пути достижения образовательных результатов и способы оценки результатов обучения*; • виды, формы контроля успеваемости в вузе **Уметь:** • системно анализировать, обобщать информацию, формулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения; • использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы; • объективно оценивать знания обучающихся на основе тестирования **Владеть:** • культурой мышления, способностью к анализу, обобщению информации, постановке целей и выбору путей их достижения; • навыками составления результатоориентированных планов-графиков выполнения различных видов учебной, научно-исследовательской и внеучебной работы; способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию, познавательную активность.
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе	**Знать:** • основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; • состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов

ОПК-2	знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники. • понимание современных тенденций развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий. **Уметь:** • анализировать,систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения • создавать и анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов. **Владеть:** • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности.
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	**Знать:** • современный уровень развитияэлектроники; • технические характеристики и области использованияизмерительной и вычислительной техники; **Уметь:** • пользоваться измерительной и вычислительной техникой в своей профессиональной деятельности. • пользоваться современными достижениями электроники, измерительной и вычислительной техники при проектировании электронной компонентной базы.

ПК-6	способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы	**Владеть:** • методами системного анализа влияния инноваций на процесс проектирования. **Знать:** • методы расчета конструкций элементов интегральных схем; • конструктивные ограничения при проектировании ИС; **Уметь:** • разрабатывать технические условия на проектирование электронной компонентной базы;
ПК-18	• способность собирать, анализировать и систематизировать отечественную и зарубежную научно-техническую информацию по тематике исследования в области электроники и наноэлектроники;	**Владеть:** • методами и приемами разработки топологии тонкопленочных и толстопленочных ГИС. **Знать:** • физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания; • особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах наноэлектроники, их классификацию; • физические основы технологии производства изделий наноэлектроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы.
ПК-19	• способность строить простейшие физические и математические модели приборов наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного	**Уметь:** • оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах наноэлектроники; • обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах

ПК-20	моделирования; • способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств наноэлектроники различного функционального назначения.	и устройствах наноэлектроники; **Владеть:** • новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области наноэлектроники; • методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и наноэлектроники; • сведениями о технологии изготовления материалов и элементов наноэлектроники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.

Код компетенции из ФГОС ВО	*Наименование компетенции из ФГОС ВО*	*Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)*
ОК-2	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	**Знает:** формы, технологии организации исследовательских и проектных работ; пути достижения образовательных результатов и способы оценки результатов обучения **Умеет:** системно анализировать, обобщать информацию, формулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения; использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы; **Владеет:** способностью к анализу, обобщению информации, постановке целей и выбору путей их достижения; навыками составления результатоориентированных планов-графиков выполнения различных видов учебной, научно-исследовательской и внеучебной работы;

ОПК-2	Способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры	**Знает:** современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; основные направления и тенденции развития современной микро- и наноэлектроники; материаловедческие проблемы электроники и наноэлектроники; технологические возможности перспективных методов получения структур на основе полупроводников и диэлектриков; методы теоретических подходов в описании и изучении явлений в физике полупроводников и диэлектриков; **Умеет:** анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами систем пониженной размерности; использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения полупроводников и диэлектриков в электронике и наноэлектронике; по результатам теоретических и экспериментальных исследований материалов формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и наноэлектроники. **Владеет:** методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики полупроводников и диэлектриков; методами количественного формулирования и решения практических задач по физике полупроводников и диэлектриков; опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; методами экспериментальных исследований свойств полупроводников и диэлектриков на современном инновационном оборудовании; навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений в области физики полупроводников и диэлектриков; навыками представления итогов работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.; опытом использования результатов исследований для оформления научных проектов, грантов, участия в различных молодежных конкурсах; опытом внедрения результатов исследований на практике.
ПК-6	Способность анализировать состояние научно –	**Знает:** физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания; особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах наноэлектроники, их классификацию; физические основы технологии производства изделий

