



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

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наногетероструктурная электроника

Кафедра Физики конденсированного состояния и наносистем физического факультета

Образовательная программа магистратуры
03.04.02 – Физика

Направленность (профиль) программы:
Физика наносистем

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Дисциплина по выбору

Махачкала, 2022 год

Рабочая программа дисциплины «Наногетероструктурная электроника» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.02 – «Физика» от «07» августа 2020 г. № 914.

Разработчик: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем,

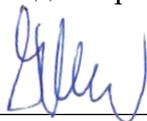
Исхаков М.Э., к.ф.-м.н., доцент.



Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «19» марта 2022г., протокол №7.

Зав. кафедрой _____



Рабаданов М.Х.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022г., протокол №7.

Председатель _____



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«31» марта 2022г.

Начальник УМУ _____



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

является дисциплиной по выбору ОПОП магистратуры по направлению 03.04.02– Физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физических основ и технологических особенностей гетероструктур, в том числе наносистем, физической сущности явлений, происходящих в этих структурах.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: универсальных – УК-6; общепрофессиональных ОПК-1, ОПК, -3 ОПК-4; профессиональных – ПК-3, ПК-5, ПК-6.

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: контрольная работа, выступление на семинаре фронтальный опрос и промежуточной аттестации экзамен.

Объем дисциплины **3** зачетных единиц, в том числе в академических часах **108** по видам учебных занятий:

Се- местр	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
	Все го	из них						
	Лек- ции	Лабораторные занятия	Практические занятия		консультации			
9	108	16		14			78	зачёт

1. Цели освоения дисциплины

, согласно ОПОП ВО, являются: получению сведений и базовых знаний: о системах наногетероструктурной электроники, об основных физических процессах в элементах гетероструктурной электроники, о физических принципах функционирования элементов и систем гетероструктурной электроники. При этом будет обращать внимание на признанные положения теории и практики, которыми должны руководствоваться магистранты, при исследованиях в области наногетероструктурной электроники.

В конечном итоге, дисциплина будет способствовать подготовке профессиональных и конкурентоспособных специалистов в области физики и технологии наносистем, способных работать на инженерно-технических должностях в научно-исследовательских лабораториях НИИ, вузов, предприятий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Наногетероструктурная электроника» входит в блок Б1.В.ДВ.01.02. ОПОП магистратуры по направлению 03.04.02– «Физика», профиля подготовки «Физика наносистем».

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, квантовой механики, теоретической физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач на примере задач физики и наногетероструктурной электроники.

Магистранты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения и базовые знания о законах движения заряженных и нейтральных частиц; законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения; основах квантового описания частиц; строении атомов и молекул в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, квантовой механики, статистических законах распределения.

Данная дисциплина является основной для изучения дисциплин: Оптическая спектроскопия систем пониженной размерности, Диэлектрические и теплофизические свойства наноструктурированных материалов, а так же научно – исследовательской, научно – педагогической и научно – производственной практик.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен усвоить основные принципы функционирования элементов наногетероструктурной электроники, осознать перспективы и возможные направления дальнейшего развития наноэлектроники.

Знать: базовые модели формирования структуры и свойств наногетероструктурной электроники, основные особенности электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств, разнообразные практические приложения.

Уметь: получать элементы структур наногетероструктурной электроники, с заданными физическими свойствами.

Владеть: технологиями получения компонент наногетероструктурной электроники, техникой экспериментальных исследований и методами расчетов контактной разности потенциалов, толщину, барьерную и диффузионные ёмкости, а также вольтамперную характеристику p-n переходов.

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания.	<p>Знает: Как оценивать свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания</p> <p>Умеет: Оценивать свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания</p> <p>Владеет: Методами оценки своих ресурсов и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания</p>
	УК-6.2. Определяет при-	Знает:

	<p>оритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям.</p>	<p>Как определять приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям</p> <p>Умеет: Определяют приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям</p> <p>Владеет: Методами определения приоритетов профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям</p>
	<p>УК-6.3. Выбирает и реализует, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p>	<p>Знает: Как выбирать и реализовать, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p> <p>Умеет: Выбирать и реализовать, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p> <p>Владеет: Методами выбора и реализации, с использованием инструментов, непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p>

	<p>УК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p>Знает: Как выстраивать гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p> <p>Умеет: Выстраивать гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p> <p>Владет: Навыками выстраивания гибкой профессиональной траектории, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития</p>
<p>ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Владет фундаментальными знаниями в области физики</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники; - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности; - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта.

