

## Аннотации учебных курсов, дисциплин

### Б1.Б.01 Философские проблемы естествознания

#### **Цели и задачи учебной дисциплины.**

В результате освоения данной дисциплины магистрант приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей:

- понимать роль философии в развитии науки;
- анализировать основные тенденции развития философии и науки;
- совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общественный уровень.

#### **Задачи учебной дисциплины:**

- понимание философских концепций естествознания, овладение основными методами научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени;
- самостоятельное приобретение с помощью информационных технологий и использование в практической деятельности новых знаний и умений;
- расширение и углубление научного мировоззрения;
- овладение современной научной парадигмой, системным представлением о динамике развития избранной области научной и профессиональной деятельности;
- использование понятийного аппарата философии для решения профессиональных задач и разработки концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач;
- умение видеть междисциплинарные связи изучаемых дисциплин и понимание их значения для будущей профессиональной деятельности;
- умение организовать и проводить научные исследования.

#### **Место учебной дисциплины в структуре АОП.**

Дисциплина относится к специальным дисциплинам базовой части Б1.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

1. Философия науки и динамики научного познания
2. Естественнонаучная картина мира и ее эволюция
3. Методологические проблемы естествознания
4. Философские проблемы физики
5. Философия и естественнонаучное познание

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

#### **Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| а) общекультурные (ОК)        | ОК-1, ОК-2          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7 |
| в) профессиональные (ПК)      | -                   |

### Б1.Б.02 Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Углубление знаний терминологии иностранного языка в профессиональной сфере и получение навыков проведения рабочих переговоров и составления деловых документов на иностранном языке. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование способности к интеллектуальному, культурному, нравственному, физическому и профессиональному саморазвитию и самосовершенствованию;

способности к достижению целей и критическому переосмыслению накопленного опыта; способности к письменной и устной коммуникации на государственном и иностранном языках, готовность к работе в иноязычной среде.

### **Место учебной дисциплины в структуре АОП.**

Дисциплина относится к специальным дисциплинам базовой части Б1.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

1. Чтение и перевод оригинальной научно-технической иностранной литературы.
2. Правила деловой и профессиональной переписки на иностранном языке.
3. Работа со специализированными текстами и научной литературой из области физики наносистем.
4. Устный и письменный перевод, пересказ текстов.
5. Речевые навыки профессионального общения.
6. Подготовка рефератов.
7. Обсуждение изученного материала.
8. Составление резюме о научно-производственной деятельности на иностранном языке.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен

### **Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |       |
|-------------------------------|-------|
| а) общекультурные (ОК)        | ОК-3  |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-1 |
| в) профессиональные (ПК)      | -     |

## **Б1.Б.03 Современные проблемы физики**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** ознакомить студентов с последними достижениями физики фундаментальных взаимодействий, показать основные трудности традиционной трактовки фундаментальных взаимодействий, дать обзор новых подходов, базирующихся на двух первопринципах - релятивистской инвариантности и локальной калибровочной симметрии, убедить в перспективности данного подхода в области понимания структуры вещества, ввести понятие суперсилы, позволяющее изучать сильное, электромагнитное и слабое взаимодействия с единых позиций, ознакомить студентов с новой наукой – космомикробиологией.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование способностей к самообразованию, к использованию полученных знаний в области современной физики фундаментальных взаимодействий для освоения профильных физических дисциплин.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен показать глубокое понимание свойств основных взаимодействий: электромагнитного, сильного и слабого, основ современного подхода к решению проблем физики фундаментальных взаимодействий и принципов построения суперсилы, демонстрировать понимание конкретных физических проблем, связанных с изучением вещества на различных уровнях его сложности, иметь навыки самостоятельной работы с основной и дополнительной литературой по курсу.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Дисциплина Б1.Б.03 относится к дисциплинам базовой части блока Б1. Является неотъемлемой частью в процессе формирования общекультурных и общепрофессиональных компетенций выпускника.

### **Краткое содержание учебной дисциплины:**

Дисциплина включает 6 разделов. Раздел 1. Введение. Обзор современных достижений теории элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий. Раздел 2. Феноменология и проблемы теории электромагнитного взаимодействия. Раздел 3. Феноменология и проблемы теории сильного взаимодействия и теории элементарных частиц. Раздел 4. Феноменология и проблемы теории слабого и гравитационного взаимодействий. Раздел 5. Принцип калибровочной симметрии и фундаментальные взаимодействия. Раздел 6. Суперсила и космофизика.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** курсовая работа, зачёт

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| а) общекультурные (ОК)        | ОК-3         |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-4, ОПК-6 |
| в) профессиональные (ПК)      | -            |

### **Б1.Б.04 История и методология физики**

**Цели и задачи учебной дисциплины:**

Курс предназначен для студентов, обучающихся по программам магистратуры физического факультета по направлению "Физика". Основная цель курса – ознакомить студентов с историей зарождения научных знаний, появления одной из форм общественного сознания – науки, развития физики, а на базе этого материала продемонстрировать методологические проблемы, возникающие на разных этапах развития науки и физики, в частности, и их роль в этом процессе. В результате изучения курса студенты должны получить ясное представление о науке, ее развитии и роли, которую она выполняет в обществе, получить сведения об основных проблемах развития физики, научиться выделять на каждом этапе этого развития методологические аспекты, понять как решение методологических вопросов помогает преодолению трудностей в науке и , в конечном итоге, становится механизмом дальнейшего развития знаний.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к специальным дисциплинам базовой части Б1.

**Краткое содержание учебной дисциплины:**

1. Введение. Формы общественного сознания. Наука. Методология науки. Физика и ее роль в познании мира и в развитии общества;
2. Научные знания в Древнем мире;
3. Античная натурфилософия;
4. Выделение наук из натурфилософии;
5. Физика средневековья;
6. Зарождение новой науки;
7. Формирование физики (от Галилея до Ньютона);
8. Физика 18 века (Ломоносов, Фарадей);
9. Физика 19 века;
10. Современная физика;
11. Роль методологии в развитии физики.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | ОК-2, ОК-3 |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-7      |

в) профессиональные (ПК) -

### **Б1.Б.05 Филологическое обеспечение профессиональной деятельности и деловой коммуникации**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** ознакомление студентов с начальными положениями теории и практики коммуникации, культуры устного и письменного общения, формирование основных лингвистических и речеведческих знаний о нормах литературного языка, правилах построения текста, особенностях функциональных стилей, этикетных речевых нормах.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Дисциплина Б1.Б.05 относится к базовой части блока Б1.

#### **Краткое содержание учебной дисциплины:**

Понятие литературного языка. Современный русский язык и формы его существования. Устная и письменная разновидности литературного языка. Функциональные стили современного русского литературного языка. Взаимодействие функциональных стилей. Культура речи. Аспекты культуры речи: нормативный, коммуникативный и этический. Понятие нормы, виды норм. Русский речевой этикет. Культура делового общения. Речевой этикет в документе. Понятие речевого взаимодействия. Аспекты науки о речевом воздействии.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| а) общекультурные (ОК)        | ОК-3         |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-1, ОПК-2 |
| в) профессиональные (ПК)      | -            |

### **Б1.Б.06 Компьютерные технологии в науке и образовании**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Курс «Компьютерные технологии в науке и образовании» имеет своей целью формирование профессиональной компетенции студентов физического факультета, обучающихся на кафедре физики твердого тела и наноструктур по магистерской программе «Физика наносистем».

Основной задачей курса является формирование у студента представления об информационных технологиях, применяемых при обработке результатов научных исследований, сборе, хранении, обработке и передаче информации; свободного использования методов информатизации науки и образования при проведении самостоятельных научных исследований и в обучении; умение использовать современные прикладные программные комплексы и программы статистической обработки данных в своей будущей профессиональной деятельности.

