

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
Учреждение высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной
работе и инновациям
Н.А. Ашурбеков



« 25 » марта 2022г.

Рабочая программа дисциплины

Нanomатериалы и нанотехнологии

по направлению: **03.06.01 физика и астрономия**

по специальности: **1.3.8. Физика конденсированного состояния**

Уровень образования: подготовка научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре

Махачкала 2022

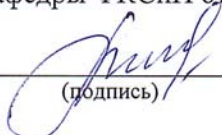
Рабочая программа дисциплины «Наноматериалы и нанотехнологии» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Разработчики: профессор Палчаев Даир Каирович;
профессор Мурлиева Жарият Хаджиевна



Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры ФКСиН от « 19 » марта 2022 г., протокол № 7

/ Зав. кафедрой


(подпись)

Рамазанов М. Х.
(Ф.И.О.)

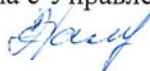
на заседании Методической комиссии физического факультета от « 23 »
марта 2022 г., протокол № 7.

Председатель


(подпись)

Мурлиева Ж. Х.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа дисциплины согласована с Управлением аспирантуры и докторантуры « 25 » марта 2022 г.



Э.Т. Рамазанова

Аннотация

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физико-химических основ и технологических особенностей процессов получения наноматериалов и наносистем, в том числе наноструктурированных композиционных материалов, физической сущности явлений, происходящих в них при воздействии различных факторов, влияющих как на структуру, так и на свойства.

1. Цели и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины – подготовка аспирантов к профессиональной деятельности в сфере науки наноматериалов и нанотехнологий, высшего профессионального образования и в высокотехнологичных отраслях промышленности, создающих инновационную продукцию на уровне современных международных стандартов.

Задачи дисциплины: формирование и углубление целостных представлений о современных аспектах наносистем нанотехнологий и наноматериалов, а также формирование вектора выбранного направления исследований и задач для достижения цели диссертационной работы.

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

- **иметь представление:** об основных понятиях о наносистемах, а так же подходах по созданию наносистем и разработки соответствующих нанотехнологий;
- **знать:** основные особенности формирования наносистем и инновационные методы создания наноматериалов, востребованных в различных областях техники;
- **уметь:** разрабатывать пути и подходы к разработке технологий получения наноматериалов, проводить соответствующие измерения структуры и свойств этих материалов и оптимизировать параметры разрабатываемых технологий.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина Наноматериалы и нанотехнологии относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модуля) по выбору 2 (ДВ.2)» программы аспирантуры по специальности: **1.3.8. Физика конденсированного состояния**

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

В результате освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине (модулю):

Результаты освоения ОП	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
<p>Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Основные методы научно-исследовательской работы. • Методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах, критически оценивать научную информацию. • Анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать результаты реализации этих вариантов; • При решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. • Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.
<p>Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации. • Современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-графические методы исследования. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований. • Навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов. • Навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности.
<p>Способностью к организации и проведению эксперимен-</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Базовые теоретические знания фундаментальных разде-

<p>тальных исследований с применением современных средств и методов, обработке и интерпретации полученных результатов, а так же обосновывать принятое техническое решение, оценивать возможные последствия его внедрения.</p>	<p>лов общей и теоретической физики;</p> <ul style="list-style-type: none"> • физические основы технологии функциональных наноматериалов; • Методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наноматериалов; • Нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР. • Требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики и технологии функциональных наноматериалов; • Использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике технологии наноматериалов; • Пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями формирования наноматериалов. • Представлять научные результаты по теме диссертации в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях. • Готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в выбранной сфере научной деятельности. • Представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес сообществу. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии наноматериалов; • Экспресс анализом и диагностическими методами исследования наноматериалов; • Методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики и технологии функциональных наноматериалов. • Знаниями по разделам физики, необходимым для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. • Методами планирования, подготовки проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по специальности диссертационной работы. • Навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение НИР и проектных работ по специальности диссертационной работы.
---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **2** зачетные единицы, **72** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость в часах				Самостоятельная раб.	Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	Контр. самост. раб		
Модуль 1									
1	Основные методы получения функциональных наноматериалов (порошков, керамики, пленок, пленочных структур, в том числе квантовых ям, проволок и течек).	5	1,2	4				14	
2	Получение нанопорошков методами химической технологии и на ноструктурированной керамики.	5	3-5			5		13	
Рубежная контрольная работа									Контр. работа
<i>Итого по модулю 1: 36ч.</i>				4		5		27	
Модуль 2									
3	Особенности свойств наноструктурированных материалов. Связь свойств со структурой Получение тонких пленок и покрытий методом магнетронного распыления и атомно-слоевого осаждения	5	5,6	4				14	
4	Методы исследования морфологии, структуры и свойств материалов, в том числе оценка размеров наночастиц толщины пленок.	5	7-9			5		13	
Рубежная контрольная работа									Контр. работа
<i>Итого по модулю 2: 36ч.</i>				4		5		27	
Итого: 72 часов				8		10		54	зачет

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

Модуль 1.