		<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем. - основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.
	<p>ОПК-1.2. Использует фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач.</p>	<p>Знает - фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области научно-исследовательской деятельности.
	<p>ОПК-1.3. Применяет специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять специальные технологии и методы для реализации преподавательской деятельности; - выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальными технологиями и методами для реализации преподавательской деятельности.
<p>ОПК-3. Способен применять знания</p>	<p>ОПК-3.1. Владеет основными методами</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа

<p>в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет» для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящимися за пределами профильной подготовки.</p>	<p>поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.
	<p>ОПК-3.2. Применяет специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональной деятельности..</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения исследований и решения профессиональных задач. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач.
	<p>ОПК-3.3. Разрабатывает эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы информационных технологий, основные возможности и правила работы со стандартными программными продуктами при решении профессиональных задач; - эффективные алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать эффективные

		<p>алгоритмы решения инженерных задач с использованием современных языков программирования и математического моделирования.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками разрабатывать специализированные программные средства и методы математического моделирования для проведения исследований и решения инженерных задач.
<p>ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.</p>	<p>ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - о необходимости прогноза результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции;
	<p>ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - варианты необходимых результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбором возможных вариантов внедрения

	<p>ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: - области, где могут быть использованы результаты научных исследований в области своей профессиональной деятельности;</p> <p>Умеет: - определять способы внедрения результатов научных исследований.</p> <p>Владет: - методами прогноза результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности;</p>
<p>ПК-3. Способен участвовать в разработке основных образовательных программ, разрабатывать отдельные их компоненты в том числе при углубленном изучении учебных дисциплин.</p>	<p>ПК-3.1. Способен на основе знаний в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся</p>	<p>Знает: содержание учебно-проектной деятельности;</p> <p>Умеет: организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся.</p> <p>Владет: Способностями и знаниями в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся</p>
	<p>ПК-3.2. Демонстрирует способность организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области.</p>	<p>Знает: Демонстрирует знания и способности организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области.</p> <p>Умеет: совместно формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности;</p> <p>Владет: Навыками организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся;</p>

	<p>ПК-3.3. Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p>	<p>Знает: Как разрабатывается план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p> <p>Умеет: Разрабатывать план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p> <p>Владеет: Способами планирования и осуществления руководства действиями в индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности.</p>
<p>ПК-5. Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализировать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований.</p>	<p>ПК-5.1. Способен самостоятельно анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.</p>	<p>Знает: Методы исследований и обработки и анализа результатов испытаний и измерений, а так же критерии выбора методов и методик исследований свойства исследуемых объектов</p> <p>Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; обобщать результаты патентного поиска; формировать предложения по внедрению результатов; участвовать в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня.</p> <p>Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; методом обобщения результаты выполняемых работ; выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>
	<p>ПК-5.2. Создает теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства исследуемых объектов, и разрабатывает предложения по внедрению результатов.</p>	<p>Знает: Теоретические модели, позволяющие прогнозировать и как разрабатывать предложения по внедрению результатов.</p> <p>Умеет: Прогнозировать свойства исследуемых объектов и разрабатывать предложения по внедрению</p>