#### **Место учебной дисциплины в структуре АОП.**

Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

1. Информационные системы и электронные базы данных в науке и образовании.

2. Обзор основных возможностей пакетов LibreOffice, Qtiplot. Практическая работа с пакетами LibreOffice, Qtiplot
3. Анализ и аппроксимация оптических спектров.
4. Отображение и обработка графической информации (электронные фотографии микро- и наноструктур).

**Форма текущей аттестации:** нет

**Формы промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |       |
|-------------------------------|-------|
| а) общекультурные (ОК)        | -     |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-5 |
| в) профессиональные (ПК)      | -     |

### **Б1.В.01 Практикум по дифракционным методам анализа наноразмерных объектов**

**Цели и задачи дисциплины: Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с некоторыми видами вычислительной работы в физике твердого тела, формирование умения проводить вычислительный эксперимент в данной предметной области без использования специальных программных пакетов для моделирования физических систем.

Основной задачей дисциплины является подготовка студентов для решения научно-исследовательских задач с помощью компьютерного моделирования.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из четырех разделов. Раздел 1. Кинетические параметры полупроводников с параболической зоной: Концентрация носителей заряда в полупроводниках с параболической зоной. Расчет интегралов Ферми. Вычисление кинетических параметров. Приближенное решение кинетического уравнения. Раздел 2. Кинетические параметры полупроводников с непараболической зоной: Концентрация носителей заряда в полупроводниках с непараболической зоной. Расчет обобщенных интегралов Ферми. Вычисление кинетических параметров. Приближенное решение кинетического уравнения. Раздел 3. Диффузионные параметры полупроводников: Уравнение диффузии. Коэффициент диффузии. Энергия активации диффузии. Расчет диффузионных параметров полупроводников с помощью метода наименьших квадратов. Раздел 4. Зонная структура халькогенидов свинца: Термоинверсия экстремумов валентной зоны. Легкие и тяжелые дырки. Коэффициент Холла и электропроводность в случае двух типов дырок. Расчет параметров зонной структуры с помощью метода наименьших квадратов.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет, зачет с оценкой

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-3      |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

### **Б1.В.02 Технология наноструктур и наноматериалов**

### **Цели и задачи дисциплины:**

Дисциплина формирует у магистрантов знания и умения необходимые для успешного выбора и реализации технологии формирования наноструктур и наноматериалов различной природы. Для успешного освоения курса требуется знание дисциплин «Физика тонких пленок» и «Введение в физику твердого тела».

Цель – формирование знаний и умений, необходимых для выбора и реализации методов формирования наноструктур и наноматериалов для различных целей.

Задача дисциплины - формирование и углубление знаний об особенностях наноструктурированного состояния материалов, а также принципах и возможностях различных методов получения наноструктур. В ходе изучения курса магистранты овладевают основными представлениями о закономерностях образования наноструктур, изучают различные методы получения наноматериалов и возможности их применения.

В результате освоения дисциплины магистрант должен:

**знать:** методы получения наноструктурированных материалов, особенности различных методов получения наноматериалов, области применения этих методов;

**уметь:** производить выбор оптимального метода формирования наноструктуры, предназначенной для создания различных устройств;

**владеть:** навыками выбора оптимальной технологии формирования наноструктурированного материала.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина содержит три основных раздела.

Раздел 1. Свойства индивидуальных наночастиц. Металлические нанокластеры. Магические числа. Теоретическое моделирование наночастиц. Геометрические структуры. Электронные структуры металлических нанокластеров. Химическая активность. Флуктуации. Магнитные кластеры. Переход от объемных к наносвойствам. Полупроводящие наночастицы: оптические свойства, фотофрагментация, кулоновский взрыв. Методы синтеза нанокластеров: ВЧ плазма, химические методы, термолиз, метод импульсного лазера.

Раздел 2. Наноструктуры углерода. Молекулы углерода. Природа углеродной связи. Новые углеродные структуры, углеродные кластеры. Малые углеродные кластеры. Открытие фуллерена C<sub>60</sub>. Углеродные нанотрубки: методы получения, структура, электрические свойства, колебательные свойства, механические свойства. Применение углеродных нанотрубок: полевая эмиссия и экранирование, компьютеры, топливные элементы, химические сенсоры, катализ, механическое упрочнение.

Раздел 3. Объемные наноструктурированные материалы. Твердотельные неупорядоченные наноструктуры. Методы синтеза: спинингование, газовая атомизация, гальваническое осаждение. Механизм разрушения материалов, содержащих зерна обычных размеров. Механические свойства. Наноструктурированные многослойные материалы. Электрические и другие свойства. Композитные стекла с нанокластерами металлов. Пористый кремний. Наноструктурированные кристаллы. Природные нанокристаллы. Компьютерное предсказание решеток кластеров. Упорядоченные структуры наночастиц в цеолитах. Кристаллы из металлических наночастиц.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2; ПК-3 |

**Б1.В.03 ИК спектроскопия систем пониженной размерности**

### **Цель изучения дисциплины.**

Сформировать у магистров – физиков комплекс фундаментальных представлений и практических навыков по применению методов ИК спектроскопии в исследовательских и аналитических целях. Знать физические основы методов, а также их основные возможности. Хорошо представлять конструкцию приборов, методические приемы работы с ними.

Изучившие курс должны:

**Знать** теоретические основы спектроскопии в инфракрасной области, применение спектроскопии в физике конденсированного состояния вещества.

**Уметь** реализовать возможности, заложенные в аппаратуру для проведения спектральных измерений путем реализации описанных и разработки новых методик. Уметь установить и запустить в работу новый прибор, распознать и, по возможности, устранить наиболее распространенные неисправности.

**Владеть** спектрофотометрическими методами качественного и количественного определения веществ в различных объектах.

**Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (АОП):** Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

Курс базируется на курсах общей и теоретической физики университетской программы для физического факультета, а также на дисциплинах раздела «Высшая математика» (математический анализ, дифференциальные уравнения и методы математической физики).

### **Основные образовательные технологии**

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; практические занятия; индивидуальные занятия; контрольные работы. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной литературы, решение задач и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме консультирование менее подготовленных студентов более подготовленными); информационные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., работа с математическими пакетами).

**Форма текущего контроля:** собеседование, письменная работа.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен (1 семестр).

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2; ПК-3 |

## **Б1.В.04 Моделирование наносистем**

### **Цели и задачи дисциплины:**

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с физическими принципами, лежащими в основе моделирования материалов на наноуровне, методами моделирования в нанофизике, формирование умения проводить вычислительный эксперимент в данной предметной области, используя при этом современные программные среды для моделирования наносистем.

Основной задачей дисциплины является подготовка студентов для решения научно-исследовательских задач нанофизики с помощью компьютерного моделирования.

В результате изучения курса студент должен:

**знать:**

- основные положения, принципы и методы вычислительной физики;
- особенности основных моделей и алгоритмов, используемых в вычислительной нанофизике;
- характеристики и практические аспекты применения основных программных пакетов для компьютерного моделирования наносистем.

**уметь:**

- выбрать адекватный метод для моделирования наносистем,
- пользоваться стандартными программными пакетами для моделирования наносистем,
- интерпретировать результаты расчета.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к профессиональному циклу. Для ее изучения студентам необходимо усвоить следующие дисциплины: квантовая физика наносистем, компьютерные технологии в науке и образовании, специальный компьютерный практикум.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из пяти разделов.

Раздел 1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент: Место вычислительного эксперимента в физике наносистем. Этапы вычислительного эксперимента и их краткая характеристика. Общие рекомендации для построения эффективных алгоритмов.

