



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

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Специальный физический практикум

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем

Образовательная программа
03.03.02 – Физика

Профиль подготовки:
Фундаментальная физика

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
вариативная

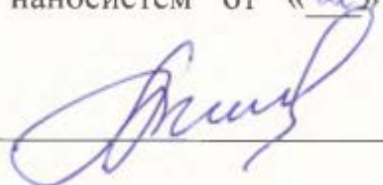
Махачкала 2020

Рабочая программа дисциплины «Специальный физический практикум» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **03.03.02 – Физика** (уровень: бакалавриата, профиль подготовки: Фундаментальная физика от «7» августа 2014г. № 937.

Разработчик(и): Палчаев Д.К., д.ф.-м.н., профессор; Хамидов М.М., д.ф.-м.н., профессор; Гаджимагомедов С.Х., ст. преподаватель.

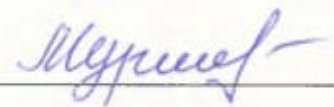
Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «22» 02 2020г., протокол № 6

✓ Зав.кафедрой

 Рабаданов М.Х.

на заседании методической комиссии физического факультета от «28» 02 2020 г., протокол № 6.

Председатель

 Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласовано с учебно-методическим управлением «23» 03 2020 г.

Начальник УМУ

 Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Специальный физический практикум» входит в *вариативную* часть блока Б1. образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 03.03.02 - физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем двух семестрах: 5 и 6 на 3-м курсе и двух семестрах: 7 и 8 на 4-ом курсе Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физикой конденсированного состояния, а именно, с изучением различных типов кристаллических структур, методов исследования структур, изучением аппаратуры и методов рентгенографических исследований. Методов исследования электрических свойств металлов и полупроводников. Изучением различных технологических методов получения ВТСП-керамики методом твердофазного спекания, а так же исследованием ее структуры, морфологии и свойств.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных ОПК– 3; профессиональных ПК–2, ПК–5.

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – отчёт по выполненным работам и итоговый контроль в форме зачёта.

Объем дисциплины **432** часа, **12** зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий в 5 сем. – **72** ч.; 6 сем. -**108** ч.; 7 сем.- **108** ч.; 8 сем. -**144** ч.

Се- местр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консультации			
5	72	0	50	0			22	зачёт
6	108	0	42	0			66	зачёт
7	108	0	54	0			54	зачёт
8	144	0	90	0			54	зачёт
Ито- го	432	0	236	0			196	

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины: формирование у студентов системы знаний по физике конденсированного состояния, общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - Физика.

В результате выполнения спецпрактикума на 3 курсе (5,6 семестры) студенты приобретают знания об основах структурной кристаллографии, реальной структуре кристаллов и методах ее исследования, об источниках и приёмниках рентгеновского излучения и о различных рентгенодифракционных методах исследования структур. Помимо повыше-

ния теоретических знаний в этих областях, студенты получают практические навыки научных исследований и анализа полученных результатов.

В результате выполнения спецпрактикума на 4 курсе (7 семестр) студенты приобретают знания о м. Помимо повышения теоретических знаний в этих областях, студенты получают практические навыки научных исследований и анализа полученных результатов.

В результате выполнения спецпрактикума на 4 курсе (8 семестр) студенты приобретают знания о технологии получения современных функциональных материалов, в том числе, наноструктурированных и методах исследования их структуры, морфологии, плотности и электрических свойств. Помимо повышения теоретических знаний в этих областях, студенты получают практические навыки научных исследований и анализа полученных результатов.

Выполнение спецпрактикума будет способствовать формированию навыков при решении задач и постановке экспериментов с использованием специального современного оборудования и автоматизированных установок, необходимых для расширения кругозора, понимания и дальнейшего изучения различных разделов физики. В конечном итоге, все это направлено на подготовку профессиональных и конкурентоспособных специалистов в области физики конденсированного состояния, способных работать на инженерно-технических должностях в научно-исследовательских лабораториях НИИ, вузов, предприятий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «*Специальный физический практикум*» входит в базовую часть дисциплин по выбору образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) 03.03.02 -физика.

Настоящий спецпрактикум предназначен для подготовки бакалавров по направлению «Физика» в соответствии с требованиями, отраженными в государственных образовательных стандартах. Особенность программы состоит в фундаментальном характере изложения дисциплины с целью не только сообщения студентам определенной суммы конкретных сведений, но и формирования у них физического мировоззрения как базы общего естественно - научного и развития соответствующего способа мышления.

Совокупность приобретенных знаний может быть полезной при создании и аттестации эксплуатационных характеристик новых конструкционных материалов. Наряду с выше изложенным, настоящий спецпрактикум необходим для облегчения усвоения студентами других разделов физики конденсированного состояния.

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

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОПК-3	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	Знает: - фундаментальные разделы общей и теоретической физики, в том числе: основы кристаллографии, природу и свойства рентгеновского излучения; дифракцию рентгеновских лучей; основы рентгеноструктурного анализа; - базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и

		теоретической физики; • классификацию твёрдых тел по электропроводности и по структуре энергетических зон; • принцип работы различных твердотельных электронных приборов. • основные свойства сверхпроводников; • основные понятия, и законы курса общей химии; • основные технологии получения керамики методом твердофазного спекания; • основы методов получения: нанопорошков; • методы оценки плотности образцов Умеет: • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию о реальной структуре твердого тела, влиянии дефектов на его электрофизические свойства; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для обработки результатов физических экспериментов; • применять полученные знания в области исследования и расшифровки результатов рентгенографических исследований, а также при интерпретации свойств наносистем; • проводить теоретические оценки (расчеты) погрешности экспериментальных результатов. • применять полученные знания в области исследования и расшифровки результатов рентгенографических исследований; • проводить количественные расчеты химических реакций для твердофазного метода и метода сжигания глицин-нитратных прекурсоров; • получать нанопорошки и нанокерамику; • реализовать метод гидростатического взвешивания для оценки плотности образцов. Владеет: • методами и навыками обработки
--	--	---