		<p>результатов.</p> <p>Владеет: Способностями разрабатывать предложения по внедрению результатов апробации теоретических моделей.</p>
	<p>ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, библиографии.</p>	<p>Знает: Свойства исследуемых объектов в целях формирования теоретических моделей как осуществлять сбор научной информации, представлять обзоры, аннотации, составлять рефераты.</p> <p>Умеет: Осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и библиографии.</p> <p>Владеет: Владеет способностями осуществлять сбор научной информации, готовить обзоры, аннотации, составлять рефераты, отчеты и библиографии</p>
	<p>ПК-5.4. Участвует в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>	<p>Знает: Процедуры защиты научных работ различного уровня, выступает с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p> <p>Умеет: Дискутировать по соответствующему предмету и Участвует в научных семинарах</p> <p>Владеет: Способностями выступать с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований.</p>
<p>ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного состоя-</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: Как проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов;</p> <p>Умеет: Проводить, обработку и анализ результатов испытаний и измерений.</p> <p>Владеет: Навыками проведения физических исследований с помощью</p>

ния.		современного оборудования
	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.</p>	<p>Знает: Теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.</p> <p>Умеет: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений.</p> <p>Владеет: Навыками проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы.</p>
	<p>ПК-6.3. Способен собирать, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов</p>	<p>Знает: Критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов</p> <p>Умеет: Проводить эксперименты и наблюдения, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов а так же правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов.</p> <p>Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; выполнением оценки и обработки результатов исследования; навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел и темы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практич. занятия	Лаб. занят.			
Модуль 1 Этапы развития твердотельной электроники.								
1	Основные этапы развития твердотельной электроники. Образование р-п - перехода. Контактная разность потенциалов. Ширина р-п - перехода. Ёмкость р-п - перехода. Вольтамперные характеристики р-п – перехода при прямом и обратном смещениях. Пробой р-п - перехода. Транзисторы на 2М электронном газе.	2	3	4			12	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
2	Транзисторы с высокой подвижностью. Полевые транзисторы на горячих электронах с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Транзисторы с резонансным туннелированием. Транзистор с резонансно-туннельным эмиттером. Резонансно-туннельный транзистор на квантовой точке.	2	3	2			12	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
	Итого по модулю1: 36 часов		6	6			24	
Модуль 2. Гетеропереходы,								
3	Гетеропереходы, Выпрямительные диоды. Стабилитрон. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды. Диоды Шоттки. Полупроводниковые источники и приёмники излучения. Элементы оптоэлектроники на основе квантово-размерных структур. Лазеры на двойных гетеро структурах. Фотоприёмники на квантовых ямах.	2	3	2			14	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
4	Туннельные диоды. Диоды Ганна. Принцип действия, основные параметры и характеристики биполярного транзистора. Униполярные (полевые) транзисторы. Динисторы.	2	3	2			12	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях

	ры и тиристоры. Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронные элементы цифровых схем.							
	Итого по модулю2: 36 часов		6	4			26	
Модуль 3. Перспективы развития микро- и нанoeлектроники.								
5	Современное состояние и перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Получение р-п - перехода формовкой точечного контакта.	2	2	2			14	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
6	Получение переходов. Технология получения диффузионных переходов. Эпитаксиальная технология. Фотолитография в производстве приборов	2	2	2			14	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
	Итого по модулю3: 36 часов		4	4			28	
Итого 108			16	14			78	зачет

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

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1.

Тема 1. Основные этапы развития твердотельной электроники. Образование р-п - перехода. Вольтамперные характеристики р-п – перехода при прямом и обратном смещениях. Пробой р-п - перехода. Транзисторы на 2М электронном газе.

Тема 2. Транзисторы с высокой подвижностью. Полевые транзисторы на горячих электронах с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Транзисторы с резонансным туннелированием. Транзистор с резонансно-туннельным эмиттером. Резонансно-туннельный транзистор на квантовой точке.

Модуль 2.

Тема 3. Гетеропереходы, Выпрямительные диоды. Стабилитрон. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды. Диоды Шоттки. Полупроводниковые источники и приёмники излучения. Элементы оптоэлектроники на основе квантово-размерных структур. Лазеры на двойных гетероструктурах. Фотоприемники на квантовых ямах.

Тема 4. Туннельные диоды. Диоды Ганна. Принцип действия, основные параметры и характеристики биполярного транзистора. Униполярные (полевые) транзисторы. Динисторы и тиристоры. Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронные элементы цифровых схем.

Модуль 3.

Тема 5. Современное состояние и перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Получение р-п - перехода формовкой точечного контакта.