Раздел 2. Уравнение Шредингера для систем многих частиц: Адиабатическое и одноэлектронное приближение. Метод Хартри-Фока.

Раздел 3. Теория функционала плотности: Уравнения Кона-Шэма. Аппроксимация локальной плотности. Электроны в периодическом потенциале. Вариационный метод Ритца. Обзор методов зонной теории.

Раздел 4. Моделирование электронного строения нанопленок и нанослоев: Метод линеаризованных присоединенных плоских волн для пленок. Программный ЛППВ-комплекс FilmAll: и его возможности. Использование программного пакета Wien2k для расчета электронной структуры нанопленок.

Раздел 5. Моделирование электронного строения нанотрубок и нанонитей: Электронная структура нанотрубок в приближении слабой связи. Метод линеаризованных присоединенных цилиндрических волн. Программный ЛПЦВ-комплекс и его возможности. Использование программного пакета Wien2k для расчета электронной структуры нанотрубок.

**Форма текущего контроля:** тестирование, собеседование.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет (3 семестр).

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК - 5    |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2; ПК-3 |

## **Б1.В.05 Структурный анализ нанокристаллических и некристаллических материалов**

### **Цель изучения дисциплины:**

Ознакомить учащихся с наиболее распространенными дифракционными методами исследования материалов современной техники, которые могут быть кристаллическими, поликристаллическими, нанодисперсными и аморфными.

Изучившие курс должны отчетливо представлять себе дифракцию рентгеновских лучей на монокристаллических, поликристаллических и нанодисперсных веществах. Знать о том, какую информацию о состоянии кристаллитов можно извлечь из дифракционной картины и уметь связать состояние кристаллитов с основными механическими и некоторыми физическими свойствами материалов.

**Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (АОП):** Дисциплина относится к вариативной части блока Б1.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО и АОП ВПО по данному направлению подготовки (специальности):

общекультурных (ОК): способности использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук (ОК-1); способности приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-3); способности использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников (ОК-16).

профессиональных (ПК): способности использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач (ПК-1); способности использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-4).

Общая трудоемкость дисциплины: 2 зачетные единицы / (72 часа)

**Форма промежуточной аттестации:** зачет.

**Форма текущего контроля:** нет.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2; ПК-3 |

## **Б1.В.06 Основы проектирования микро- и наносистем**

### **Цели и задачи дисциплины:**

Изучение и освоение теоретических основ и методов проектирования базовых логических элементов цифровых схем, функциональных узлов комбинационного и последовательностного типа, триггерных устройств и конечных автоматов. Формирование и закрепление навыков проектирования с использованием современных программных средств проектирования электронной компонентной базы.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:** основы теории цепей, элементную базу микроэлектроники, основные схемотехнические решения и функциональные узлы устройств микроэлектроники;

**уметь:** синтезировать микроэлектронные устройства на основе данных об их функциональном назначении и электрических параметрах; проводить анализ

воздействия сигналов; применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования устройств электроники и наноэлектроники;

**владеть:** навыками практической работы с программными средствами функционально-логического и схемотехнического проектирования.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к блоку Б1. Является дисциплиной по выбору вариативной части данного блока

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из девяти разделов. Раздел 1. Способы представления информации. Раздел 2. Булева алгебра и логические функции. Раздел 3. Преобразования логических функций. Раздел 4. Проектирование базовых логических элементов цифровых систем. Раздел 5. Проектирование функциональных узлов комбинационного типа. Раздел 6. Проектирование функциональных блоков комбинационного типа. Раздел 7. Проектирование схем контроля. Раздел 8. Проектирование триггерных устройств. Раздел 9. Проектирование конечных автоматов.

**Форма текущего контроля:** тестирование, собеседование.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет (3 семестр).

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2; ПК-3 |

**Б1.В.07 Синхротронные исследования наноструктур и наноматериалов**

**Цели и задачи дисциплины:**

Цель дисциплины – формирование базовых знаний в области применения синхротронного излучения для исследований широкого ряда современных перспективных наноматериалов и наноструктур.

Задачи дисциплины:

- Изучение основных физических явлений и понятий в области синхротронного излучения и его современного применения;
- Изучение основных физических законов, лежащих в основе принципов применения синхротронного излучения для исследования наноматериалов и наноструктур;

В результате освоения дисциплины “Синхротронные исследования наноструктур и наноматериалов” обучающийся должен:

**знать:**

- физические явления и понятия в области синхротронного излучения и его современного применения;
- основные физические законы, лежащие в основе принципов применения синхротронного излучения для исследования наноматериалов и наноструктур;

**уметь:**

- выбирать способ применения синхротронного излучения для проведения эффективной диагностики наноматериала или наноструктуры.
- разбирать и понимать информацию полученную в результате применения синхротронного излучения, с учетом его специфики и специфики изучаемого объекта.

**владеть:**

- физическими основами синхротронного излучения.
- основными принципами генерации синхротронного излучения.

– основными подходами к изучению локального атомного и электронного строения, фазового состава поверхности и приповерхностных слоев при помощи расширенного функционала методов использующих синхротронное излучение.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из трех разделов:

1. Физические основы синхротронного излучения. Основные принципы генерации синхротронного излучения. Поколения накопительных колец.

2. Физические основы применения синхротронного излучения как расширение функционала методов рентгеновской и электронной спектроскопии. Спектромикроскопия.

3. Применение синхротронного излучения для диагностики твердых тел, наноструктур и наноматериалов.

**Форма текущей аттестации:** письменные работы, индивидуальные задания, собеседование.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен

**Б1.В.08 Основные материалы нанoeлектроники**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** сформировать систематические знания фундаментальных принципов, определяющих структуру низкоразмерных систем; изучить явления и процессы в наноструктурах, использующихся при разработке приборов нанoeлектроники.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 относится к вариативной части блока Б1. Является курсом по выбору. Она базируется на дисциплинах профессионального цикла, изучаемых в образовательной программе бакалавриата 03.03.02 Физика.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

1. Введение. Основные типы наноструктур и их квантово-механические модели.

2. Электронные свойства низкоразмерных систем.

3. Двумерный электронный газ в гетероструктурах.

4. Кинетические эффекты в наноструктурах.

5. Мезоскопические системы.

6. Оптические свойства наноструктур.

7. Электронная структура и физические свойства фуллеренов и нанотрубок.

8. Магнитные наноструктуры; спинтроника.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

а) общекультурные (ОК) -

б) общепрофессиональные (ОПК) -

в) профессиональные (ПК) ПК-2, ПК-3

## **Б1.В.09 Физпрактикум по физике наносистем**

### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с некоторыми видами вычислительной работы в физике твердого тела, формирование умения проводить вычислительный эксперимент в данной предметной области без использования специальных программных пакетов для моделирования физических систем.

Основной задачей дисциплины является подготовка студентов для решения научно-исследовательских задач с помощью компьютерного моделирования.

В результате изучения курса студент должен знать основные численные методы, используемые в физике твердого тела.

Уметь моделировать физические процессы, протекающие в твердых телах, с помощью численных методов.

Владеть языком программирования Pascal.

### **Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла. Для изучения курса студентам необходимо усвоить следующие дисциплины: квантовая теория, введение в физику твердого тела.

### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из четырех разделов. Раздел 1. Кинетические параметры полупроводников с параболической зоной: Концентрация носителей заряда в полупроводниках с параболической зоной. Расчет интегралов Ферми. Вычисление кинетических параметров. Приближенное решение кинетического уравнения. Раздел 2. Кинетические параметры полупроводников с непараболической зоной: Концентрация носителей заряда в полупроводниках с непараболической зоной. Расчет обобщенных интегралов Ферми. Вычисление кинетических параметров. Приближенное решение кинетического уравнения. Раздел 3. Диффузионные параметры полупроводников: Уравнение диффузии. Коэффициент диффузии. Энергия активации диффузии. Расчет диффузионных параметров полупроводников с помощью метода наименьших квадратов. Раздел 4. Зонная структура халькогенидов свинца: Термоинверсия экстремумов валентной зоны. Легкие и тяжелые дырки. Коэффициент Холла и электропроводность в случае двух типов дырок. Расчет параметров зонной структуры с помощью метода наименьших квадратов.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет; зачет с оценкой

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | ОК-3       |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

## **Б1.В.10 Магнитные явления в наносистемах**

### **Цели и задачи дисциплины:**

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов со свойствами и функциональными возможностями магнитных наноматериалов и принципиально новыми магнитными явлениями, возникающими при переходе к наномасштабам, а так же с квантовыми устройствами, созданными на основе этих явлений.

Основной задачей дисциплины является подготовка студентов для решения научных и инженерно-технических задач физики низкоразмерных структур и наноэлектроники.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

– основы современных физических представлений о магнитных свойствах вещества;

– наиболее характерные магнитные свойства нанокластеров и наноструктур;

– основные области применения магнитных наноматериалов;

**уметь:** строить петли магнитного гистерезиса однодоменной частицы в зависимости от ориентации частицы во внешнем магнитном поле.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП: (цикл, к которому относится дисциплина)** Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из четырех разделов.

Раздел 1. Магнитные свойства вещества: Магнитный момент атома. Намагниченность. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. Классификация магнетиков. Парамагнетизм. Парамагнетики и их свойства. Магнитное насыщение. Закон Кюри. Диамагнетизм. Диамагнетики и их свойства. Кривая намагничивания. Обменное взаимодействие. Прямое и не прямое обменное взаимодействие. Вещества с атомным магнитным порядком. Ферромагнитный порядок. Скомпенсированный антиферромагнитный порядок. Нескомпенсированный антиферромагнитный порядок. Ферромагнетизм. Ферромагнетики и их свойства. Домены. Стенки Блоха. Магнитный гистерезис. Намагниченность насыщения. Остаточная намагниченность. Коэрцитивная сила. Оси легчайшего намагничивания. Анти-ферромагнетизм. Антиферромагнетики и их свойства. Ферримагнетизм. Ферриты. Точка Кюри. Точка Нееля. Спиновые магнитные стекла. Магнитомягкие нанокристаллические материалы. Основные типы взаимодействий в ферромагнитном кристалле. Энергия обменного взаимодействия. Магнитострикционная энергия. Магнитостатическая энергия. Энергия магнитной кристаллографической анизотропии. Разложение энергии магнитной кристаллографической анизотропии в ряд по направляющим косинусам.

Раздел 2. Магнетизм изолированных наночастиц: Однодоменное состояние. Перемагничивание однодоменных частиц. Магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Когерентное вращение магнитных моментов. Неоднородное вращение магнитных моментов. Магнитная энергия однодоменной частицы. Теоретические петли магнитного гистерезиса однодоменной частицы. Суперпарамагнетизм. Магнитная релаксация. Блокированное и разблокированное состояния. Температура блокировки и критический объем. Квантовое магнитное туннелирование. Закон Аррениуса. Магнитные кластеры. Резонансное туннелирование и квантовый гистерезис.

Раздел 3. Магнетизм наноструктур: Гигантское магнетосопротивление (ГМС). Магнитные сверхрешетки. Туннельное магнетосопротивление. Магнитный туннельный переход. Спиновый вентиль. Колоссальное магнетосопротивление. Магнитные фазовые переходы в наносистемах.

Раздел 4. Применение магнитных свойств наносистем: Спинтроника. Управление спинами носителей заряда в полупроводниках. Расщепление состояний носителей заряда по спинам. Инжекция носителей заряда с определенным спином. Перенос спинполяризованных носителей заряда. Определение спина носителей заряда. Эффект Кондо. Магнитные примеси в объемных металлах. Эффект Кондо в наночастицах. Спинтронные приборы: спиновые транзисторы, сенсоры на основе ГМС, считывающая головка на основе ГМС, энергонезависимая память на основе ГМС,

энергонезависимая память на основе спинзависимого туннелирования. Квантовые компьютеры.

**Форма текущего контроля:** -

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2; ПК-3 |

### **Б1.В.11 Методы нанодиагностики**

**Цели и задачи дисциплины:**

Целями освоения дисциплины «М2.Б.4 Методы нанодиагностики» являются:

знакомство с основными методами диагностики поверхностных слоев твердых тел, изучение методов исследования химического состава и структуры поверхности компонентов микро- и наноэлектроники;

практическое ознакомление с работой установок растровой оже-электронной спектроскопии, ультра мягкой рентгеновской спектроскопии, растровой электронной микроскопии необходимых для дальнейшей самостоятельной работы.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- основные физические законы, лежащие в основе современных методов исследования поверхности твердых тел;
- принципы и режимы работы вторично-ионного масс-спектрометра (ВИМС), растрового электронного оже-спектрометра, растрового электронного микроскопа, метода Резерфордского обратного рассеяния (РОР);
- общую методику физического эксперимента с использованием установок для исследования свойств поверхности.

**Уметь:**

- произвести выбор метода и тип прибора для получения информации о составе и структуре поверхности объектов микро и наноэлектроники.

**Владеть:**

- методами расшифровки рентгеновских и оже-спектров, приемами проведения количественного анализа химического состава поверхности.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из пяти разделов:

1. Техника получения сверхвысокого вакуума, классификация методов анализа поверхности.
2. Растровая электронная микроскопия и сканирующая туннельная микроскопия.
3. Растровая электронная оже-спектроскопия и фотоэлектронная спектроскопия.
4. Ультра мягкая рентгеновская спектроскопия эмиссии и поглощения
5. Знакомство с работой установок для проведения анализа поверхности

**Форма текущего контроля:** лабораторные работы.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен (2 семестр)

**Коды формируемых компетенций:**

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| а) общекультурные (ОК)        | - |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | - |

**Б1.В.ДВ.01.01 Физика нанозлектронных структур**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** сформировать систематические знания фундаментальных принципов, определяющих структуру низкоразмерных систем; изучить явления и процессы в наноструктурах, используемых при разработке приборов нанозлектроники.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 относится к вариативной части блока Б1. Является курсом по выбору. Она базируется на дисциплинах профессионального цикла, изучаемых в образовательной программе бакалавриата 03.03.02 Физика.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

1. Введение. Основные типы наноструктур и их квантово-механические модели.
2. Электронные свойства низкоразмерных систем.
3. Двумерный электронный газ в гетероструктурах.
4. Кинетические эффекты в наноструктурах.
5. Мезоскопические системы.
6. Оптические свойства наноструктур.
7. Электронная структура и физические свойства фуллеренов и нанотрубок.
8. Магнитные наноструктуры; спинтроника.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

**Б1.В.ДВ.01.02 Фракталы в природе и физике**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** формирование знаний и умений, необходимых для идентификации и описания фрактальных систем. Дисциплина формирует у студентов знания и умения, полезные при выполнении курсовых и дипломных работ. Задачи дисциплины – знакомство с основами фрактальной геометрии, теории перколяции, теории самоорганизации.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 относится к вариативной части блока Б1. Является курсом по выбору. Она базируется на дисциплинах профессионального цикла, изучаемых в образовательной программе бакалавриата 03.03.02 Физика.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

1. Введение. Основные понятия. Примеры фрактальных объектов. Канторовское множество. Ковер Серпинского. Губка Менгера.
2. Основы фрактальной геометрии. Фрактальная размерность. Метод сеток. Аффинные преобразования, аффинные коэффициенты. Самоподобие и самоаффинность. Локальная регулярность. Показатель Липшица-Гельдера. Показатель Хёрста. Параметризация фрактальных объектов методами Фурье- и вейвлет-анализа.