	техническо й проблемы путем подбора, изучения и анализа литературн ых и патентных источников	наноэлектроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы. **Умеет:** оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах наноэлектроники; обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах наноэлектроники; **Владеть:** новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области наноэлектроники; методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и наноэлектроники; сведениями о технологии изготовления материалов и элементов наноэлектроники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы. формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и наноэлектроники; выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач; формировать план исследования;
ПК-8	Способност ь проектиров ать устройства, приборы и системы электронно й техники с учетом заданных требований	**Знает:** современный уровень развитияэлектроники; технические характеристики и области использованияизмерительной и вычислительной техники; **Умеет:** пользоваться измерительной и вычислительной техникой в своей профессиональной деятельности. пользоваться современными достижениями электроники, измерительной и вычислительной техники при проектировании электронной компонентной базы. **Владеет:** методами системного анализа влияния инноваций на процесс проектирования.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
	Модуль 1. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МАТЕРИАЛЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ								
1	Размерные зависимости свойств наноматериалов. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов. Элементы низкоразмерных структур. Физико-химиянаноструктурых материалов.	1		1	1			4	(ДЗ), (С), (РС)
2	Процессы переноса в наноструктурах. Структуры с квантовым ограничением за счет внутреннегоэлектрического поля. Структуры с квантовым ограничением за счет внешнего электрического поля.	1		1	1			4	(ДЗ), (С), (РС)

3	Радиационная стойкость кристаллов с квантовыми точками. Свойство наночастич и материалов с наночастицами.	1		1	1			4	(ДЗ), (С), (РС)
4	Полупроводниковые квантовые наноструктуры. Углеродные наноматериалы. Полимерные материалы. Органические проводники и полупроводники. Магнитные полупроводники. Пленки поверхностно-активных веществ	1		1	1			4	(ДЗ), (С), (РС)
	Итого по модулю 1:			4	4			16	
	Модуль 2. ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ								
1	Полупроводниковые приборы гомо- и гетероструктуры и приборы на их основе. Наноэлектронные приборы на основе квантово-размерных структур.	1		2	2			9	(ДЗ), (С), (РС)
2	Нанотранзисторные структуры на основе традиционных материалов. Нанотранзисторные структуры на основе новых материалов.	1		2	4			9	(ДЗ), (С), (РС)
3	Основы одноэлектроники.	1		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)

4.	Технология создания наноматериалов и наноструктур.							8	(ДЗ), (С), (РС)
	Итого по модулю 2:			6	8			30	
	ИТОГО:			10	16			46	

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

Модуль 1.Теоретические основы и материалы наноэлектроники.

Тема 1. Теоретические основы наноэлектроники.

Размерные зависимости свойств наноматериалов. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов. Элементы низкоразмерных структур. Физико-химия наноструктурых материалов. Процессы переноса в наноструктурах. Структуры с квантовым ограничением за счет внутреннего электрического поля. Структуры с квантовым ограничением за счет внешнего электрического поля. Радиационная стойкость кристаллов с квантовыми точками. Свойство наночастиц и материалов с наночастицами. Свойства двумерных и одномерных структур наноматериалов.

Тема 2. Материалы наноэлектроники.

Полупроводниковые квантовые наноструктуры. Углеродные наноматериалы. Полимерные материалы. Органические проводники и полупроводники. Магнитные полупроводники. Пленки поверхностно-активных веществ.

Модуль 2. Технология ИМС.

Тема 3. Элементы и приборы наноэлектроники.

Полупроводниковые приборы гомо- и гетероструктуры и приборы на их основе. Наноэлектронные приборы на основе квантово-размерных структур. Нанотранзисторные структуры на основе традиционных материалов. Нанотранзисторные структуры на основе новых материалов. Основы одноэлектроники. Электронные устройства на наноструктурах. Спинтронные устройства. Оптоэлектронные устройства на наноструктурах. Базовые логические элементы квантовых компьютеров. Нанодатчики.

Тема 4. Технология создания наноматериалов и наноструктур.