		экспериментальных результатов; • навыками работы с пакетом современных компьютерных программ; • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области рентгенографии кристаллов и их физических свойств; • методами исследования свойств диэлектриков, полупроводников и металлов; • способностью интерпретировать экспериментальные результаты в рамках признанных положений теории. • технологиями получения нанопорошков, микро- и нано керамики; • методами исследования структуры и свойств полученных материалов.
ПК-2	способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2);	Знает: • основы методов рентгеноструктурного анализа; • методы исследования электропроводности, подвижности и концентрации носителей заряда, а также ширину запрещенной зоны; • методы исследования электропроводности, подвижности и концентрации носителей заряда, а также ширину запрещенной зоны; • основные методы получения керамики методом твердофазного спекания; методом компактирования; • основные методы получения: нанопорошков; • принцип работы сканирующего электронного микроскопа; • принцип работы прессы и программируемых высокотемпературных печей. Умеет: • анализировать устройство используемых приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники; • готовить порошки для твердофазного спекания и осуществлять полный

		технологический цикл; • получать нанопорошки различной дисперсности и нанокерамику; • проверять керамику на наличие эффекта Мейснера; • проводить исследования плотности и пористости керамики; • применять полученные знания в области исследования и расшифровки результатов рентгенографических исследований; • проводить исследования на установке для исследования электросопротивления при низких температурах; • наносить контакты и проверять их омичность. Владеет: • навыками исследования физических процессов, протекающих в твердых телах в различных средах; • технологиями получения нанопорошков, микро- и нано- керамики; • методами термообработки и насыщения порошков кислородом; • методами исследования структуры и свойств полученных материалов. • методом исследования сопротивления 4х-зондовым способом; • навыками проведения научных исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; • способностью анализировать влияния структуры на особенности физических свойств материалов.
ПК-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований (ПК-5);	Знает: • современные методы обработки, анализа и синтеза информации, полученной в эксперименте; • различные модели и методы теоретических расчетов структур и свойств конденсированных сред; • различные методы исследования структуры; виды дефектов структуры и методы их исследований. Умеет: • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза

		физической информации в области исследования структуры и свойств твердых тел; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач при исследованиях свойств твердых тел с учетом отечественного и зарубежного опыта; • проводить научные исследования в области прогнозирования свойств новых функциональных материалов с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; • применять полученные знания при решении задач на семинарских занятиях и при выступлении на студенческих научных форумах. Владеет: • навыками решения задач по исследованию структуры и её совершенства; • современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики конденсированных сред; • навыком прогнозирования свойств при создании новых материалов; • навыками определения размера наночастиц; свойств веществ в зависимости от условий термообработки и кислородной стехиометрии и структуры; • современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики конденсированных сред.
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

3 курс

4.1. Объем дисциплины составляет 5 зачётных единиц, **180** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах))	Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
----------	-------------------	---------	--------------------	---	--

				Трудоемкость, час	Лекции	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.	Форма промежу- точной аттестации (по семестрам)
Модуль1								
1	Симметрия, элементы симметрии и симметрические преобразования. Общие понятия	5	1-4	18	0	12	6	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
2	Расчет некоторых кристаллографических постоянных для решеток кристаллов кубической сингонии	5	5-8	18	0	12	6	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
	Итого по модулю 1			36	0	24	12	Зачёт
Модуль2								
3	Установка кристалла, нахождение индексов ребер и граней кристалла. Координатные системы в кристаллах	5	9-12	18	0	13	5	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
4	Исследование дефектов структуры кристаллов полупроводников методом химического травления	5	13-16	18	0	13	5	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
	Итого по модулю 2			36	0	26	10	
	Итого: 5 семестр			72	0	50	22	Зачёт
Модуль 1								
1.	Изучение рентгеновского дифрактометра Panalytical Empyrian series 2.	6	1-2	18	0	7	11	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
2	Исследование характеристического рентгеновского излучения	6	3-4	18	0	7	11	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
	Итого по модулю 1			36	0	14	22	
Модуль 2								
3	Установление вещества по данным о межплоскостных расстояниях	6	5-6	18	0	7	11	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
4	Определение параметра элементарной ячейки кристаллов с кубической решеткой	6	7-8	18	0	7	11	Опрос и письменный отчет о выполненной работе
	Итого по модулю 2			36	0	14	22	
Модуль 3								
5	Расчёт дебаеграммы для определения типа и параметра решетки	6	9-10	18	0	7	11	Опрос и письменный отчет о выполненной работе

6	Исследование состава твёрдого раствора с помощью рентгеновского дифрактометра	6	11-12	18	0	7	11	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
	Итого по модулю 3			36	0	14	22	
	Итого: 6 семестр			108	0	42	66	Зачёт
	Итого:			180	0	92	88	

4 курс

4.1. Объем дисциплины составляет 7 зачётных единиц, 252 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учеб. раб., вклю- чая самост. раб.студ. и трудоемкость (в часах)				Форма текущего кон- троля успеваемости. (по неделям семестра.) Форма промежуточной аттестации (по неделям семестра)
				Трудо- емкость,	Лекции	Лаборн. зан.	самост. работа	
Модуль 1								
1.	Определение ширины запре- щенной зоны полупроводни- ков из температурной зависи- мости проводимости	7	2-3	14	0	8	6	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
2	Определение энергетической глубины примесных центров полупроводников из темпера- турной зависимости проводи- мости.	7	4	14	0	8	6	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
3	Исследование эффекта Холла и определение концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках	7	5	8	0	4	4	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
	Итого по модулю 1			36	0	20	16	
Модуль 2								
4	Определение подвижности и знака свободных носителей заряда в полупроводниках ме- тодом эффекта Холла	7	6	10	0	4	6	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
5	Исследование спектров соб- ственного краевого и при- месного оптического погло- щения и определение ширины запрещенной зоны полупро- водников	7	7-8	16	0	8	8	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
6	Исследование зависимости ширины запрещенной зоны от размеров наночастиц	7	9	10	0	4	6	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
	Итого по модулю 2			36	0	16	20	