Тема 6. Получение переходов. Технология получения диффузионных переходов. Эпитаксиальная технология. Фотолитография в производстве приборов.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Модуль 1.

Тема 1. Основные этапы развития твердотельной электроники. Образование р-п - переходов. Вольтамперные характеристики р-п – перехода при прямом и обратном смещениях. Пробой р-п - перехода. Транзисторы на 2М электронном газе.

Тема 2. Транзисторы с высокой подвижностью. Полевые транзисторы на горячих электродах с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Транзисторы с резонансным туннелированием. Транзистор с резонансно-туннельным эмиттером. Резонансно-туннельный транзистор на квантовой точке.

Модуль 2.

Тема 3. Гетеропереходы, Выпрямительные диоды. Стабилитрон. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды. Диоды Шоттки. Полупроводниковые источники и приёмники излучения. Элементы оптоэлектроники на основе квантово-размерных структур. Лазеры на двойных гетероструктурах. Фотоприемники на квантовых ямах.

Тема 4. Туннельные диоды. Диоды Ганна. Принцип действия, основные параметры и характеристики биполярного транзистора. Униполярные (полевые) транзисторы. Динисторы и тиристоры. Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронные элементы цифровых схем.

Модуль 3.

Тема 5. Современное состояние и перспективы развития микро- и нанoeлектроники.

Получение р-п - перехода формовкой точечного контакта.

Тема 6. Получение переходов. Технология получения диффузионных переходов. Эпитаксиальная технология. Фотолитография в производстве приборов.

5. Образовательные технологии.

В

п При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

о Для подготовки к практическим (семинарским) занятиям разработаны учебно-методические пособия. Лекции и практические занятия проводятся с применением слайдов (презентаций) в программе Power Point, а также с использованием интерактивной доски, большая часть теоретического материала представлен в электронной форме и на бумажном носителе. На семинарских занятиях обсуждаются вопросы рассмотренные студентами самостоятельно в рамках внеаудиторной работы. Уделяется внимание формированию и развития профессиональных навыков обучающихся.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

р **Промежуточный контроль.**

е В течение семестра студенты выполняют:

п

о

д

а

в

- повторение пройденного материала;
- подготовка к семинарам;
- подготовки к контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;

Итоговый контроль. - зачёт в конце 1 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Примерное распределение времени самостоятельной работы магистров

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоёмкость, а.ч.		
	Очная	Очно-заочная	заочная
Текущая СРС			
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	20		
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	2		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	10		
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	10		
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10		
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам	14		
подготовка к экзамену (экзаменам)			
другие виды СРС (указать конкретно)			
Творческая проблемно-ориентированная СРС			
выполнение расчётно-графических работ	12		
Итого СРС:	78		

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

7.1. Типовые контрольные задания и тесты

Примерные контрольные вопросы

1. Образование р-п - перехода. Контактная разность потенциалов.
2. Ширина р-п - перехода. Ёмкость р-п - перехода. Влияние на них внешнего поля.
3. Вольтамперные характеристики р-п - перехода при прямом и обратном смещениях.
4. Пробой р-п - перехода.
5. Гетеропереходы.
6. Выпрямительные диоды.
7. Стабилитрон.
6. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды.
7. Диоды Шоттки.
8. Полупроводниковые источники и приёмники излучения.
9. Туннельные диоды.
10. Диоды Ганна.
11. Принцип действия, основные параметры и характеристики биполярного транзистора.

12. Полевые транзисторы.
13. Динисторы и тиристоры.
14. Механическая и химическая обработка кристаллов полупроводниковых материалов.
15. Получение р-п - перехода формовкой точечного контакта.
16. Получение сплавных переходов.