Тема 1.

Введение в физику и технологию функциональных материалов. Критерии определения наноматериалов. Классификация наноматериалов: 0D-, 1D-, 2D-структуры. Основные методы получения функциональных наноматериалов (порошков, керамики, пленок, пленочных структур, в том числе квантовых ям, проволок и течек). **(Лекция)**

Тема 2.

Получение нанопорошков методами химической технологии и на наноструктурированной керамики на их основе. **(Лаб. раб.)**

(Самостоятельная работа). Нанотрубки и нанонити. Одностенные и многостенные нанотрубки. Механические свойства углеродных нанотрубок. Электрофизические свойства углеродных нанотрубок. Диаграммы состояния. Механические смеси, твердые растворы. Ограниченный и неограниченный ряд твердых растворов, химические соединения. Правило отрезков. Зависимости свойств от состава при образовании механических смесей, твердых растворов, химических соединений. Плавление и кристаллизация. Феноменологическая и атомная теории диффузии. Особенности плавления наноструктурированных материалов.

Получение наноматериалов и наноструктур. Механохимические методы. Методы конденсации из газовой фазы. Химические методы синтеза – золь-гель метод, сжигания нитраторганических прекурсоров, жидкофазный синтез и др. Подходы, основанные на принципе самосборки. Принципы синтеза сложных наноструктур.

Модуль 2.

Тема 3.

Особенности зонной структуры металлов, полупроводников и диэлектриков в нанокристаллическом состоянии. Особенности свойств наноструктурированных материалов. Связь свойств с особенностями структуры функциональных материалов **(Лекция)**.

Тема 4

Получение тонких пленок и покрытий методом магнетронного распыления и атомно-слоевого осаждения. Методы исследования морфологии, структуры и свойств материалов, в том числе оценка размеров наночастиц толщины пленок. Исследования структуры и морфологии и свойств наноматериалов на NTEGRA- SPECTRA, «Empyrean series 2». Фирма PANanalytical и SEM Aspex **(Лаб. Раб.)**.

Самостоятельная работа. Изменение ширины запрещенной зоны. Модель "частица в потенциальном ящике". Влияние размера частицы на электрические тепловые магнитные и механические свойства. Полупроводниковые наноматериалы. Особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии. Ознакомиться с методами исследования морфологии и элементного состава. Ознакомиться с устройством и принципом работы: растрового, сканирующего и просвечивающего электронных микроскопов; атомно-силового микроскопа. Ознакомиться с устройством и принципом работы рентгеновского дифрактометра. Ознакомиться с методами оценки дисперсности частиц и уточнения структуры методом Ритвельда. Ознакомиться с методами исследования свойств. Ознакомиться с устройствами и принципом работы установок для исследования температурной и частотной зависимостей электрических, тепловых, магнитных, оптических и механических свойств

5. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации обучающегося

Тематика заданий текущего контроля в письменной форме - контрольной работы

№	Тема	Содержание
1	Классификация наноматериалов: 0D-, 1D-, 2D-структуры. Квантовые точки, квантовые проволоки и квантовые колодцы	<p>0D-структуры. Нанокристаллы и нанокластеры.</p> <p>1D-структуры. Нанотрубки и нанонити. Углеродные нанотрубки, строение, методы получения и разделения. Механизмы роста нанотрубок. Одностенные и многостенные нанотрубки. Механические свойства углеродных нанотрубок. Электрофизические свойства углеродных нанотрубок. Нанотрубки на основе сульфида молибдена. Нанонити на основе металлов и сплавов. Методы их получения и механизмы роста. Нанонити, состоящие из двух и более металлов. Способы соединения нанонитей в более сложные структуры;</p> <p>2D-структуры. Тонкие пленки. Самособирающиеся монослои, нанолитография на монослоях, наноматериалы для мембран, темплатный синтез наноструктурированных пленок на основе диоксида кремния, электрохимические подходы к получению нанокристаллических покрытий, распад слоистых структур на отдельные слои в неводных растворителях в присутствии ПАВ, сборка многослойных структур.</p> <p>Стадии роста зерен кристаллов, возможности контроля роста на разных стадиях, способы контролируемого получения нанокристаллов, границы зерен в нанокристаллах, получение монолитных материалов в нанокристаллическом состоянии, фазовые переходы в нанокристаллическом состоянии, деформационные и пластические свойства наноматериалов;</p>
2	Особенности формирования свойств наносистем	<p>Особенности зонной структуры металлов, полупроводников и диэлектриков в нанокристаллическом состоянии. Изменение ширины запрещенной зоны. Модель "частица в потенциальном ящике" для наноструктур "ядро в оболочке". Влияние размера частицы на электрические тепловые магнитные и механические свойства</p> <p>Полупроводниковые наноматериалы. Особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии. Экситонные переходы в спектрах нанокристаллических полупроводников. Оценка размеров наночастиц из спектральных данных. Квантовые выходы люминесценции для ряда нанокристаллических полупроводниковых наноструктур.</p> <p>Магнитные наноматериалы. Влияние размера частицы на магнитные свойства ферромагнетиков. Основные параметры, зависящие от размерного фактора. Изменение коэрцитивной силы с уменьшением размера магнитной частицы. Переход в суперпарамагнитное состояние. Температура блокировки. Оценка размера наночастицы из данных по магнитной восприимчивости. Магнитные свойства наночастиц.</p> <p>Механические свойства. Повышение прочности нанокристаллических металлов. Дефектность вещества в нанокристаллическом состоянии. Повышение пластичности керамических материалов в нанокристаллическом состоянии. Нанодиспер-</p>

		гирование методом сильного деформационного воздействия.
3	Методы получения и применения наноматериалов	<p>Механохимические методы. Методы конденсации из газовой фазы – CVD, плазменная дуга, контролируемое горение.</p> <p>Химические методы синтеза – золь-гель метод, метод сжигания нитраторганических прекурсоров и др.</p> <p>Жидкофазный синтез. Синтез в коллоидных мицеллах. Нанореакторы на основе триоктилфосфиноксида (ТОРО). Темплатный синтез наноматериалов и наноструктур.</p> <p>Подходы, основанные на принципе самосборки. Принципы синтеза сложных наноструктур.</p> <p>Наноструктуры "ядро в оболочке", иерархические наноструктуры.</p> <p>Наносенсоры. Нано- и молекулярная электроника. Фотоника. Устройства на квантовых точках – лазеры, светодиоды. Электронные механические системы (MEMS). Нейронные сети.</p> <p>Наномедицина. Устройства для хранения информации. Каталитические системы.</p> <p>Нанокompозитные материалы. Причины низкой устойчивости веществ в нанокристаллическом состоянии. Способы защиты наночастиц от агрегации и внешних воздействий. Нанокompозиты, полимер-неорганическая наночастица. Наночастицы в неорганических матрицах.</p> <p>Биологические наноматериалы. Биологические нанокompозитные материалы. Примеры биологических наноструктур, встречающихся в живых организмах. Кость как биологический нанокompозит. Молекулярные моторы. Подходы к получению искусственных наноструктур на основе биомолекул. Комплементарность и самосборка. ДНК как темплат для получения искусственных наноструктур. Неорганические наноматериалы и биосовместимость.</p>
4	Методы исследования структуры и свойств наноматериалов	<p>Методами исследования морфологии и элементного состава.</p> <p>Устройством и принципом работы: растрового, сканирующего и просвечивающего электронных микроскопов; атомно-силового микроскопа.</p> <p>Устройство и принцип работы рентгеновского дифрактометра. Метод оценки дисперсности частиц и уточнения структуры по формуле Шеррера и методом Ритвельда соответственно.</p> <p>Методы исследования свойств. Устройства и принципы работы установок для исследования температурной и частотной зависимостей электрических, тепловых, магнитных, оптических и механических свойств.</p>

Тематика заданий текущего контроля в виде выполнения лабораторных работ

№	Тема	Содержание
1	Лабораторная работа (10 часов.) Методы получения наноматериалов	<p>Получение нанопорошков методом химической технологии (4 часа)</p> <p>Получение тонких пленок и покрытий методом магнетронного распыления (6 часов)</p>