Модуль 3								
7	Собственная и примесная фотопроводимость, определение времени жизни свободных носителей заряда по кинетики фотопроводимости.	7	10-11	12	0	8	6	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
8	Исследование люминесценции полупроводников и наносистем. Определение механизмов люминесценции.	7	12-13	13	0	8	6	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
9	Подготовка и приём зачётов	7	14	14	0	2	6	Устный опрос
	Итого по модулю 3			36	0	18	18	Отчет по работе
	Итого за 7 семестр			108	0	54	54	Зачёт
Модуль 1								
1.	Изучение работы на рентгеновском дифрактометре PANanalytical. «Empyreanseries 2» и способа подготовки образцов для исследования.	8	1	12	0	8	4	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
2	Изучение работы настольного сканирующего электронного микроскоп-анализатора ASPEXExpress и Спектрометра EDX 800 HS		2	12	0	8	4	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
3	Изучение работы камерной программируемой высокотемпературной печи LF-1514 и профилометра П300	8	3	12	0	8	4	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
	Итого по модулю 1			36		24	12	
Модуль 2								
4	Изучение работы гидравлического пресса «OMA 665-666» (WERTHERINTERNATION).	8	4	12	0	8	4	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
5	Изучение методов и экспериментальных установок для исследования электрических свойств керамических образцов.	8	5	13	0	8	5	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
6	Изучение метода насыпной плотности порошков; плотности, пористости и водопоглощения керамик методом гидростатического взвешивания.	8	6	11	0	6	5	Опрос и письменный отчёт о выполненной работе
	Итого по модулю 2			36	0	22	14	Отчет по работе
Модуль 3								

7	Изучение метода твердофазного спекания керамики. Расчет навесок. Синтез и спекание керамики.	8	7-8			12	7	Опрос
8	Насыщение образцов кислородом. Проверка эффекта Мейснера. Изучение дифрактограмм и фазовый анализ.	8	9-10			10	7	Результаты исследований.
	Итого по модулю 3			36		22	14	
Модуль 4								
9	Изучение дифрактограмм и морфологии керамики. Измерения плотности керамики	8				6	4	Результаты исследований.
10	Исследования электросопротивления керамики в вакууме от азотных до комнатных температур.	8				8	5	Результаты исследований.
11	Исследования электросопротивления и теплового расширения керамики от комнатных температур.	8				8	5	Результаты исследований.
	Итого по модулю 4	8		36		22	14	Отчёт по работе
	Итого за 8 семестр			144		90	54	Зачёт
	Итого:							

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

4.3.1. Содержание лабораторных занятий по дисциплине 5 семестр

Модуль 1

Работа №1. Симметрия, элементы симметрии и симметрические преобразования. Общие понятия.

Работа №2. Расчет некоторых кристаллографических постоянных для решеток кристаллов кубической сингонии.

Модуль 2

Работа №3. Установка кристалла, нахождение индексов ребер и граней кристалла. Координатные системы в кристаллах.

Работа №4. Исследование дефектов структуры кристаллов полупроводников методом химического травления.

4.3.2. Содержание лабораторных занятий по дисциплине 6 семестр

Модуль 1

Работа №1. Изучение рентгеновского дифрактометра Panalytical Empyrian series 2.

Работа №2. Исследование характеристического рентгеновского излучения.

Модуль 2

Работа №3. Установление вещества по данным о межплоскостных расстояниях.

Работа №4. Определение параметра элементарной ячейки кристаллов с кубической решёткой.

Модуль 3

Работа №5. Расчёт дебаеграммы для определения типа и параметра решётки.

Работа №6. Исследование состава твёрдого раствора с помощью рентгеновского дифрактометра.

4.3.3. Содержание лабораторных занятий по дисциплине 7 семестр

Номер работы	Наименование лабораторных работ	Всего часов
Модуль 1		
1	Определение ширины запрещенной зоны полупроводников из температурной зависимости проводимости	8
2	Определение энергетической глубины примесных центров полупроводников из температурной зависимости проводимости.	8
3	Исследование эффекта Холла и определение концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках	4
Модуль 2		
4	Определение подвижности и знака свободных носителей заряда в полупроводниках методом эффекта Холла	4
5	Исследование спектров собственного краевого и примесного оптического поглощения и определение ширины запрещенной зоны полупроводников	8
6	Исследование зависимости ширины запрещенной зоны от размеров наночастиц	4
Модуль 3		
7	Собственная и примесная фотопроводимость, определение времени жизни свободных носителей заряда по кинетики фотопроводимости	8
8	Исследование люминесценции полупроводников и наносистем. Определение механизмов люминесценции	8
9	Приём зачёта	2

4.3.3. Содержание лабораторных занятий по дисциплине 8 семестр

Номер работы	Наименование лабораторных работ	Всего часов
Модуль 1		
1	Изучение работы рентгеновского дифрактометра Подготовка образцов для исследования на дифрактометре (порошки, керамика).	4
2	Расшифровка дифрактограммы эталонного образца монокристалла	4