Примерные темы практических и/или семинарских занятий и самостоятельной работы

1. Энергетическая диаграмма системы металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Полная емкость и эквивалентная схема МДП-структуры.
2. Емкостные методы исследования МДП-структур. Высокочастотный и квазистатический методы.
3. Метод поперечной высокочастотной проводимости МДП-структуры.
4. Физические основы релаксационной спектроскопии глубоких уровней.
5. Электронно-дырочный переход и биполярный транзистор
6. Полупроводниковые приборы СВЧ диапазона. Генератор Ганна. Лавинно-пролетный диод.
7. Приборы с зарядовой связью (ПЗС). Преобразователи изображений на основе ПЗС.
8. Энергетический спектр сверхрешеток. Минизоны. «Вертикальный» транспорт носителей заряда по сверхрешетке.
9. Применение наноматериалов. Наносенсоры. Нано- и молекулярная электроника. Фотоника. Устройства на квантовых точках – лазеры, светодиоды.
10. Электронные механические системы (MEMS). Нейронные сети. Наномедицина. Устройства для хранения информации.

Примерные тесты для текущего и промежуточного контроля:

Модуль 1.

1. Почему в области контакта граница полупроводника n-типа заряжается положительно, а граница полупроводника р-типа – отрицательно?

1. Электроны, перешедшие из n- области заряжают р - полупроводник отрицательно, а положительные дырки, перешедшие из р- области заряжают n- полупроводник положительно.
2. Из-за диффузии части электронов из n- области там остаётся не скомпенсированный положительный заряд ионов донорной примеси, а в р- области после ухода дырок, остаётся не скомпенсированный отрицательный заряд ионов акцепторной примеси.
3. Отрицательный заряд р- области и положительный заряд n- области принадлежат неосновным носителям (электронам и дыркам соответственно), возникающим в полупроводниках в результате термогенерации.
4. Подвижность электронов больше чем у дырок, из-за чего р- область заряжается отрицательно относительно n- области.

2. Как зависит барьерная ёмкость р-п перехода и её толщина от концентрации донорной и акцепторной примесей?

1. Ёмкость р-п перехода и её толщина не зависят от концентрации примесей.
2. С ростом концентрации и толщина и ёмкость р-п перехода растут.
3. С ростом концентрации толщина р-п перехода увеличивается, а ёмкость уменьшается.
4. С ростом концентрации толщина р-п перехода уменьшается, а ёмкость увеличивается.

3. От чего зависит ток насыщения р-п перехода?

1. От температуры.
2. От ширины запрещенной зоны.

3. От ширины запрещенной зоны и температуры.
 4. От концентрации донорной и акцепторной примесей.
 - 4. Почему силовые диоды не выпрямляют высокочастотные напряжения?**
 1. У них большая барьерная ёмкость, которая шунтирует сопротивление р-п перехода.
 2. У них большая диффузионная ёмкость.
 3. Это связано с большой концентрацией основных носителей.
 4. Это связано с малым временем жизни неосновных носителей.
 - 5. Чем отличаются ВЧ, СВЧ и импульсные диоды от силовых диодов?**
 1. У них большие барьерная и диффузионная ёмкости.
 2. У них время жизни неосновных носителей больше.
 3. У них барьерная и диффузионная ёмкости меньше, чем у силовых.
 4. Они изготовлены из слаболегированных полупроводников.
 - 6. В каком случае на контакте металла с полупроводником n – типа образуется потенциальный барьер?**
 1. Если работа выхода металла больше чем у полупроводника.
 2. Работа выхода металла меньше чем у полупроводника.
 3. Если работы выхода металла и полупроводника одинаковы.
 4. Если полупроводник является вырожденным.
 - 7. Чем отличаются полупроводники, из которых изготавливают туннельные диоды от полупроводников для изготовления силовых диодов?**
 1. Они слабо легированы.
 2. У них большая ширина запрещённой зоны.
 3. Они высоко легированы.
 4. У них малая ширина запрещённой зоны.
 - 8. Чем отличается ВАХ диода Ганна от ВАХ туннельного диода?**
 1. У диода Ганна на прямой и обратной ветвях ВАХ имеются участки с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
 2. У туннельного диода на обратной ветви ВАХ имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
 3. У туннельного диода на обратной и прямой ветвях ВАХ имеются участки с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
 4. У диода Ганна только на обратной ветви ВАХ имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.
 - 9. На чём основана работа светодиодов?**
 1. На явлении термогенерации свободных носителей.
 2. На явлении безизлучательной рекомбинации свободных носителей.
 3. На явлении излучательной рекомбинации свободных носителей.
 4. На явлении инжекции дырок под действием внешнего поля.
- Модуль 2.**
- 10. На чём основана работа фотодиодов?**
 1. На явлении безизлучательной рекомбинации свободных носителей.
 2. На явлении излучательной рекомбинации свободных носителей.
 3. На явлении фотопроводимости.
 4. На явлении инжекции электронов под действием внешнего поля.
 - 11. Какое условие необходимо для генерации лазерного излучения в инжекционном лазере?**
 1. Ток неосновных носителей должен быть больше некоторого порогового значения.
 2. Ток основных носителей должен быть больше некоторого порогового значения.
 3. Материал, из которого изготовлен лазер, должен быть слабо легирован.
 4. Лазер необходимо возбудить внешним источником света.
 - 12. Какое преимущество имеет светодиод как источник света перед лампой накаливания?**