Физико-химия получения наноструктурных материалов. Гетерогенные процессы формирования наноструктур. Синтез проводящих и полупроводниковых соединений. Технология создания квантовых точек и нитей. Технология самоорганизации структур. Основные технологические

методы создания углеродных наноструктур. Нанолитография: электронно-лучевая фотография (ЭЛЛ), ионно-лучевая литография (ИЛЛ), нанопечать, перьевая нанолитография. Саморегулирующиеся процессы: самосборка, самоорганизация на поверхности материала и в объёме, самоорганизация при эпитаксии, осаждение пленок Лэнгмюра-Блоджетт.

Темы практических и семинарских занятий

Раздел	**Темы практических (семинарских) занятий**
Модуль 1. Тема 1	- Физические свойства мезо- и наноскопических систем. – Квантово-размерные эффекты. – Квантовые наноструктуры и свехрешетки. – Процессы переноса в наноструктурах.
Тема 2	- Наноэлектронные приборы на основе квантово-размерных структур. – Нанотранзисторные структуры на основе традиционных материалов. – Нанотранзисторные структуры на основе новых материалов.
Тема 3	- Гетерогенные процессы формирования наноструктур. - Технология создания квантовых точек и нитей
Модуль 2. Тема 1	- Расчет характеристических длин в мезоскопических системах
Тема 2	- Изучение энергетической структуры квантово-размерных объектов
Тема 3	- Изучение физических принципов работы элементов и приборов наноэлектроники

5. Образовательные технологии

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

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция(информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое

занятие, семинар, 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 компетентностного 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 соответствие с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

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

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Элементы и приборы наноэлектроники» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлено учебное пособие, конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

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.

Итоговый контроль.

Зачет в конце 9 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу**.**

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.

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.

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 Даггосуниверситета.

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.

Код компетенции из ФГОС ВО	*Наименование компетенций из ФГОС ВО*	*Планируемые результаты обучения*	*Процедура освоения*
ОК-2	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	**Знает:** основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники; понимание современных тенденций развития материаловедения, электроники,	
ОПК-2	Способность использовать		Устный опрос

	результаты освоения дисциплин программы магистратуры	измерительной и вычислительной техники, информационных технологий.	
ПК-6	Способность анализировать состояние научно – технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников	**Умеет:** анализировать,систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения создавать и анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов. пользоваться измерительной и вычислительной техникой в своей профессиональной деятельности. пользоваться современными достижениями электроники, измерительной и вычислительной техники при проектировании элементов и приборов наноэлектроники.	Устный опрос, письменный опрос, презентация
ПК-8	Способность проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	**Владеет:** методами экспериментальных исследований свойств полупроводников и диэлектриков на современном инновационном оборудовании; основами теоретических знаний для решения практических задач; опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений физики полупроводников и диэлектриков;	Презентация, выступление на семинарах, мини-конференция.

7.2. Типовые контрольные задания

Примерные темы для докладов студентов на семинарских занятиях

1. Основные тенденции развития наноэлектроники в России и зарубежом.
2. Физические свойства мезо- и наноскопических систем.
3. Квантово-размерные эффекты.
4. Квантовые наноструктуры и свехрешетки.
5. Процессы переноса носителей заряда в низкоразмерных структурах.
6. Технологические основы наноэлектроники.
7. Электронные устройства на наноструктурах.
8. Спинтронные устройства.
9. Оптоэлектронные устройства на наноструктурах.
10. Базовые логические элементы квантовых компьютеров.
11. Нанодатчики.

Рекомендации к последовательности выполнения реферата.

1. Изучение проблемы по материалам, доступным в Интернете:
2. Согласовать название сообщения.
3. Написать тезисы реферата по теме.
4. Выразить, чем интересна выбранная тема в наши дни.
5. Подготовить презентацию по выбранной теме.
6. Сделать сообщение на мини-конференции.

Список контрольных вопросов по дисциплине

1. Основные положения квантовой механики, используемые в наноэлектронике.
2. Момент импульса и спин.
3. Магнитный резонанс.
4. Туннельный переход через потенциальный барьер.
5. Квантовые потенциальные ямы.
6. Интерференционные эффекты в наноструктурах.
7. Элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах.
8. Сверхрешетки.
9. Плотность энергетических состояний в низкоразмерных структурах.
10. Одноэлектроника.
11. Физические основы спинтроники.
12. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов.
13. Свойства двумерных структур.
14. 14.Свойства одномерных структур и материалов.
15. Свойства углеродных наноструктур.
16. Свойства наночастиц и материалов с наночастицами.
17. Методы диагностики нанообъектов.