3. Процессы на фрактальных средах. Процессы диффузии, теплопроводности и электропроводности на фрактальных носителях. Дробный лапласиан. Дробное уравнение диффузии. Дробное интегро-дифференцирование. Интеграл Римана-Лиувилля. Дифференциал Грюнвальда-Летникова. Численная реализация дробного интегро-дифференцирования.

4. Перколяция. Порог протекания. Бесконечный кластер. Перколяционный переход. Критические индексы. Решетка Бете. Электропроводность вблизи порога протекания.

5. Самоорганизация. Ячейки Бенара. Консервативные и диссипативные системы. Нелинейность и обратные связи. Бифуркации. Детерминированный хаос и странные аттракторы. Согласованное поведение в сложных системах. Самоорганизованные структуры в нанотехнологии.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

а) общекультурные (ОК) -

б) общепрофессиональные (ОПК) -

в) профессиональные (ПК) ПК-2, ПК-3

### **Б1.В.ДВ.02.01 Физика поверхностей**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** сформировать систематические знания о структуре, свойствах и процессах на поверхности полупроводников. При изучении курса ставятся следующие основные задачи: получение представлений о физических идеях и принципах физики поверхности и граничных явлений; формирование комплекса теоретических знаний о процессах на поверхности конденсированных сред и границах раздела, составляющих фундаментальную основу функционирования приборов микро- и наноэлектроники; знакомство с современными моделями и теориями физических явлений и основными областями применения поверхностных структур и границ раздела.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 «Физика поверхностей» относится к вариативной части блока Б1, являясь курсом по выбору.

Обучаемые должны предварительно освоить следующие курсы, изучаемые в образовательной программе бакалавриата 03.03.02 Физика: "Физика твердого тела".

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

1. Введение. Атомарно-чистая и реальная поверхность. Обзор методов исследования поверхности. Поверхность как нарушение периодичности объемной решетки. Модельные представления и классификация электронных поверхностных состояний. Модель Тамма. Модель Шоттки.

2. Теория приповерхностной области пространственного заряда (ОПЗ). Емкость и заряд приповерхностной ОПЗ. Эффект поля. C-V- и G-V-характеристики. Плотность электронных поверхностных состояний. МДП-структура.

3. Скорость поверхностной рекомбинации. Рекомбинация носителей заряда с участием поверхностных состояний. Время жизни носителей на поверхности.

4. Контакт металл-полупроводник. Плотность тока термоэлектронной эмиссии. Вольт-амперные характеристики. P-n-переход. Гетеропереход.

5. Композиционные и легированные полупроводниковые сверхрешетки. Энергетическая структура и электронный спектр, расщепление зон на минизоны.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

### **Б1.В.ДВ.02.02 Дополнительные главы нелинейной динамики твердого тела**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** сформировать у студентов представление о предмете, методах и основных достижениях современной нелинейной динамики.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 «Дополнительные главы нелинейной динамики твердого тела» является курсом по выбору вариативной части блока Б1. Обучаемые должны предварительно освоить следующие курсы, изучаемые в образовательной программе бакалавриата 03.03.02 Физика: "Физика твердого тела".

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

1. Введение. Динамические системы и методы их описания.
2. Элементы теории устойчивости динамических систем.
3. Типичные бифуркации динамических систем.
4. Простые модели динамических систем и хаос.
5. Реальные системы с хаотическим поведением.
6. Странные аттракторы. Фракталы, меры фрактальной размерности.
7. Сценарии развития и критерии динамического хаоса.
8. Стохастический резонанс в нелинейных динамических системах.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

### **Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерное моделирование физических процессов**

**Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с методами компьютерного моделирования отдельных молекул и периодических кристаллических структур с использованием современных программных пакетов для квантово-механических расчетов.

Основной задачей дисциплины является подготовка студентов для решения научно-исследовательских задач с помощью компьютерного моделирования.

В результате изучения курса студент должен:

**знать:**

- основные методы квантово-механических расчетов;
- основные программные пакеты для квантово-механических расчетов.

**уметь:** моделировать свойства отдельных молекул и периодических кристаллических структур, проводить вычислительный эксперимент в данной

предметной области, используя при этом программные пакеты для квантово-механических расчетов.

**владеть:** программным обеспечением, позволяющим моделировать отдельные молекулы и периодические кристаллические структуры.

#### **Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла. Для изучения курса студентам необходимо усвоить следующие дисциплины: квантовая теория, введение в физику твердого тела.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из четырех разделов.

Раздел 1. Программный пакет Abinit: Знакомство с возможностями программного пакета Abinit. Создание входных файлов для моделирования строения и свойств отдельных молекул. Вычисление полной энергии, зарядовой плотности и электронной структуры отдельных молекул. Создание входных файлов для моделирования строения и свойств периодических кристаллических структур. Расчет полной энергии, приходящейся на одну ячейку, и зонной структуры кристаллов. Раздел 2. Программный пакет Wien2k: Знакомство с возможностями программного пакета Wien2k и его интерфейсом. Подготовка и ввод исходных данных для моделирования электронного строения кристаллических структур. Использование программы визуализации XCrysden. Расчет плотности электронных состояний и зонной структуры кристаллов. Раздел 3. Программный пакет Gaussian: Возможности программного пакета Gaussian. Ввод исходных данных. Основы работы с программой-визуализатором GaussView. Моделирование свойств молекул. Изучение методов молекулярной механики и динамики. Раздел 4. Программный пакет Siesta: Знакомство с возможностями пакета Siesta. Подготовка и ввод исходных данных для моделирования электронного строения кристаллических структур. Расчет плотности электронных состояний и зонной структуры кристаллов.

#### **Коды формируемых (сформированных) компетенций**

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| а) общекультурные (ОК)        | -     |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-5 |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2  |

### **Б1.В.ДВ.03.02 Специальный физический практикум**

#### **Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с некоторыми видами вычислительной работы в физике твердого тела, формирование умения проводить вычислительный эксперимент в данной предметной области без использования специальных программных пакетов для моделирования физических систем.

Основной задачей дисциплины является подготовка студентов для решения научно-исследовательских задач с помощью компьютерного моделирования.

В результате изучения курса студент должен знать основные численные методы, используемые в физике твердого тела.

Уметь моделировать физические процессы, протекающие в твердых телах, с помощью численных методов.

Владеть языком программирования Pascal.