1. Лампа накаливания излучает монохроматический свет.
2. Лампа накаливания употребляет мало мощности.
3. Светодиод употребляет мало мощности.
4. Лампа накаливания обладает малой инерционностью.

13. На чём основана работа полупроводникового стабилитрона?

1. На экспоненциальной зависимости прямого тока диода от напряжения.
2. На высоком электрическом сопротивлении обратно смещённого диода.
3. На явлении электрического пробоя р-п перехода.
4. На малом сопротивлении прямо смещённого диода.

14. На чём основана работа варикапа?

1. На зависимости диффузионной ёмкости от величины и полярности внешнего напряжения.
2. На зависимости обратного тока р-п перехода от напряжения.
3. На зависимости барьерной ёмкости р-п перехода от обратного напряжения.
4. На зависимости барьерной ёмкости р-п перехода от прямого тока.

15. Какой полупроводник нужен для изготовления диода Ганна?

1. У которого зона проводимости имеет несколько энергетических минимумов.
2. У которого зона проводимости имеет один энергетический минимум.
3. У которого высокое удельное сопротивление.
4. Легированный до состояния вырождения.

16. От чего зависит частота колебаний тока генератора Ганна?

1. От продольных размеров кристалла полупроводника.
2. От поперечных размеров кристалла полупроводника.
3. От степени легирования полупроводника.
4. От подвижности носителей.

17. Как можно уменьшить время жизни неосновных носителей в импульсных диодах?

1. Уменьшить концентрацию акцепторных и донорных примесей.
2. Увеличить концентрацию акцепторных и донорных примесей.
3. Увеличить концентрацию акцепторных и донорных примесей и создать рекомбинационные центры.
4. Уменьшить концентрацию акцепторных и донорных примесей и создать рекомбинационные центры.

18. Чем отличается обращённый диод от обычного диода?

1. Он изготовлен из слаболегированных полупроводников.
2. Одна из областей р-п-перехода легирована слабо, а другая легирована до вырождения.
3. Обе области сильно легированы, но не доведены до вырождения.
4. Обе области сильно легированы, одна вырождена, другая не доведена до вырождения.

19. Токи эмитерного и коллекторного переходов у биполярного транзистора почти одинаковы, за счёт чего происходит усиление сигнала по мощности?

1. За счёт высокого сопротивления эмитерного перехода.
2. За счёт малого сопротивления коллекторного перехода.
3. За счёт малого сопротивления эмитерного перехода и высокого сопротивления коллекторного перехода.
4. За счёт малой толщины базовой области.

20. Чем отличается униполярный транзистор от биполярного?

1. У биполярного транзистора два вывода, у униполярного – три вывода.
2. В биполярном транзисторе ток создаётся только носителями одного типа.
3. В униполярном транзисторе ток создаётся только носителями одного типа.
4. В униполярном транзисторе ток создаётся и электронами, и дырками.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений,

навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий — 5 баллов,
- активное участие на лекциях — 5 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум — 30 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) — 10 баллов.

Практические занятия

- посещение занятий — 5 баллов,
- активное участие на практических занятиях — 5 баллов,
- выполнение домашних работ — 10 баллов,
- выполнение самостоятельных работ — 10 баллов,
- выполнение контрольных работ — 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос — 60 баллов,
- письменная контрольная работа — 30 баллов,
- тестирование — 10 баллов.

