

*Аннотации к рабочим программам дисциплин
основной профессиональной образовательной программы высшего образования
по направлению подготовки
03.04.02 Физика
с направленностью (профилем)
«Физика конденсированного состояния вещества»*

Б1.Б.1 Философские проблемы естествознания

Данная дисциплина входит в базовую часть Блока 1 "Дисциплины (модули)" программы магистратуры. Изучение дисциплины предполагает наличие знаний, навыков и умений, полученных и сформированных в результате изучения дисциплины "Философия" (дисциплина ООП бакалавриата) и освоения компетенции ОК 1 ООП бакалавриата.

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины "Философские проблемы естествознания" являются частью теоретических и методологических оснований для изучения следующих дисциплин:

- "Современные проблемы физики";
- "История и методология физики".

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Содержание включает: Исторические и методологические проблемы естествознания. Феномен науки, специфика научного знания. Методологический инструментарий современной науки. Динамика физической картины мира: классическая и неклассическая, постнеклассическое естествознание. Картина мира как философская и естественнонаучная категория. Картина мира в классической, неклассической и постнеклассической физике. Онтологические проблемы физики. Проблема пространства и времени. Проблема онтологического статуса объектов физической теории: специфика физической реальности. Проблема детерминизма. Методологические проблемы физики. Проблема объективности научного знания. Проблема критериев истинности знания.

Б1.Б.2 Специальный физический практикум

Данная дисциплина реализуется в рамках базовой части Блока 1 "Дисциплины (модули)" программы магистратуры. Для освоения данной дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках освоения дисциплин модуля "Общая физика", "Теоретическая физика" и "Математика" в объеме, предусмотренном учебным планом подготовки бакалавров. Дисциплина "Специальный физический практикум" связана со следующими дисциплинами: "Методы электронной теории в физике твердого тела", "Взаимодействие лазерного излучения с веществом", "Спектроскопия твердого тела", "Массовая кристаллизация наноструктурированных неорганических материалов", "Физика наноматериалов на основе углерода".

Дисциплина изучается на 1-2 курсе в 1-3 семестре.

Содержание включает: Лаборатория исследований и разработок. Пакет прикладных программ CRYSTAL. Исследование структуры твердых тел. Вычисление энергетических зон кристаллов и компьютерное моделирование оптических и фотоэмиссионных свойств. Вычисление механических свойств твердых тел. Компьютерное моделирование электронных свойств поверхности. Моделирование

электронных свойств дефектов в кристаллах. Лаборатория физики и химии быстро протекающих процессов. Измерение параметров импульсного лазерного излучения: энергии, длительности импульса, пространственного распределения энергии и расходимости лазерного пучка. Изучение автоматизированного лазерного спектрометра. Источник возбуждения. Изучение автоматизированного лазерного спектрометра. Стрик-камера "Взгляд-2А". Практические схемы экспериментов по исследованию нестационарных люминесценции, поглощения и проводимости, возникающих при действии лазерного излучения. Генерация высших гармоник. Параметрическая генерация сверхкоротких световых импульсов. Пикосекундный континуум и его свойства. Оптический пробой в газах и прозрачных диэлектриках. Нестационарная проводимость в ЩГК и галогенидах серебра. Проводимость на начальных стадиях взрывного разложения азидов тяжелых металлов. Люминесценция на начальных стадиях взрывного разложения азидов тяжелых металлов. Лаборатория материалов специального назначения. Массовая кристаллизация МК AgHal. Определение размера микрокристаллов мелкозернистой дисперсии. турбидиметрическим методом. Определение размера частиц дисперсных систем, не подчиняющихся уравнению Рэля, турбидиметрическим методом. Седиментационный анализ крупнозернистых дисперсий. Электронно-микроскопическое исследование эмульсионных галогенидосеребряных микрокристаллов. Гранулометрический и дисперсионный анализ.

Б1.Б.3 Современные проблемы физики

Данная дисциплина является вводной по направлению и в ней, с одной стороны, подводятся итоги изучения фундаментальной составляющей физических дисциплин бакалавриата, а с другой - дается введение в новейшие достижения современной физики и их применениям в технике. При изучении дисциплины предполагается, что магистранты усвоили цикл фундаментальной подготовки по общей и теоретической физике, высшей математике в объеме, предусмотренном учебным планом подготовки бакалавров на физических факультетах университетов. Необходимо также владеть компьютерными технологиями уметь пользоваться базами данных, пакетами вычислительных программ.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 и 2 семестре. Часть вопросов, материал по которым имеется в курсе общей физики, выносится на самостоятельное изучение.