#### **Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла. Для изучения курса студентам необходимо усвоить следующие дисциплины: квантовая теория, введение в физику твердого тела.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из четырех разделов. Раздел 1. Кинетические параметры полупроводников с параболической зоной: Концентрация носителей заряда в полупроводниках с параболической зоной. Расчет интегралов Ферми. Вычисление кинетических параметров. Приближенное решение кинетического уравнения. Раздел 2. Кинетические параметры полупроводников с непараболической зоной: Концентрация носителей заряда в полупроводниках с непараболической зоной. Расчет обобщенных интегралов Ферми. Вычисление кинетических параметров. Приближенное решение кинетического уравнения. Раздел 3. Диффузионные параметры полупроводников: Уравнение диффузии. Коэффициент диффузии. Энергия активации диффузии. Расчет диффузионных параметров полупроводников с помощью метода наименьших квадратов. Раздел 4. Зонная структура халькогенидов свинца: Термоинверсия экстремумов валентной зоны. Легкие и тяжелые дырки. Коэффициент Холла и электропроводность в случае двух типов дырок. Расчет параметров зонной структуры с помощью метода наименьших квадратов.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет; зачет с оценкой

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | ОК-3       |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

### **Б1.В.ДВ.04.01 Нанозлектроника**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Целью освоения дисциплины «Нанозлектроника» является: изучение теоретических, экспериментальных и технологических основ современной электроники, перспектив ее развития на основе фундаментальных физических закономерностей и явлений, а также фундаментальных физических и технологических ограничений, возникающих в связи с постоянным уменьшением размеров структурных элементов различных устройств нанозлектроники.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

#### **Знать:**

- состояние и динамику развития современной нанозлектроники;
- новые материалы и принципы конструирования в перспективных технологиях микроэлектроники;
- физические ограничения в технологии производства ИС, а также ограничения на размеры элементов, накладываемые механизмом их работы;
- современные технологические методы и принципы работы приборов и элементов нанометровых масштабов.

#### **Уметь:**

- применять знания, полученные при изучении курса «Нанозлектроника» при рассмотрении вопросов, связанных теоретическими, экспериментальными и технологическими аспектами разработки и изготовления нанозлектронных приборов и устройств;
- использовать для этого методы и знания, полученные при изучении других физических и математических дисциплин.

**Владеть:**

- специальной терминологией;
- навыками решения типовых задач наноэлектроники, связанных с оценочными расчетами физических эффектов, оказывающих влияние на процессы изготовления и функционирования элементов и устройств нанометровых размеров;
- навыками проведения экспертной оценки новых устройств и технологий наноэлектроники.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** дисциплина «Наноэлектроника» относится к вариативной части дисциплин по выбору блока Б1.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из трех разделов:

1. Физические основы наноэлектроники;
2. Современные методы микролитографии;
3. Приборы и устройства наноэлектроники - новые физические явления и Характеристики.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачёт с оценкой

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

**Б1.В.ДВ.04.02 КАОПеративные явления в твердых телах****Цели и задачи дисциплины:**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- основные понятия и теории кАОПеративных явлений в твердых телах.
- физические ограничения в технологии производства ИС, а также ограничения на размеры элементов, накладываемые механизмом их работы;

**Уметь:**

- использовать для этого методы и знания, полученные при изучении других физических и математических дисциплин.

**Владеть:**

- специальной терминологией;
- навыками проведения экспертной оценки новых устройств и технологий.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** дисциплина «КАОПеративные явления в твердых телах» относится к вариативной части дисциплин по выбору блока Б1

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

**Б1.В.ДВ.05.01 Фотоника и фотонные кристаллы**

**Цели и задачи дисциплины:**

фундаментальная подготовка в области перспективного направления оптоэлектроники, формирование умений и навыков, направленных на решение практических задач фотоники и разработки технологии создания и применения фотонных кристаллов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:** Понятие фотонного кристалла, классификация фотонных кристаллов Устройство приборов на основе фотонных кристаллов Основы физики фотонных кристаллов Технологии получения фотонных кристаллов.

**уметь:** анализировать принципы работы устройств на основе фотонных кристаллов, Методы оптической литографии, глубокой литография для получения МЭМС-структур, голографической литографии.

**владеть:** навыками решения практических задач по разработке узкополосных фильтров, коммутаторов, активных элементов оптоэлектронных процессоров, объемных резонаторов, лазеров, оптоволоконных систем.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к модулю «Профессиональный цикл. Вариативная часть. Дисциплины по выбору»

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из четырех разделов.

Раздел 1. Введение. Предмет курса, его определение. Раздел 2. Основы физики фотонных кристаллов. Раздел 3. Технологии получения фотонных кристаллов. Раздел 4. Применение фотонных кристаллов

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

а) общекультурные (ОК) -

б) общепрофессиональные (ОПК) ОПК-6

в) профессиональные (ПК) ПК-2, ПК-3

**Б1.В.ДВ.05.02 Спектроскопия твердого тела****Цели и задачи дисциплины:**

дать магистрантам базовые знания и навыки по изучаемому предмету, как в теоретическом, так и в экспериментальном плане.

Задачами курса являются:

1. Изучение физических принципов, техники и основных методических подходов использования спектроскопии в научных и материаловедческих целях.

2. Практическое усвоение методик нестационарной спектроскопии процессов в материалах.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:**

Дисциплина относится к модулю «Профессиональный цикл. Вариативная часть. Дисциплины по выбору»

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из четырех разделов.

1. Основные понятия и базовые теоретические представления спектроскопии.

2. Спектральные приборы и техника спектроскопии.

3. Экспериментальные методы спектроскопии.

4. Методы и техника спектроскопии с высоким временным разрешением.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

а) общекультурные (ОК) -

б) общепрофессиональные (ОПК) ОПК-6

в) профессиональные (ПК) ПК-2, ПК-3

### **Б1.В.ДВ.06.01 Квантовая физика наносистем**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Целью освоения курса квантовой физики наносистем является ознакомление студентов с основными законами современной физики микромира и возможностями их применения при решении задач, возникающих в их последующей профессиональной деятельности. Квантовая физика наносистем позволяет научить студентов строить физические модели происходящего и устанавливать связь между явлениями, прививать понимание причинно-следственной связи между явлениями. Обладая логической стройностью и опираясь на экспериментальные факты, дисциплина «Квантовая физика наносистем» является идеальной для решения этой задачи, формируя у студентов подлинно научное мировоззрение.

Задачи дисциплины:

- изучение основных понятий и определений квантовой физики наносистем ;
- изучение особенностей протекания физических процессов в системах пониженной размерности;
- классификация методов формирования наноразмерных структур и их характеристика.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:** основы наноэлектроники и основы квантовой физики микромира; ознакомиться с основными разделами курса “квантовая физика наносистем”: Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности; Транспортные явления, Экранирование электрического поля в структурах пониженной размерности, Распределение квантовых состояний в системах пониженной размерности; основы квантовой физики наносистем (основные формулы и основные определения

**уметь:** использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов.

**владеть:** навыками использования экспериментальных методов для решения физических задач.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** дисциплина

Квантовая физика наносистем относится к вариативной части блока Б1

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**

Дисциплина состоит из четырех разделов.

Раздел 1. Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности. Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке. Потенциальный барьер конечной ширины. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Особенности движения частиц над потенциальной ямой. Структура со сдвоенной квантовой ямой. Энергетический спектр сверхрешеток.

Раздел 2. Транспортные явления. Стационарная дрейфовая скорость. Рассеяние электронов в 2D-системах. ТермоЭДС в квазидвумерных системах. Асимметричные наноструктуры в магнитном поле. Подвижность электронов в системах с селективным

легированием. Особенности электрон-фононного взаимодействия в системах пониженной размерности.

Раздел 3. Экранирование электрического поля в структурах пониженной размерности. Приповерхностная область пространственного заряда. Уравнение Пуассона. Разновидности областей пространственного заряда. Решение уравнения Пуассона. Поверхностное квантование.

Раздел 4. Распределение квантовых состояний в системах пониженной размерности. Особенности распределения плотности состояний в 2D-системах. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации электронов и толщины пленки для 2D-систем. Распределение плотности состояний в квантовых проволоках и квантовых точках. Энергетический спектр мелких примесных состояний в системах пониженной размерности. Влияние размерного квантования на состояния мелкого экситона. Энергетический спектр в полупроводниковых пленках с вырожденными зонами.