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

а) адрес сайта курса: <http://phys.dgu.ru/>

б) основная литература:

1. Троян П.Е. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. — 88 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13949.html>
2. Растворова И.И. Электроника и нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.И. Растворова, В.Г. Терехов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2016. — 205 с. — 978-5-94211-763-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71712.html>
3. Игнатов А.Н. Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Игнатов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. — 410 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55451.html>
4. Орлова М.Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : курс лекций / М.Н. Орлова, И.В. Борзых. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС,

2013. — 50 с. — 978-5-87623-725-5. — Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/56246.html>

5. Драгунов В.П. Микро- и наноэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Драгунов, Д.И. Остертак. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 38 с. — 978-5-7782-2095-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45107.html>
6. Фундаментальные основы процессов химического осаждения пленок и структур для наноэлектроники [Электронный ресурс] / Ф.А. Кузнецов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2013. — 176 с. — 978-5-7692-1272-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/32819.html>
7. Ткалич В.Л. Физические основы наноэлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Л. Ткалич, А.В. Макеева, Е.Е. Оборина. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2011. — 84 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65348.html>
8. Получение наноструктурированных пленок и слоев полупроводников из газовой фазы: Учебное пособие (лабораторный практикум)/ А.М. Исмаилова, Р.А. Рабаданова, Ж.Х. Мурлиевой, И.М. Шапиева - Махачкала: Изд ДГУ, 2012. – 51с.

в) дополнительная литература:

1. Дробот П.Н. Наноэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Н. Дробот. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 286 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72141.html>
2. Природа невоспроизводимости структуры и свойств материалов для микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Бодягин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2005. — 70 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20681.html>
3. Игнатов А.Н. Химико-технологические основы микро и наноэлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Игнатов, И.В. Решетнева. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. — 213 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45490.html>
4. Сушков В.П. Конструирование компонентов и элементов микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс] : компьютерное моделирование оптоэлектронных приборов. Учебно-методическое пособие / В.П. Сушков, Г.Д. Кузнецов, О.И. Рабинович. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2012. — 128 с. — 978-5-87623-565-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56070.html>
5. Брусенцов Ю.А. Материалы твёрдотельной микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Брусенцов, А.М. Минаев, И.С. Филатов. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 80 с. — 978-5-8265-1087-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63861.html>
6. Галочкин В.А Введение в нанотехнологии и наноэлектронику [Электронный ресурс] : конспект лекций / В.А Галочкин. — Электрон. текстовые данные. — Самара: По-

волжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2013. — 364 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71825.html>

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

1. Международная база данных Scopus по разделу физика полупроводников <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика полупроводников <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. Ресурсы МГУ www.nanometer.ru.
7. Методы получения наноразмерных материалов/ курс лекций и руководство к лабораторным занятиям. Екатеринбург. 2007.
8. http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp_sost_SS.pdf
9. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>.
10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
11. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитации (<http://www.fepo.ru/>)
12. <http://www.nanometer.ru/lecture.html?id=165151&UP=156195&TP=USER>

Интернет-ресурсы

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/> Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
2. 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).
3. Доступ к электронной библиотеке 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. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания (доступ будет продлен).
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия,

изданные преподавателями физического факультета МГУ.

12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.
13. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2020 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
14. SCOPUS <https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2020 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2020г. *(доступ будет продлен)*
15. Web of Science - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2020 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г. *(доступ будет продлен)*
16. «Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). - база данных зарубежных – диссертации. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2020г. *(доступ будет продлен)*
17. Sage - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017 <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2020г. *(доступ будет продлен)*
18. American Chemical Society. Доступ продлен на основании сублицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2020г. *(доступ будет продлен)*
19. Science (академическому журналу The American Association for the Advancement of Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2020г. *(доступ будет продлен)*.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по нанотехнологиям;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;

- моделирование процессов формирования материалов из газовой, жидкой и твердой фаз.

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

1. Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

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

1. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием
2. Учебная лаборатория по рентгеновским методам исследования кристаллов и компьютерный класс с выходом в интернет.