	YBa₂Cu₃O_{7-δ} : определение параметров элементарной ячейки YBa₂Cu₃O_{7-δ} - кристалла с перовскитоподобной решёткой, фазового состава,	
3	Расчет размеров кристаллитов по полуширине пиков.	4
4	Изучение работы настольного сканирующего электронного микроскоп-анализатора ASPEXExpress	4
5	Изучение работы спектрометра EDX 800 HS	4
6	Изучение работы профилометра и режимов камерной программируемой высокотемпературной печи LF-1514	4
Модуль 2		
6	Изучение работы гидравлического пресса «ОМА 665-666» (WERTHERINTERNATION и пробное прессование эталонных порошков.	8
7	Изучение метода и экспериментальной установки для одновременного исследования электросопротивления и теплового расширения керамических образцов.	4
8	Изучение метода и автоматизированной экспериментальной установки для исследования электросопротивления керамических образцов в вакууме от азотных температур.	4
9	Изучение метода гидростатического взвешивания.	2
10	Определение насыпной плотности порошков; плотности, пористости и водопоглощения керамик.	4
Модуль 3		
11	Изучение метода и получение керамики методом твердофазного спекания. Расчет и взвешивание навесок.	4
12	Прессование, синтез и спекание керамики различной плотности.	8
13	Термообработка и насыщения образцов кислородом.	6
14	Проверка эффекта Мейснера. Изучение дифрактограмм и фазовый анализ керамических образцов.	4
Модуль 4		
15	Изучение дифрактограмм и морфологии полученной керамики. Измерения плотности керамики	6
16	Исследования электросопротивления полученных образцов керамики в вакууме от азотных до комнатных температур.	4
17	Одновременные исследования (<i>insitu</i>) электросопротивления и теплового расширения полученных образцов керамики методом кварцевого дилатометра от азотных до комнатных температур .	8
18	Анализ результатов исследования, оценка погрешностей, пересчет значений на нулевую пористость.	4

5. Образовательные технологии:

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентного подхода дисциплины предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В течение семестра студенты последовательно решают проблемы согласно разработанному плану. Зачет выставляется после выполнения всех лабораторных работ, обработки и анализа экспериментальных данных. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся, и, в целом, в учебном процессе по данной дис-

циплине они в часах должны составлять не менее 30% от общего количества часов аудиторных занятий.

Для выполнения физического практикума и подготовке к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся. В процессе лабораторного практикума используется умение студентов производить расчеты с помощью средств вычислительной техники, что позволяет существенно приблизить уровень статистической культуры обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты закрепляют навыки (приобретенные на 1-2 курсах) по использованию статистических методов обработки результатов наблюдений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа является важнейшим компонентом образовательного процесса, формирующим личность студента, развивающим его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к лабораторному практикуму, в выполнении домашнего задания выданного на практических занятиях, в широком использовании информационных технологий для выполнения поставленной задачи.

Для облегчения самостоятельной работы студентов, наряду с рекомендованной основной и дополнительной литературой, изданы учебные пособия: «Структурная кристаллография и методы исследования кристаллов» и «Рентгенодифракционные методы исследования кристаллов».

Самостоятельная работа студентов, предусмотрена учебным планом в объеме не менее 50%, в том числе подготовка к экзаменам и зачетам, от общего количества часов. Она необходима для более глубокого усвоения изучаемого курса, формирования навыков исследовательской работы и умение применять теоретические знания на практике. Самостоятельная работа должна носить систематический характер. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос, проверка письменных работ и т.д.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- повторения пройденного материала;
- подготовки к лабораторно-практическим работам;
- оформления лабораторно-практических работ (заполнение таблиц, решение задач, написание выводов);
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написания рефератов по проблемам дисциплины "Физика конденсированного состояния".

Примерные вопросы для самостоятельной работы по дисциплине 5 семестр.

Модули 1 и 2

1. Узловая прямая.
2. Кристаллографическая плоскость.
3. Элементарная ячейка.

4. Постоянные решетки.
5. Виды симметрических преобразований.
6. Назовите отличительные особенности кристаллического и аморфного состояний
7. Сформулируйте теоремы о сложении элементов симметрии
8. Чем отличаются точечные группы от пространственных групп?
9. Чему равны координационные числа и число атомов, приходящиеся на одну ячейку для различных решеток?
10. Как обозначаются индексы узла, направления и плоскости в трехосной и четырехосной системах координат?
11. По каким формулам вычисляются объём элементарной ячейки, период идентичности, расстояние и угол между плоскостями?
12. Какая связь между линейными и угловыми параметрами элементарных ячеек прямой и обратной решеток?
13. Какова природа ионной, ковалентной, металлической и межмолекулярной связей?
14. Структуры, каких типов образуются с помощью названных типов связей?
15. Какие методы существуют для исследования структуры кристаллов? Назовите их преимущества и недостатки.
16. Какие дефекты структуры существуют в реальных кристаллах?
17. Какими методами можно исследовать совершенство структуры?

Примерные вопросы для самостоятельной работы по дисциплине 6 семестр.

Модули 1-3

18. Рентгеновские аппараты.
19. Типы конструкций рентгеновских трубок.
20. Спектр в рентгеновском диапазоне.
21. Поглощение и рассеяние рентгеновских лучей в веществе.
22. Линейные коэффициенты поглощения, зависимость от длины волны и атомного номера.
23. Избирательное поглощение и фильтры
24. "Геометрическая" теория дифракции на трехмерной решетке рассеивающих центров.
25. Уравнение Вульфа-Брэгга.
26. Основные дифракционные схемы в представлении обратной решетки: метод Лауэ, метод порошка, метод вращения (качания), методы широко расходящегося пучка, дифрактометрия поликристаллического объекта и монокристалла.
27. Интенсивность рентгеновских рефлексов.
28. Рассеяние одной элементарной ячейкой.
29. Структурная амплитуда, вывод общего выражения
30. Этапы анализа неизвестной структуры.
31. Последовательность применения различных схем съемки при определении сингонии, решетки Браве, точечной и пространственной групп, числа атомов в элементарной ячейке.
32. Экспериментальные и расчетные методы определения координат атомов в ячейке.

Примерные вопросы для самостоятельной работы по дисциплине 7 семестр.

Модуль 1

33. Зонная модель твердых тел
34. Ширина запрещенной зоны
35. Собственный полупроводник
36. Примесный полупроводник
37. Донорные и акцепторные примеси.
38. Биполярная и монополярная проводимость полупроводников.
39. Энергетическая глубина примесных уровней.

40. Температурная зависимость проводимости
41. Эффект холла.
42. Подвижность.
43. Постоянная Холла
44. Методы исследования эффекта холла
45. Каков механизм проводимости полупроводников?