**Форма текущего контроля:** лабораторные работы.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен (1 семестр).

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

### **Б1.В.ДВ.06.02 Физика наноструктур**

#### **Цели и задачи дисциплины:**

Целью освоения курса квантовой физики наносистем является ознакомление студентов с основными законами современной физики микромира и возможностями их применения при решении задач, возникающих в их последующей профессиональной деятельности. Квантовая физика наносистем позволяет научить студентов строить физические модели происходящего и устанавливать связь между явлениями, прививать понимание причинно-следственной связи между явлениями. Обладая логической стройностью и опираясь на экспериментальные факты, дисциплина «Квантовая физика наносистем» является идеальной для решения этой задачи, формируя у студентов подлинно научное мировоззрение.

**Задачи дисциплины:**

- изучение основных понятий и определений квантовой физики наносистем ;
- изучение особенностей протекания физических процессов в системах пониженной размерности;
- классификация методов формирования наноразмерных структур и их характеристика.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:** основы наноэлектроники и основы квантовой физики микромира; ознакомиться с основными разделами курса “квантовая физика наносистем”: Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности; Транспортные явления, Экранирование электрического поля в структурах пониженной размерности, Распределение квантовых состояний в системах пониженной размерности; основы квантовой физики наносистем (основные формулы и основные определения

**уметь:** использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов.

**владеть:** навыками использования экспериментальных методов для решения физических задач.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** дисциплина  
Квантовая физика наносистем относится к вариативной части блока Б1

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины:**  
Дисциплина состоит из четырех разделов.

Раздел 1. Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности. Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке. Потенциальный барьер конечной ширины. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Особенности движения частиц над потенциальной ямой. Структура со сдвоенной квантовой ямой. Энергетический спектр сверхрешеток.

Раздел 2. Транспортные явления. Стационарная дрейфовая скорость. Рассеяние электронов в 2D-системах. ТермоЭДС в квазидвумерных системах. Асимметричные наноструктуры в магнитном поле. Подвижность электронов в системах с селективным легированием. Особенности электрон-фононного взаимодействия в системах пониженной размерности.

Раздел 3. Экранирование электрического поля в структурах пониженной размерности. Приповерхностная область пространственного заряда. Уравнение Пуассона. Разновидности областей пространственного заряда. Решение уравнения Пуассона. Поверхностное квантование.

Раздел 4. Распределение квантовых состояний в системах пониженной размерности. Особенности распределения плотности состояний в 2D-системах. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации электронов и толщины пленки для 2D-систем. Распределение плотности состояний в квантовых проволоках и квантовых точках. Энергетический спектр мелких примесных состояний в системах пониженной размерности. Влияние размерного квантования на состояния мелкого экситона. Энергетический спектр в полупроводниковых пленках с вырожденными зонами.

**Форма текущего контроля:** лабораторные работы.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен (1 семестр).

**Коды формируемых (сформированных) компетенций:**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | -          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | -          |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |

### **ФТД.В.01 Проблемы электронного строения современных материалов**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** получение представления о связи фундаментальных свойств кристаллов и аморфных твердых тел с их атомным строением; о влиянии ближнего и дальнего порядка на электронную структуру твердого тела, его кристаллическое строение, тип химической связи и структурный тип вещества.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Курс "Проблемы электронного строения современных материалов" относится к вариативной части факультативных дисциплин. Курс связан со всеми изучаемыми дисциплинами как общеобразовательного плана, так и специальными.

**Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

1. Некоторые элементы теории групп и классификация электронных состояний.

2. Точечные группы и их представления. Элементы точечной группы.
3. Стереографическая проекция. Обозначения Германа/Морена.
4. Регулярное представление. Приведение регулярного представления.

Характеры групп.

5. Составление таблиц характеров основных точечных групп. Составление таблиц характеров основных точечных групп.

6. Классификация состояний в точках высокой симметрии в зоне Бриллюэна. Соотношение совместимости.

7. Энергетические зоны в модели свободных электронов.

8. Функция плотности состояний и методы ее исследования. Плотности состояний поверхность Ферми (приближение пустой решетки), уровень Ферми.

9. Некоторые экспериментальные методы исследования плотности состояний.

10. Рентгеноэлектронный метод.

11. Оптический метод.

12. Связь распределения интенсивности рентгеновских рентгеноэлектронных и оптических спектров с плотностью состояний.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

а) общекультурные (ОК) -

б) общепрофессиональные (ОПК) ОПК-6

в) профессиональные (ПК) ПК-2, ПК-3

### **ФТД.В.02 Теория измерений**

**Цели и задачи учебной дисциплины:** приобретение студентами теоретических знаний об обеспечении единства требуемой точности измерений, о методах измерения различных физических величин и обработки их результатов. Основная задача дисциплины – заключается в рассмотрении основ теории измерений, понятия погрешности измерений, методов измерений.

**Место учебной дисциплины в структуре АОП:** Курс "Теория измерений" относится к вариативной части факультативных дисциплин.

#### **Краткое содержание (дидактические единицы) учебной дисциплины**

1. Введение.
2. Процессы измерения, предметы и явления окружающего мира как объекты познания. Физические величины, свойства, размерность. Теория подобия свойств и размерностей.
3. Понятие правильности, точности, достоверности- как стабильности результатов измерений.
4. Шкалы измерений. Постулаты теории измерений. Физические величины и единицы их измерений. Шкалы физических величин.
5. Системы единиц физических величин. Эталоны физических величин и поверочные схемы. Стандартные образцы.
6. Погрешности измерений. Математические модели погрешностей.
7. Систематические погрешности. Способы обнаружения и устранения систематических погрешностей.
8. Случайные погрешности. Вероятностное описание и законы распределения случайных погрешностей.
9. Точечные оценки законов распределения.

10. Доверительная вероятность и доверительный интервал.
11. Обработка результатов измерений.
12. Математические модели измеряемых величин и средств измерений.

**Формы текущей аттестации:** нет

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

а) общекультурные (ОК)

-

б) общепрофессиональные (ОПК)

ОПК-6

в) профессиональные (ПК)

ПК-2, ПК-3

## **Аннотация производственной практики**

### **Б2.В.01(Н), Б2.В.02(Н) Производственная практика, научно-исследовательская работа**

#### **Цели производственной практики, научно-исследовательской работы:**

- подготовка к осуществлению научно-исследовательской работы;
- овладение различными методами, формами и видами научно-исследовательской деятельности;
- знакомство с организацией научных исследований в лабораториях Университета, профильных научно-исследовательских институтов, научно-исследовательских и промышленных организаций;
- формирование элементов общенаучных, социально-личностных компетенций;
- приобретение практических навыков, компетенций, а также опыта самостоятельной профессиональной деятельности в соответствии с требованиями и квалификационной характеристикой магистра, установленными ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика.
- сделать научно-исследовательскую работу магистрантов постоянным и систематическим элементом учебного процесса;
- включить магистрантов в среду научного сообщества;
- реализовать потребности обучающихся в изучении научно-исследовательских проблем;
- сформировать стиль научно-исследовательской деятельности.