2	<p>Лабораторная работа (10 часов)</p> <p>Изучение методов исследования структуры, морфологии и свойств наноматериалов на NTEGRA- SPECTRA, «Empyrean series 2». Фирма PANanalytical и SEM Aspek</p>	<p>Изучение основ сканирующей зондовой микроскопии и принципов работы АСМ в неконтактном режиме. Определение основных параметров силового взаимодействия прибора NTEGRA- SPECTRA и параметров СЗМ эксперимента. Получение топографии поверхности и фазового контраста исследуемого образца (2 часа)</p> <p>Исследования материалов методом комбинационного рассеяния (2 часа).</p> <p>Ознакомление с физическими принципами рентгено-спектрального микроанализа, получение практических навыков работы на рентгеновском порошковом дифрактометре «Empyrean series 2». Фирма PANanalytical с возможностью рентгеноспектрального микроанализа. (2 часа)</p> <p>Ознакомление с физическими принципами сканирующего электронного микроскопа SEM Aspek и рентгенофлуоресцентного анализатора RFA EDX (2 часа) устройствами и принципом работы установок для исследования температурной и частотной зависимостей электрических, тепловых, магнитных, оптических и механических свойств (2 часа).</p>
---	--	--

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

1. Определение понятий нанонаука, наноматериалы и нанотехнологии. Термин “нано-”. Критерии определения наноматериалов: критический размер и функциональные свойства. Размерный эффект. Корреляционный радиус;
2. Классификацию наноматериалов: 0D-, 1D-, 2D-структуры. Квантовые точки, квантовые проволоки и квантовые колодцы;
3. Принципы, на которых основаны методы исследования и интерпретации данных по морфологии, структуре и размеров;
4. Оценка размеров наносистем;
5. Особенности формирования структуры свойств наносистем и наноструктурированных материалов.
6. Оценка размеров наночастиц из дифракционных и спектральных данных;
7. Основные параметры, зависящие от размерного фактора;
8. Области применения наносистем;
9. Химические соединения, испытывающие полиморфные превращения.
10. Правило отрезков. Применение этого правила для определения состава и количества фаз.
11. Зависимость свойств от состава материалов, образующих механические смеси, твердые растворы, в том числе, упорядочивающиеся и химические соединения.
12. Роль диффузии при получении композиционных материалов
13. Процессы, сопровождающие синтез, обжиг, спекание, отжиг материалов.
14. Методы получения нанопорошков и их особенности.
15. Керамическая технология получения композиционных материалов.

Примеры заданий промежуточного контроля

1. Интерпретация соответствующих (примеры) результатов структурных исследований;
2. Особенности свойств низкоразмерных систем;
3. Связь свойств низкоразмерных систем;

4. Особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии;
5. Самособирающиеся монослои, нанолитография на монослоях, наноматериалы для мембран, темплатный синтез наноструктурированных пленок;
6. Нано- и молекулярная электроника;
7. Устройства на квантовых точках – лазеры, светодиоды;
8. Нейронные сети. Наномедицина;
9. Устройства для хранения информации;
10. Каталитические системы. Нанокompозитные материалы.
11. Методы получения тонких пленок и многослойных структур
12. Методы оценки размеров наночастиц толщины пленок.
13. Методы получения наноматериалов.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература

1. Сергеев Н.А. Физика наносистем [Электронный ресурс] : монография / Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2015. — 192 с. — 978-5-98704-833-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33418.html>
2. Витязь П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.А. Витязь, Н.А. Свидуневич. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2010. — 302 с. — 978-985-06-1783-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20108.html>
3. Дмитриев А.С. Нанотехнологии в медицине [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Дмитриев, В.Ю. Науменко, Т.А. Алексеев. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский дом МЭИ, 2012. — 206 с. — 978-5-383-00731-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33180.html>
4. Дзидзигури Э.Л. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э.Л. Дзидзигури, Е.Н. Сидорова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2012. — 71 с. — 978-5-87623-605-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56215.html>
5. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] / В.К. Неволин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2014. — 174 с. — 978-5-94836-382-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26894.html>
6. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Ю.И. Головин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Машиностроение, 2012. — 656 с. — 978-5-94275-662-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18532.html>
7. Тарасова Н.В. Дисперсные системы. Дисперсионный анализ полидисперсных систем [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Н.В. Тарасова. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 25 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57594.html>
8. Физико-химические основы нанотехнологий [Электронный ресурс] : методические указания / . — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 64 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63530.html>
9. Ремпель А.А. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Ремпель, А.А. Валеева. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 136 с. — 978-5-7996-1401-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68346.html>

10. Получение нанопорошков $Y(Ba_{1-x}V_e_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$ методами химической технологии: Учебно-методическое пособие/ Составители: Д.К. Палчаев, Ж.Х. Мурлиева, Ш.Ш. Хидиров, Ш.В. Ахмедов - Махачкала: Изд ДГУ, 2011. – 19с.
11. 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.
12. Рабаданов М.Х., Гасанов Н.Г., Эмиров Р.М. Рентгенодифракционные методы исследования кристаллов: учебное пособие. - Махачкала: Изд. ДГУ, 2014.- 103с.