Модуль 2

46. Какова связь проводимости и подвижности носителей заряда?
47. Какова природа эффекта Холла? Определить постоянную Холла.
48. Каковы основные типы химической связи?
49. Какие предположения составляют основу зонного приближения?
50. Каковы основные отличия энергетических спектров металлов и полупроводников?
51. Как формируются мелкие примесные уровни?
52. п-р переходы и их свойства.
53. Причины искривления зон при образовании п-р перехода?

Модуль 3

54. Что такое плотность квантовых состояний?
55. Какова зависимость плотности квантовых состояний от энергии?
56. Распределение Ферми-Дирака для равновесных электронов и дырок. Уровень Ферми.
57. Получить общие формулы для концентраций равновесных электронов и дырок.
58. Положение уровня Ферми в собственном полупроводнике.
59. Оптическое поглощение, закон Бугера-Ламберта?
60. Каковы основные механизмы поглощения электромагнитных волн?
61. Каковы основные типы междоупонного поглощения?
62. Что представляет собой экситонное поглощение?
63. Люминесценция, механизмы люминесценции?
64. Особенности свойств наночастиц?
65. Фотопроводимость, типы фотопроводимости?

Примерные вопросы для самостоятельной работы по дисциплине 7 семестр.

Модуль 1

Изучение лабораторного оборудования

66. Изучение работы рентгеновского дифрактометра
67. Метод определения параметров решетки.
68. Метод Дебая-Шерера определения размеров кристаллитов.
69. Изучение описания к настольному сканирующему электронному микроскоп-анализатору ASPEXpress.
70. Изучение описания к спектрометру EDX 800 HS
71. Изучение описания к профилометру и программируемой высокотемпературной печи.

Модуль 2

Изучение методик исследования и экспериментальных установок

72. Изучение описания к гидравлическому прессу.
73. Изучение метода одновременного исследования.
74. электросопротивления и теплового расширения твердых тел.
75. Изучение метода исследования электросопротивления керамических образцов в вакууме от азотных температур.
76. Основы метода гидростатического взвешивания.

Модуль 3.

Получение ВТСП-керамики YBCO методом твердофазного спекания микронных порошков с оптимальной кислородной стехиометрией

77. Изучение метода получения керамики методом твердофазного спекания.
78. Изучение основных свойств сверхпроводников первого и второго рода. Эффект Мейснера-Оксенфельда.
79. Особенности формирования и механизмы проводимости в полупроводниковых и сверхпроводящих материалах.

Модуль 4.

Исследование структуры, морфологии и электрических свойств ВТСП-керамики

80. Расчеты плотности и пористости образцов.
81. Расчеты эффективных значений электросопротивления пористых образцов.
82. Анализ результатов исследования электросопротивления, оценка погрешностей, пересчет значений на нулевую пористость
83. Составление отчета по проделанным исследованиям.

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.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-3	Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.	Знает: - фундаментальные разделы общей и теоретической физики, в том числе: основы кристаллографии, природу и свойства рентгеновского излучения; дифракцию рентгеновских лучей; основы рентгеноструктурного анализа; - базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; - классификацию твёрдых тел по электропроводности и по структуре энергетических зон; - принцип работы различных твердотельных электронных приборов. - основные свойства сверхпроводников; - основные понятия, и законы курса общей химии; - основные технологии получения	Устный опрос

		керамики методом твердофазного спекания; • основы методов получения: нанопорошков; • методы оценки плотности образцов Умеет: • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию о реальной структуре твердого тела, влиянии дефектов на его электрофизические свойства; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для обработки результатов физических экспериментов; • применять полученные знания в области исследования и расшифровки результатов рентгенографических исследований, а также при интерпретации свойств наносистем; • проводить теоретические оценки (расчеты) погрешности экспериментальных результатов. • применять полученные знания в области исследования и расшифровки результатов рентгенографических исследований; • проводить количественные расчеты химических реакций для твердофазного метода и метода сжигания глицин-нитратных прекурсоров; • получать нанопорошки и нанокерамику; • реализовать метод гидростатического взвешивания для оценки плотности образцов. Владеет: • методами и навыками обработки экспериментальных результатов; • навыками работы с пакетом современных компьютерных программ; • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области рентгенографии кристаллов и их физических свойств; • методами исследования свойств ди-	
--	--	---	--

		электриков, полупроводников и металлов; • способностью интерпретировать экспериментальные результаты в рамках признанных положений теории. • технологиями получения нанопорошков, микро- и нано керамики; • методами исследования структуры и свойств полученных материалов.	
ПК-2	Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Знает: • основы методов рентгеноструктурного анализа; • методы исследования электропроводности, подвижности и концентрации носителей заряда, а также ширину запрещенной зоны; • методы исследования электропроводности, подвижности и концентрации носителей заряда, а также ширину запрещенной зоны; • основные методы получения керамики методом твердофазного спекания; методом компактирования; • основные методы получения: нанопорошков; • принцип работы сканирующего электронного микроскопа; • принцип работы прессы и программируемых высокотемпературных печей. Умеет: • анализировать устройство используемых приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники; • готовить порошки для твердофазного спекания и осуществлять полный технологический цикл; • получать нанопорошки различной дисперсности и нанокерамику; • проверять керамику на наличие эффекта Мейснера; • проводить исследования плотности и пористости керамики; • применять полученные знания в области исследования и расшиф-	Устный опрос, письменный опрос

		ровки результатов рентгенографических исследований; • проводить исследования на установке для исследования электросопротивления при низких температурах; • наносить контакты и проверять их омичность. Владеет: • навыками исследования физических процессов, протекающих в твердых телах в различных средах; • технологиями получения нанопорошков, микро- и нано- керамики; • методами термообработки и насыщения порошков кислородом; • методами исследования структуры и свойств полученных материалов. • методом исследования сопротивления 4х-зондовым способом; • навыками проведения научных исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; • способностью анализировать влияния структуры на особенности физических свойств материалов.	
ПК-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Знает: • современные методы обработки, анализа и синтеза информации, полученной в эксперименте; • различные модели и методы теоретических расчетов структур и свойств конденсированных сред; • различные методы исследования структуры; виды дефектов структуры и методы их исследований. Умеет: • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области исследования структуры и свойств твердых тел; • применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач при исследованиях свойств твердых тел с учетом оте-	Устный опрос, письменный опрос

