



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И 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

Образовательная программа

03.04.02 – Физика

Профиль подготовки:

Физика наносистем

Уровень высшего образования:

Магистратура

Форма обучения:

Очная

Статус дисциплины:

Вариативная по выбору

Махачкала, 2021 год

составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 – Физика (уровень: магистратуры), профиль подготовки: Физика наносистем.

Разработчик(и): 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 «26» июня 2021г., протокол №10.

Зав. кафедрой  Рабаданов М.Х.

На заседании Методической комиссии физического факультета от «26» июня 2021г., протокол №10.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «09» «июля» 2021 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

входит в вариативную часть, по выбору Блока 1 образовательной программы 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						СРС, в том числе экза- мен	Форма проме- жуточной атте- стации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
9	108	16		14	75		78	зачёт

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины, согласно ОПОП ВО, является то чтобы магистры, изучающие данную дисциплину, получили основные сведения и базовые знания: 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.

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.

Студенты, 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 базовой 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 нанoeлектроники.

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 ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения
<p>УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки</p>	<p>ИУК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания.</p> <p>ИУК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям.</p> <p>ИУК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p> <p>ИУК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного разви-</p>	<p><u>Знает:</u> основы планирования профессиональной траектории с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда;</p> <p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - расставлять приоритеты профессиональной деятельности, и совершенствоваться на основе самооценки; - планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; – подвергать критическому анализу проделанную работу; – находить и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития. <p><u>Владеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> навыками выявления стимулов для саморазвития; – навыками определения реалистических целей профессионального роста.

<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>тия.</p> <p>ОПК-1.1. Владеет 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 естественно-научную 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>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать фундаментальные знания в области физики при решении научно-исследовательских задач. - 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 совер-

		шенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области научно-исследовательской деятельности.
<p>ОПК-3. Способен применять знания 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>ОПК-3.1. Владеет основными методиками поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>Знает: - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p> <p>Умеет: - получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p> <p>Владеет: - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.</p>
	<p>ОПК-3.2. Применяет специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональной деятельности.</p>	<p>Знает: - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения исследований и решения профессиональных задач.</p> <p>Умеет: - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач.</p> <p>Владеет: -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач.</p>
<p>ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в об-</p>	<p>ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.</p>	<p>Знает: - методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - возможные варианты</p>
	<p>ОПК -4.2. Предлагает возможные вариан-</p>	

ласти своей профессиональной деятельности.	ты внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности.	внедрения результатов исследований в области профессиональной деятельности. Умеет: - определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований. Владеет: - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции; - методами описания результатов научных исследований для их внедрения.
	ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности	
ПК-3. Способен организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области	ПК-3.1. Способен на основе знаний в соответствующей предметной области определять содержание учебно-проектной деятельности обучающихся	Знает: содержание учебно-проектной деятельности обучающихся; основы организации индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности обучающихся. Умеет: совместно с обучающимися формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности; организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся; - работать в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу. Владеет: способами планирования и осуществления руководства действиями обучающихся в индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности.
	ПК-3.2. Демонстрирует способность организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области.	
	ПК-3.3. Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.	
ПК-5 Способен самостоятельно проводить физические исследования, анализиро-	ПК-5.1. Способен анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной	Знает: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований; правила и

<p>вать, делать научные обобщения и выводы, выдвигать новые идеи, интерпретировать и представлять результаты научных исследований</p>	<p>физики.</p>	<p>условия выполнения работ, технических расчетов, оформления получаемых результатов. Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы. 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>
	<p>ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, 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>ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного состояния.</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния; физические основы структуры и свойств конденсированного состояния; Умеет: пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники. Владеет: методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния; некоторыми диагностические методы исследования конденсированного состояния; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конден-</p>
	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.</p>	
	<p>ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физике конденсированного состояния</p>	
	<p>ПК-6.4. 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>	

		сированного состояния, физических процессов, протекающих в конденсированной среде.
--	--	--