#### **Задачи производственной практики, научно-исследовательской работы:**

- приобретение навыков решения конкретных физических задач современной теоретической физики;
- закрепление и расширение навыков использовать полученные знания для достижения основных целей при выполнении научных исследований;
- развитие навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности;
- создание условий для приобретения собственного опыта, необходимого для выработки научного мышления и мировоззрения;
- закрепление умений и навыков при создании и оформлении отчета по практике.
- обеспечение планирования, корректировки и контроля качества выполнения индивидуальных планов научно-исследовательской работы магистрантов;
- проведение профориентационной и консультационной работы для магистрантов, позволяющей им выбрать направление исследования и тему магистерской диссертации;
- формирование у студентов навыков академической и научно-исследовательской работы, специфических для уровня обучения в магистратуре, умения вести научную дискуссию, представлять результаты исследования в различных формах устной и письменной деятельности (презентация, реферат, аналитический обзор, критическая рецензия, доклад, сообщение, выступление, научная статья обзорного, исследовательского и аналитического характера и др.);
- обеспечение обсуждения научно-исследовательской работы магистрантов, позволяющее оценить уровень приобретенных знаний, умений и сформированных компетенций обучающихся и степень их готовности к соответствующим видам профессиональной деятельности;
- обеспечение непосредственной связи научно-исследовательской работы с профессиональной сферой деятельности будущего магистра;
- развитие основных научных направлений Университета, обеспечение преемственности уровней подготовки: бакалавриат – магистратура – аспирантура.

**Время проведения практики:** 1 курс – 1 и 2 семестры; 2 курс – 3 семестр.

**Формы проведения практики**

Вид практики: производственная.

Способ проведения практики: стационарная.

Форма проведения практики: непрерывная.

**Содержание производственной практики, научно-исследовательской работы**

Общая трудоемкость производственной практики, научно-исследовательской работы составляет 14 зачетных единиц, 504 часа.

Разделы (этапы) практики:

1. Организационные мероприятия. Первая установочная конференция по практике. Определение целей и задач практики. Формулировка темы практики. Ознакомление с режимом работы в период практики и формами текущей и итоговой отчетности. Определение параметров оценки практики.

2. Ознакомительный этап. Подготовка индивидуального исследовательского плана практики. Ознакомление студентов с базой проведения научно-исследовательской работы (компьютерной лабораторией кафедры физики твердого тела и наноструктур, лабораториями и научно-образовательными центрами физического факультета, Центром коллективного пользования ФГБОУ ВО «ВГУ»). Работа с научной и патентной литературой по теме практики.

3. Практический этап. Выполнение заданий по теме практики: освоение методов проведения исследовательской работы для решения задач практики. Освоение методов проведения теоретических расчетов для решения задачи практики; проведение необходимых исследований в соответствии с программой практики. Систематизация и анализ полученных данных. Подготовка отчета по результатам научно-исследовательской работы.

4. Подготовка к научно-исследовательскому семинару по результатам научно-исследовательской работы.

5. Представление и обсуждение результатов научно-исследовательской работы на семинарских занятиях.

6. Подведение итогов проведения научно-исследовательского семинара.

7. Заключительный этап. Конференция. Подведение итогов практики.

**Формы промежуточной аттестации (по итогам практики):** зачет, зачет с оценкой.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

а) общекультурные (ОК)

ОК-1, ОК-3

б) общепрофессиональные (ОПК)

ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6

в) профессиональные (ПК)

ПК-2, ПК-3

## **Б2.В.03(П) Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности**

### **Цели производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности**

Целью производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности является формирование навыков решения конкретных физических задач современной физики наносистем; умений интерпретировать и использовать полученные знания для достижения основных целей в рамках выполнения магистерской диссертации, а также расширение теоретических знаний и практических навыков в научно-исследовательской работе и инновационной деятельности по программе подготовки "Физика наносистем".

### **Задачи производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности**

Задачами производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности являются:

- формирование навыков исследователя и аналитика в области физики наносистем;
- формирование у магистранта представления о содержании и формах планирования, контроля и анализа научных исследований;
- создание условий для приобретения собственного опыта, необходимого для выработки профессионального мышления и мировоззрения;
- проведение научных исследований, решение конкретных научно-инновационных задач;
- формирование профессиональных умений и навыков самостоятельного получения нового научного знания и его применения для решения научных задач;
- установление и укрепление связи теоретических знаний, полученных обучающимися при изучении дисциплин основной образовательной программы, с решением исследовательских и инновационных задач.

### **Время проведения производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности:**

1 курс – 2 семестр, 2 курс – 3 и 4 семестры.

### **Формы проведения практики**

**Вид практики:** производственная.

**Способ проведения практики:** стационарная/выездная.

**Форма проведения практики:** дискретная.

### **Содержание производственной практики**

Общая трудоемкость производственной практики составляет 34 зачетных единицы, 1224 часа.

Разделы (этапы) практики:

1. Организационный этап. Инструктаж по технике безопасности. Определение целей и задач практики. Формулировка темы практики. Ознакомление с режимом работы в период практики и формами текущей и итоговой отчетности. Определение параметров оценки практики.

2. Ознакомительный этап. Подготовка индивидуального исследовательского плана практики. Работа с монографиями, патентной и журнальной литературой по теме практики.

3. Практический этап. Выполнение исследовательских заданий по теме практики: знакомство с лабораторией и оборудованием кафедры физики твердого тела и наноструктур физического факультета и Университета; изучение задач конкретной тематики практики, приборов и пакетов специализированного программного обеспечения для ее решения; освоение методов проведения расчетной работы для решения задач практики и т.д.

4. Расчетная работа по теме практики: сбор расчетных данных; статистическая обработка результатов; графическое представление итогов эксперимента и расчета.

5. Интерпретация теоретических расчетов по теме работы. Обоснование механизма изученных физических явлений на основе расчетных данных.

6. Заключительный этап. Подготовка и написание отчета по производственной практике. Защита практики.

**Формы промежуточной аттестации (по итогам практики):** зачет, зачет с оценкой.

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| а) общекультурные (ОК)        | ОК-2, ОК-3          |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4 |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3          |

## **Б2.В.04(Пд) Производственная практика, преддипломная**

### **Цели производственной практики, преддипломной**

Целями производственной преддипломной практики являются: закрепление и расширение теоретических знаний и практических навыков в научно-инновационной деятельности, оформление магистерской диссертации и подготовка к ее защите.

### **Задачи производственной практики, преддипломной**

Задачами производственной преддипломной практики являются:

- анализ научной литературы, посвященной методам физики наносистем, написание литературного обзора по теме выпускной квалификационной работы;
- описание основных методик измерений, используемых в проведенных исследованиях;
- описание и анализ результатов научно-исследовательской работы;
- формулировка выводов по результатам проведенных научных исследований по теме магистерской диссертации.

### **Время проведения производственной практики, преддипломной:**

2 курс - 4 семестр.

### **Формы проведения практики**

**Вид практики:** производственная.

**Способ проведения практики:** стационарная/выездная.

**Форма проведения практики:** дискретная.

### **Содержание производственной практики, преддипломной**

Общая трудоемкость производственной преддипломной практики составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Разделы (этапы) практики:

1. В течение первого этапа практики магистранты знакомятся с программой, целями и задачами преддипломной практики, индивидуальным исследовательским планом практики; посещают базы практики; знакомятся с правилами оформления магистерской диссертации, критериями выставления дифференцированного зачета (с оценкой), порядком подведения итогов практики; посещают консультации научного руководителя в университете.

2. В течение второго этапа магистранты проводят анализ теоретических данных; проводят математико-статистическую обработку теоретических данных с применением современных математических методов и использованием адекватных поставленным целям статистических критериев; наглядно оформляют полученные результаты (в виде графиков, таблиц, диаграмм и т.п.); формулируют предварительные выводы; оформляют литературный обзор, методическую и экспериментальную части магистерской диссертации на бумажном и электронном носителях.

3. Написание отчета по практике. Защита преддипломной практики.

**Формы промежуточной аттестации (по итогам практики)** зачет с оценкой

**Коды формируемых (сформированных) компетенций**

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| а) общекультурные (ОК)        | ОК-3       |
| б) общепрофессиональные (ОПК) | ОПК-6      |
| в) профессиональные (ПК)      | ПК-2, ПК-3 |