		чественного и зарубежного опыта; • проводить научные исследования в области прогнозирования свойств новых функциональных материалов с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; • применять полученные знания при решении задач на семинарских занятиях и при выступлении на студенческих научных форумах. Владеет: • навыками решения задач по исследованию структуры и её совершенства; • современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики конденсированных сред; • навыком прогнозирования свойств при создании новых материалов; • навыками определения размера наночастиц; свойств веществ в зависимости от условий термообработки и кислородной стехиометрии и структуры; • современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики конденсированных сред.	
--	--	---	--

7.2. Типовые контрольные задания

Контрольные вопросы для самостоятельной работы

1. Физические причины, обуславливающие особенности проявления свойств наноструктур.
2. Факторы, обеспечивающие высокую химическую активность наночастиц, кинетику их взаимодействия.
3. Примеры элементов структуры с наноразмерами, обеспечивающие
4. особенности свойств изделий.
5. Модели строения наночастиц. Условия проявления кристаллической
6. упаковки в рентгеноаморфных наноструктурах.
7. Реальное содержание кристаллических граней наночастиц.
8. Движущая сила и условия процесса зарождения твердой фазы наночастицы.
9. Основные необратимые процессы.
10. Способы стабилизации внешних возмущений и внутренних флуктуаций.
11. Реализация гомогенного зародышеобразования наночастиц.

12. Особенности и условия гетерогенного зародышеобразования. Переход гомогенного зародышеобразования в гетерогенное.
13. Последствия высокой неравновесности процесса образования новой твердой фазы.
14. Условия сохранения наноструктуры в неравновесных процессах.
15. Методы сохранения наночастиц, их структуры и размеров.
16. При каких размерах наночастиц классические законы и законы квантовой химии не приемлемы?
17. Типы структур, реализуемые в наносистемах.
18. Структурно-неоднородные наночастицы с когерентными границами раздела.
19. Причины многообразия структурных элементов наночастиц.
20. Теоретические предпосылки структурной неоднородности наносостояния.
21. Важнейшее следствие анализа полученных результатов изучения морфологии структурных элементов.
22. На каких оксидах проверялся процесс делокализации частиц в зависимости от их размера, обоснование выбора оксидов?
23. Сущность метода золь-гель технологии.
24. Механизм формирования геля.
25. Схема получения нанопорошков оксидов металлов золь-гель способом.
26. Схема получения золь-гель способом сферических частиц гелеобразного материала.
27. Зависимость скорости гидролиза и конденсации от различных факторов.
28. Время гелеобразования различных алкоксидов кремния.
29. Влияние растворителя на размер наночастиц.
30. Структура молекул алкоксида металлов.
31. Особенности переработки алкоксидов металлов, стойкость к воде.
32. Влияние кислот и оснований на условия прохождения реакций алкоксидов металлов.
33. Удаление растворителя, влияние критической температуры на структуру гелей.
34. Понятие об аэрогелях, способ их получения.
35. Золь-гель способ получения монооксидных порошков из органометаллических прекурсоров.
36. Золь-гель способ: преимущества и недостатки.
37. Метод реверсирования мицеллы для синтеза нанокристаллических керамических порошков.
38. Схема инверсивной мицеллы.
39. Какие ПАВ применяются для реализации способа реверсирования мицеллы?
40. Достоинства и недостатки метода реверсирования мицеллы.
41. Способ получения керамических наночастиц методом осаждения.
42. Особенности получения наноразмерных керамических частиц из карбидов, нитридов и боридов металлов.
43. Способ получения наноструктурированного нитрида алюминия.
44. Сущность и сфера применения химического синтеза прекерамических полимеров.
45. Особенности превращения органометаллического прекурсора в керамический материал, влияние свободного углерода.
46. Поликарбосиланы и полисилозаны, применяемые для синтеза карбида и нитрида кремния. Структурные химические формулы.
47. Химический синтез феррита висмута, особенности технологического процесса, химические реакции.
49. Метод получения купратного ВТСП
50. Различие металлов, полупроводников и диэлектриков с точки зрения зонной теории.
51. Что представляет собой энергетический спектр электронов в кристалле?

52. Понятие о собственных и примесных полупроводниках.
53. Функция распределения электронов.
54. В чем состоят явления генерации и рекомбинации носителей заряда?
55. Электропроводность полупроводников. Понятие о подвижности носителей.
56. Явление внутреннего фотоэффекта в полупроводниках.
57. Как образуются избыточные носители тока в полупроводниках под действием квантов света?
58. Что такое "темновая" электропроводность полупроводника?
59. Возможные типы переходов электронов при поглощении квантов света.
60. Характер зависимости фототока от светового потока, падающего на фотосопротивление (световая характеристика).
61. Метод исследования вольтамперных и световых характеристик фотосопротивлений в данной работе.
62. Каков физический смысл коэффициента поглощения?
63. Виды оптического поглощения в полупроводниках.
64. Понятие о прямозонных и непрямозонных полупроводниках.
65. Прямые переходы. Диаграмма взаимодействия и законы сохранения для прямых переходов.
66. Непрямые переходы. Диаграмма взаимодействия и законы сохранения для непрямых переходов.
67. Форма края собственного поглощения при прямых переходах.
68. Форма края собственного поглощения при непрямых переходах.
69. Люминесценция полупроводников.
70. Укажите область энергий фотонов, в которой обнаруживаются непрямые переходы в непрямозонном полупроводнике.
71. Какую информацию можно получить из исследований спектров собственного поглощения?
72. Как определить тип оптических переходов в полупроводнике?
73. Что такое оптическая плотность?
74. Как из измерений пропускания рассчитать коэффициент поглощения?
75. Закон Бугера - Ламберта.
76. Что такое внешний фотоэффект
77. Внутренний фотоэффект.
78. Удельная фоточувствительность.
79. Что связывают соотношения Крамерса-Кронига.
80. Что такое коэффициент, пропускания, поглощения.
81. Как выглядит релаксация фотопроводимости при малом уровне возбуждения.
82. В чем отличие поперечной ЭДС в фотоэлектромагнитном эффекте от ЭДС Холла.
83. Почему спектр излучения более узкий, чем спектр поглощения.
84. Виды люминесценции.
85. Принцип работы светодиода.
86. Спонтанное и вынужденное излучение.