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								
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.	9	3	4			14	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.	9	3	2			12	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
	Итого по модулю 1:		6	6			26	
Модуль 2								
3	Гетеропереходы, Выпрямительные диоды. Стабилитрон. Импульсные, ВЧ и СВЧ диоды. Диоды Шоттки. Полупроводниковые источники и приёмники излучения. Элементы опто-	9	3	2			14	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях

	электроники на основе квантово-размерных структур. Лазеры на двойных гетеро структурах. Фотоприемники на квантовых ямах.							
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.	9	3	2			12	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
	Итого по модулю2:		6	4			26	
Модуль 3								
5	Современное состояние и перспективы развития микро- и нанoeлектроники. Получение р-п - перехода формовкой точечного контакта.	9	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	9	2	2			12	Экспресс-опрос перед лекцией и опрос на практических занятиях
	Итого по модулю3:		4	4			26	
Экзамен (подготовка, сдача)								зачет
Итого 108			16	14			78	

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 p-n - 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 p-n - перехода. Вольтамперные характеристики p-n – перехода при прямом и обратном смещениях. Пробой p-n - 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 p-n - перехода формовкой точечного контакта.

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

5. Образовательные технологии.

В

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

Для подготовки к практическим (семинарским) занятиям разработаны учебно-методические пособия.

е

с

с

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

е

Промежуточный контроль.

В течение семестра студенты выполняют:

- 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 студентов

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)	10		
самостоятельное изучение разделов дисциплины	10		
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	14		
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			
выполнение курсовой работы или курсового проекта			
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме			
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах			
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных			
другие виды ТСРС (указать конкретно)			
Итого СРС:	78		

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

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 и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПО-ОП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
<p>УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки</p>	<p>ИУК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует для успешного выполнения порученного задания.</p> <p>ИУК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям.</p> <p>ИУК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков.</p> <p>ИУК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p><u>Знает:</u> основы планирования профессиональной траектории с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда;</p> <p><u>Умеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - расставлять приоритеты профессиональной деятельности, и совершенствоваться на основе самооценки; - планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; – подвергать критическому анализу проделанную работу; – находить и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития. <p><u>Владеет:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> навыками выявления стимулов для саморазвития; – навыками определения реалистических целей профессионального роста. 	<p>Устный опрос</p>
<p>ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педа-</p>	<p>ОПК-1.1. Владеет фундаментальными знаниями в области физики</p>	<p><u>Знает:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития 	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

<p>гоики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</p>		<p>современной физики, а также смежных областей науки и техники;</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 естественно-научную 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 фи-</p>	<p>Умеет: - использовать фундаментальные знания в области физи-</p>	

	<p>зика при решении научно-исследовательских задач.</p>	<p>ки при решении научно-исследовательских задач.</p> <p>- реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p> <p>Владеет:</p> <p>- навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области научно-исследовательской деятельности.</p>	
<p>ОПК-3. Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные продукты и ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет» для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящимися за пределами профильной подготовки.</p>	<p>ОПК-3.1. Владеет основными методиками поиска информации для решения профессиональных задач с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>Знает:</p> <p>- современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.</p> <p>Умеет:</p> <p>- получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p> <p>Владеет:</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		- навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте.	
	ОПК-3.2. Применяет специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональной деятельности.	Знает: - требования к программно-математическому обеспечению для эффективного проведения исследований и решения профессиональных задач. Умеет: - подобрать и применять наиболее оптимальное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач. Владеет: -навыками применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения профессиональных задач.	
ОПК-4. Способен определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.	ОПК-4.1. Определяет ожидаемые результаты научных исследований.	Знает: - методы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - возможные варианты внедрения результатов исследований в	Устный опрос, письменный опрос
	ОПК -4.2. Предлагает возможные варианты внедрения результатов исследований в области профессио-		