18.. Эпитаксиальные методы создания тонких пленок и гетероструктур.
19.Технология создания квантовых точек и нитей.
20.Основные технологические методы создании углеродныхнаноматериалов.
21.Методы зондового сканирования.
22.Нанолитография.
23.Электрические гомо- и гетеропереходы.
24.Туннельные диоды.
25.Биполярные транзисторы.
26.Полевые транзисторы.
27.Резонансно-туннельные приборы.
28.Одноэлектронные приборы.
29.Спинтронные приборы.
30.Полупроводниковые фотоприборы.
31.Полупроводниковые инжекционные лазеры и светодиоды.
32. Физико-химия получения наноструктурных материалов.
33. Гетерогенные процессы формирования наноструктур.
34. Синтез проводящих и полупроводниковых соединений.
35. Технология создания квантовых точек и нитей.
36. Технология самоорганизации структур.
37. Основные технологические методы создания углеродных структур.
38. Нанолитография.
39. Электронные устройства на наноструктурах.
40. Спинтронные устройства.
41. Оптоэлектронные устройства на наноструктурах.
42. Базовые логические элементы квантовых компьютеров.
43. Нанодатчики.
44. Физические основы нанобиоэлектроники.
45. Жидкостные транзисторы.
46. Ячейки памяти.
47. Логические элементы.
48. Электропроводные свойства ДНК.
49. Приборы на основе биоэлектроники.
50. Физические основы зондовой нанотехнологии.
51. Методы исследования поверхности.
52. Методы диагностики нанообъектов.
53. Методы изучения свойств наноматериалов.

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

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

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающая из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 25 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

Критерии оценок на зачетах и экзаменах.

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами.**

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20 - 30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

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

а) основная литература:

1. Щука А.А. Наноэлектроника – М.:Физматкнига, 2007 - 464 С. 1 (на кафедре экземпляр для преподавателя); свободный доступ: http://www.studmed.ru/schuka-aa-nanoelektronika_bb3cd1305b2.html#
2. Рыжонков Д.И. Наноматериалы: учебное пособие - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 369 С. – 10 экз. (в научной библиотеке ДГУ).
3. Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю.Н. Кремний - материал наноэлектроники– М.: Техносфера,. 2007, - 352 С. – свободный доступ: http://www.studmed.ru/gerasimenko-nn-parhomenko-yun-kremniy-material-nanoelektroniki_49757c03759.html
4. Шишкин, Геннадий Георгиевич. Наноэлектроника: Элементы, приборы, устройства : учеб.пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям 210600 "Нанотехнология", 152200 "Наноинженерия", 210100 "Электроника и наноэлектроника" / Шишкин, Геннадий Георгиевич, И. М. Агеев. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. - 408 С. - 15 экз. (в научной библиотеке ДГУ)

б) дополнительная литература:

1. Борисенко В.Е. Наноэлектроника: теория и практика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. -366 С. – 15 экз. (в научной библиотеке ДГУ).
2. . Зебрев Г.И. Физические основы кремниевой электроники. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012, - 240 С. – свободный доступ: https://nashol.com/2017102597034/fizicheskie-osnovi-kremnievoi-nanoelektoniki-zebrev-g-i-2011.html
3. Ч.Пул–мл., Ф. Оуэнс - Нанотехнологии М.: Техносфера 2006. – 336 С. - http://www.studmed.ru/pul-ch-ouens-f-nanotehnologii_867d164417f.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 магистров по направлению направлению подготовки **11.04.04. - электроника и наноэлектроника** (уровень: магистратура)**:**

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 2019 года).
2. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ). https://uisrussia.msu.ru/ Доступ бессрочный.
3. Доступ к электронной 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 госуниверситета.
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 сублицензионному 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 сублицензионному

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.

Магистр в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Магистр 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.

Каждому магистру 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.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр

	рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно - графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

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

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций и интерактивной доски. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

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 Microsoft Office, 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 магистров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре 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.