Примерные тестовые задания

1. Кристаллическое и аморфное состояние твердого тела:

1. В кристаллическом состоянии расстояние между атомами больше, чем в аморфном.
2. У аморфного вещества существует точка плавления, а у кристаллического не существует;
3. В кристаллическом состоянии атомы расположены во всех направлениях в определенном порядке; 4. В аморфном состоянии существует дальний порядок расположе-

ния атомов; 5. В кристаллическом состоянии расстояния между атомами во всех направлениях одинаковы.

2. Какие элементы симметрии существуют для конечных фигур?

1. Плоскость симметрии, оси симметрии 1,2,3,4,5,6 порядков; 2. Плоскость симметрии, простые оси симметрии 2,3,4,5,6 порядков, зеркальные оси 4,5,6 порядков, центр симметрии; 3. Центр симметрии, простые оси 2,3,4,6 порядков, зеркальные оси 4 и 6 порядков и плоскость симметрии; 4. Простые оси 1,2,3,4,5,6 порядков и зеркальные оси 5,6 порядков, плоскость симметрии; 5. Плоскость симметрии, центр симметрии, простые оси 2,3,4,6,8 и зеркальные оси 4,6 порядков.

3. Чему равно координационное число k и число атомов в элементарной ячейке n для кубической гранецентрированной решетки?

1. $k=8$, $n=8$; 2. $k=10$, $n=3$; 3. $k=12$, $n=4$; 4. $k=6$, $n=4$; 5. $k=12$, $n=1$

4. Определить отрезки, отсекаемые на осях решетки плоскостью (125)

1. 5,2,1; 2. 1,2,5; 3. 2,5,10; 4. 10,5,2; 5. 2,5,1

5. Даны грани (320) и (110). найти символы ребра их пересечения.

1. [010]; 2. [001]; 3. [100]; 4. [110]; 5. [011].

6. Вычислить в кубических ангстремах объём элементарной ячейки тригональной решетки, у которой $a=5\text{Å}$, угол между рёбрами $\alpha=60^\circ$.

1. 43.4; 2. 87.5; 3. 63.6; 4. 94.8; 5. 78.9

7. Определить угол между плоскостями (110) и (101) кубической решетки.

1. 45° ; 2. 60° ; 3. 90° ; 4. 120° ; 5. 145°

8. Определить величину отрезка вдоль направления [322] от начала координат до первого атома в триклинной решетке с параметрами: $a=11\text{Å}$, $b=9\text{Å}$, $c=8\text{Å}$, $\alpha=94^\circ$, $\beta=95^\circ$, $\gamma=96^\circ$

1. 40Å ; 2. 54Å ; 3. 42Å ; 4. 65Å ; 5. 70Å

9. Положение плоскостей в гексагональной системе определяется с помощью четырех индексов (hkil), найти индекс i для плоскостей (100).

1. -2; 2. 1; 3. -1; 4. 2; 5. 0

10. Найти число элементарных ячеек в одном кубическом см кристалла со структурным типом меди если известно, что параметр $a=3\text{Å}$.

1. 11×10^{22} ; 2. 25×10^{22} ; 3. 31×10^{22} ; 4. 37×10^{22} ; 5. 45×10^{22}

11. Найти векторы и углы обратной решетки для ромбоэдрического кальцита, если $a=6.36\text{Å}$, $\alpha=46^\circ 6'$

1. $a^*=0.24$, $\alpha^*=114^\circ$; 2. $a^*=0.28$, $\alpha^*=120^\circ$; 3. $a^*=0.32$, $\alpha^*=125^\circ$; 4. $a^*=0.38$, $\alpha^*=130^\circ$; 5. $a^*=0.41$, $\alpha^*=135^\circ$

12. Какая часть объема элементарной ячейки структурного типа молибдена занята атомами?

1. 45%; 2. 57%; 3. 68%; 4. 74%; 5. 80%.

13. Какая часть объема элементарной ячейки структурных типов меди и магния приходится на пустоты?

1. 18%; 2. 26%; 3. 32%; 4. 36%; 5. 40%

14. Какой угол составляет вектор Бюргерса с осью краевой дислокации?

1. 0° ; 2. 45° ; 3. 60° ; 4. 90° ; 5. 120°

15. Какой угол составляет вектор Бюргерса с осью винтовой дислокации?

1. 0° ; 2. 45° ; 3. 60° ; 4. 90° ; 5. 120°

16. Определить под каким углом произойдет отражение первого порядка рентгеновских лучей, если длина волны будет равна расстоянию между плоскостями, от которых происходит отражение?

1. 30° ; 2. 45° ; 3. 60° ; 4. 90° ; 5. 120°

17. Почему для исследования структуры кристаллов используют рентгеновские, а не видимые лучи?

1. Видимые лучи сильно поглощаются веществом. 2. Видимые лучи не проникают в исследуемое вещество. 3. Рентгеновские лучи обладают большей проникающей способностью. 4. Длина волны рентгеновского излучения соизмерима с межплоскостными расстояниями кристалла. 5. Видимые лучи плохо отражаются от кристалла

18. Какой из перечисленных методов исследования совершенства кристаллической структуры можно отнести к методам неразрушающего контроля?