6.2. Дополнительная литература

1. Тарасова Н.В. Термодинамические основы нанотехнологий. Энтропия, свободная энергия Гиббса [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» / Н.В. Тарасова. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 25 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57620.html>
2. Нажипкызы М. Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. Нажипкызы, Р.Е. Бейсенов, З.А. Мансуров. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 196 с. — 978-5-4486-0164-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73346.html>
3. Прокофьева Н.И. Физические эффекты нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.И. Прокофьева, Л.А. Грибов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 100 с. — 978-5-7264-0745-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23754.html>
4. Рудской А.И. Нанотехнологии в металлургии [Электронный ресурс] / А.И. Рудской. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Наука, 2007. — 186 с. — 978-5-02-025312-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43970.html>
5. Верещагина Я.А. Инновационные технологии. Введение в нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я.А. Верещагина. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009. — 115 с. — 978-5-7882-0778-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61850.html>
1. Головкина М.В. Физические основы нанотехнологий, фотоники и оптоинформатики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.В. Головкина. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 140 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75423.html>
2. Нанотехнологии и специальные материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Ю.П. Солнцев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. — 336 с. — 978-5-93808-296-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67351.html>
3. Прокофьева Н.И. Физические эффекты нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.И. Прокофьева, Л.А. Грибов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 100 с. — 978-5-7264-0745-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23754.html>

4. Нанотехнологии в электронике-3.1 [Электронный ресурс] / И.И. Амиров [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Техносфера, 2016. — 480 с. — 978-5-94836-423-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58864.html>
5. Верещагина Я.А. Инновационные технологии. Введение в нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я.А. Верещагина. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009. — 115 с. — 978-5-7882-0778-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61850.html>
6. Горленко В.А. Научные основы биотехнологии. Часть 1. Нанотехнологии в биологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Горленко, Н.М. Кутузова, С.К. Пятунина. — Электрон. текстовые данные. — М. : Прометей, 2013. — 262 с. — 978-5-7042-2445-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24003.html>

6.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки аспиранта направлению: 03.06.01 физика и астрономия, по специальности: 1.3.8. Физика конденсированного состояния:

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/> Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт 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 библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
4. 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 госуниверситета.
13. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 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 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*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 2017-2018 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 31.12.2017г. (*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 31.12.2017г. (*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 31.12.2017г. (*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 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)

6.4. Программное обеспечение

Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, табличный процессор.

Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

6.5. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

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>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков исследования свойств и обработки данных обеспечивается лабораториями физического практикума Физика и технология функциональных материалов.
2. При проведении занятий используются оснащенные современным технологическим и измерительным оборудованием: лаборатории физического факультета, а также в научно-исследовательских институтах (институт физики и институт проблем геотермии ДНЦ РАН); лаборатории, научно-образовательных центрах факультета (НОЦ по «Физике плазмы» и «Нанотехнологии»), а также в проблемных научно-исследовательских лабораториях кафедр физической электроники и физики твердого тела ДГУ (НИЛ - Физики плазмы и плазменных технологий, МНИЛ - Нанотехнологии и наноматериалы); центре коллективного пользования «Аналитическая спектроскопия»
3. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием.

8. Образовательные технологии

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

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Работа в технологических и исследовательских лабораториях.
- Самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), семинарские занятия, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

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

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

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Основы зонной теории полупроводников» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

По лекционному материалу и лабораторным работам подготовлены учебные пособия:

- Получение нанопорошков $Y(\text{Ba}_{1-x}\text{Ve}_x)_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ методами химической технологии
- Получение наноструктурированных пленок и слоев полупроводников из газовой фазы (совместно с кафедрой физической электроники)

Большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе Power Point, а также с использованием интерактивной доски.

Для реализации самостоятельной работы каждый аспирант обеспечен

- методическими рекомендациями;

- информационными ресурсами (учебными пособиями, индивидуальными заданиями, обучающими программами и т.д.);
- временными ресурсами;
- консультациями преподавателей;
- возможностью публичного обсуждения теоретических или практических результатов, полученные обучающимся самостоятельно (на конференциях, олимпиадах, конкурсах).