	<p>нальной деятельности.</p> <p>ОПК-4.3. Знает области применения результатов научных исследований в своей профессиональной деятельности</p>	<p>области профессиональной деятельности.</p> <p>Умеет: - определять сферу внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности; - определять ожидаемые результаты научных исследований; - определять способы внедрения результатов научных исследований.</p> <p>Владет: - профессиональной терминологией при презентации проведенного исследования и научным стилем изложения собственной концепции; - методами описания результатов научных исследований для их внедрения.</p>	
<p>ПК-3. Способен организовать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся в соответствующей предметной области</p>	<p>ПК-3.1. Способен на основе знаний 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: содержание учебно-проектной деятельности обучающихся; основы организации индивидуальной и совместной учебно-проектной деятельности обучающихся.</p> <p>Умеет: совместно с обучающимися формулировать проблемную тематику учебного проекта; определять содержание и требования к результатам индивидуальной и совместной учебно-</p>	<p>Устный опрос</p>

	<p>ПК-3.3. Разрабатывает план, программы, методы, основные принципы и технологии организации и проведения проектной и учебно-исследовательской деятельности обучающихся.</p>	<p>проектной деятельности; организовывать индивидуальную и совместную учебно-проектную деятельность обучающихся; - работать в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу. Владеет: способами планирования и осуществления руководства действиями обучающихся 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 анализировать и обобщать результаты патентного поиска по тематике проекта в области фундаментальной физики.</p> <p>ПК-5.3. Осуществляет сбор научной информации, готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и отчеты, 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: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений; критерии выбора методов и методик исследований; правила и условия выполнения работ, технических расчетов, оформления полученных результатов.</p> <p>Умеет: проводить испытания, измерения и обработку результатов; регистрировать показания приборов; проводить расчёты критически анализировать результаты делать выводы.</p> <p>Владеет: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований; выполнением оцен-</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		ки и обработки результатов исследования; навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.	
<p>ПК-6. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научных и прикладных физических исследований в области физике конденсированного состояния.</p>	<p>ПК-6.1. Имеет представления о методиках и технологиях физических исследований с помощью современного оборудования.</p>	<p>Знает: методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния; физические основы структуры и свойств конденсированного состояния; Умеет: пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики электрического пробоя; анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники. Владет: методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>
	<p>ПК-6.2. Знает теорию и методы физических исследований в физике конденсированного состояния.</p>		
	<p>ПК-6.3. Знает теорию и методы физических исследований в области физике конденсированного состояния</p>		
	<p>ПК-6.4. 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>		

		физики конденсированного состояния; некоторыми диагностические методы исследования конденсированного состояния; методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физике конденсированного состояния, физических процессов, протекающих в конденсированной среде.	
--	--	---	--

7.2. Типовые контрольные задания и тесты

Примерные контрольные вопросы

1. Образование р-n - перехода. Контактная разность потенциалов.
2. Ширина р-n - перехода. Ёмкость р-n - перехода. Влияние на них внешнего поля.
3. Вольтамперные характеристики р-n - перехода при прямом и обратном смещениях.
4. Пробой р-n - 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-n - 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 ёмкость и эквивалентная схема МДП-структуры.
2. Ёмкостные 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 p-типа – отрицательно?

1. Электроны, перешедшие из n- области заряжают p - полупроводник отрицательно, а положительные дырки, перешедшие из p- 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 p- области после ухода дырок, остаётся не скомпенсированный отрицательный заряд ионов акцепторной примеси.
3. Отрицательный заряд p- 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 p- область заряжается отрицательно относительно n- области.

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

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

3. От чего зависит ток насыщения p-n 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 p-n 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 p-n-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 создаёт только носителями одного типа.
3. В униполярном транзисторе ток создаёт только носителями одного типа.
4. В униполярном транзисторе ток создаётся и электронами, и дырками.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля**

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

Лекции - Текущий контроль включает:

- посещение занятий __10__ бал.
- активное участие на лекциях __15__ бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум __60__ бал.
- и др. (доклады, рефераты) __15__ бал.

Практика - Текущий контроль включает:

(от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий __10__ бал.
- активное участие на практических занятиях __15__ бал.

- выполнение домашних работ __15__ бал.
- выполнение самостоятельных работ __20__ бал.
- выполнение контрольных работ __40__ бал.

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 нанoeлектроника [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 нанoeлектроники [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 нанoeлектроники [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. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Н. Дробот. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный универси-

- тет 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: Поволжский 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.рф/>. 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 госуниверситета.
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.