1. Метод избирательного травления. 2. Метод декорирования.
3. Электронномикроскопический метод. 4. Металлографический метод.
5. Рентгенотопографический метод

19. Какая из перечисленных химических связей обеспечивает наибольшую механическую прочность кристаллов?

1. Металлическая. 2. Ковалентная. 3. Ионная. 4. Межмолекулярная 5. Водородная

20. Структурный тип сфалерита отличается от структурного типа алмаза тем, что в первом случае кристалл состоит из атомов двух сортов. К каким особенностям физических свойств кристаллов приводит этот фактор?

1) У кристаллов со структурой сфалерита увеличивается механическая прочность;
2) Из-за наличия доли ионной связи кристаллы со структурой сфалерита ведут себя как диэлектрики;
3) Кристаллы со структурой сфалерита обладают пьезоэффектом, а кристаллы с алмазной структурой не обладают;
4) Кристаллы со структурой алмаза обладают пьезоэффектом, а со структурой сфалерита не обладают;
5) Кристаллы со структурой алмаза имеют полярное направление.

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%.

Практика (р/з) - Текущий контроль включает:

(от 51 и выше - зачет)

▪ посещение занятий	__10__ бал.
▪ подготовка к занятию	__20__ бал.
▪ выполнение лабораторной работы	__20__ бал.
▪ выполнение самостоятельных работ	__25__ бал.
▪ выполнение контрольных работ	__25__ бал.

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

Основная литература:

1. Черевко А.Г. Физика конденсированного состояния. Часть 1. Кристаллы и их тепловые свойства [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Черевко. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 81 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69566.html>
2. Егоров-Тисменко Ю. К. Кристаллография и кристаллохимия : учебник / Ю. К. Егоров-Тисменко ; под ред. академика В. С. Урусова. — М.: КДУ, 2005. — 592 с. http://geo.web.ru/~ujin/books/Crystallography_and_crystallochemistry.pdf
3. Волков В. В., Исследование структуры наносистем методом малоуглового рентгеновского и нейтронного рассеяния / В. В. Волков // http://nano.msu.ru/files/materials/VII_2009/expmethods/lecture10.pdf
4. Шаскольская, Марианна Петровна. Кристаллография : [учебник для вузов] / Шаскольская, Марианна Петровна. - М. : Высш. шк., 1984, 1976. - : ил. ; 22 см. - Список лит.: с. 384. - Предм. указ.: с. 396-389. - 1-52. Оптика наноструктур [Электронный ресурс]: методические рекомендации / Т.А. Вартамян [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2008. — 113 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67425.html>
5. Головкина М.В. Нанопотоника и физика наноструктур [Электронный ресурс] : сборник задач / М.В. Головкина. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 33 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75389.html>
6. Ашкрофт, Н. Физика твёрдого тела : [в 2-х т.]. Т.1 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; пер. с англ. А.С.Михайлова; под ред. М.И.Каганова. - М. : Мир, 1979. - 399 с. : ил. - Библиогр.: с. 7 (7 назв.).- Библиогр. в конце глав. - 2-60.
7. Ашкрофт, Н. Физика твёрдого тела : [в 2-х т.]. [Т.]2 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; пер. с англ.: К.И.Кугеля и А.С.Михайлова; под ред. М.И.Каганова. - М. : Мир, 1979. - 422 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 392-417. - 2-90. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
8. Киттель, Чарлз. Введение в физику твёрдого тела / Киттель, Чарлз ; пер. А.А.Гусева и А.В.Пахнева; под общ. ред. А.А.Гусева. - М. : Наука, 1978. - 791 с. : ил. ; 22 см. - Список лит.: с. 769-791. - 2-10. Местонахождение: Научная библиотека ДГУШалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 2010. <http://www.kaf70.mephi.ru/pdf/shalimov.pdf>
9. 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>
10. 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>
11. 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>
12. Физико-химические основы нанотехнологий [Электронный ресурс] : методические указания / . — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный ис-

следовательский технологический университет, 2016. — 64 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63530.html>

1. Рабаданов М.Х. Гасанов Н.Г., Эмиров Р. М. Рентгенодифракционные методы исследования кристаллов/ Учебное пособие. – Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2014 . – 118 с.

Дополнительная литература:

1. Белов Н.П. Основы кристаллографии и кристаллофизики. Часть I. Введение в теорию симметрии кристаллов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.П. Белов, О.К. Покопцева, А.Д. Яськов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2009. — 45 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67480.html>
2. Рентгеноструктурный анализ веществ [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторной работе / И.А. Коваленко [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2010. — 24 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22926.html>
3. Кузьмичева, Г. М. Рентгенография наноразмерных объектов. Часть 1 [Текст]: учебное пособие / Г. М. Кузьмичева. – М.: МИТХТ им. Ломоносова, 2010. – 81 с.
4. Чупрунов, Е. В. Рентгеновские методы исследования твердых тел. Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации. «Физико-химические основы нанотехнологий» / Е. В. Чупрунов, М. А. Фаддеев, Е. В. Алексеев // ННГУ. Нижний Новгород, 2007.С . 194.
5. 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>
6. 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>
7. 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>
8. 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>
9. 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>
10. 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>

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

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки магистра по направлению 03.04.02 – физика:

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.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 государственного университета.
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*)

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 физике твёрдого тела;
- тезисы лекций.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций, учебно-методической и научной литературе);
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- работа с тестами и вопросами для самопроверки.

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 PowerPointViewer), 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.

Работы выполняются в лабораториях НОЦ «Нанотехнологии» с необходимыми современным оборудованием. Обработка экспериментальных результатов осуществляется с помощью специальных компьютерных программ.

Выполнение 3-5 модулей «Специального физического практикума» на 3 курсе осуществляется на уникальном по своим возможностям, многоцелевом рентгеновском дифрактометре «Empyrian series 2» (Рентгеновский порошковый дифрактометр «Empyrean series 2». Фирма PANalytical (Голландия)) с вертикально расположенным гониометром высокого разрешения, для научных исследований и аналитического контроля.