Содержание включает: Лазерное охлаждение. Действие оптических сил на атомы. Лазерное охлаждение и оптические ловушки. Лазерное охлаждение свободных атомов. Ловушки частиц. Эксперименты с "пойманными" ионами. Применения. Акустооптика. Основные виды дифракции света на звуке. Теория раман - натовского и брэгговского режимов. Взаимодействие света с поверхностными акустическими волнами. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна в кристаллах. Акустооптика жидких кристаллов. Применение акустооптических взаимодействий. Фуллерены. История открытия. Технология синтеза. Физика, химия и материаловедение фуллеренов. Фуллерены в космосе. Углеродные нанотрубки. Структура и свойства нанотрубок. Упругие свойства углеродных нанотрубок. Материалы и композиты на основе углеродных нанотрубок. Применения углеродных нанотрубок, основанные на их свойствах. Двойные гетероструктуры. Молекулярно-лучевая эпитаксия и резкие гетерограницы. Классические гетероструктуры. Гетероструктуры с квантовыми ямами и сверхрешетками. Гетероструктуры с квантовыми проволоками и квантовыми точками. Применения. Квантовый эффект холла. Двумерный электронный газ и его свойства. История открытия квантового эффекта Холла. Дробный

квантовый эффект Холла. Применения. Высокотемпературная сверхпроводимость. История открытия и исследования сверхпроводимости. Высокотемпературные сверхпроводники и их свойства. Возможные механизмы высокотемпературной сверхпроводимости. Квантовая хронодинамика. Открытие структуры барионов. Гипотеза кварков. Открытие асимптотической свободы. Основные идеи квантовой хронодинамики. Анизотропия реликтового излучения. Космический реликтовый фон. Основные законы реликтового излучения. Поляризация реликтового излучения. Измерение анизотропии реликтового излучения. Становление стандартной космологической модели. Квантовые вычисления и квантовый компьютер.

Б1.Б.4 История и методология физики

Данная дисциплина реализуется в рамках дисциплин базовой части Блока 1 "Дисциплины (модули)" программы магистратуры. Для успешного усвоения и изучения дисциплины, студенты должны знать физику в объеме, предусмотренном учебным планом направления 03.03.02 Физика.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре. Часть вопросов, материал по которым имеется в курсе общей физики, выносятся на самостоятельное изучение.

Содержание включает: Предмет истории и методологии физики. Периодизация истории физики. Библиография истории физики. Возникновение науки. Зарождение научных знаний. Начальный этап античной науки. Античная натурофилософия (милетская школа, Пифагор и пифагорейцы, Платон, атомисты, Аристотель). История развития механики. Механика античного мира и средневековья. Механика эпохи первой научной революции. Ньютон - основоположник классической механики. Развитие механики в XVIII-XIX вв. Аналитическая механика. Методология механики. Развитие учения о теплоте и молекулярной физике. Возникновение и развитие термодинамики. История развития молекулярной физики. Методологические аспекты термодинамики и молекулярной физики. Развитие учения об электричестве и магнетизме. Начало научных исследований электрических и магнитных явлений. Возникновение и развитие электродинамики. Методологические вопросы электродинамики. Возникновение и развитие оптики. Возникновение оптики. Развитие волновой оптики в XIX в. Методологические аспекты оптики. Теория относительности и космология. Физическое пространство-время. Элементы современной космологии. Методологические аспекты теории относительности и космологии. Становление квантовой физики. Открытие кванта действия М. Планком. Теория фотоэффекта. Матричная механика В. Гейзенберга. Волны де Бройля и уравнение Шредингера. Релятивистская квантовая теория. Теория поля. Физика элементарных частиц и стандартная модель. Четыре типа основных взаимодействий. Проблемы современной физики. Нобелевские премии по физике за последние двадцать лет. Современные проблемы и перспективы развития физики. Как делаются открытия. Особенности научной работы. Методика "открывательства" Г.С. Альтшуллера - создателя ТРИЗ. Классификация открытий. Исходное построение методики "открывательства". Приемы открытия новых явлений. Приемы открытия закономерностей. Выбор достойной цели. Жизненная стратегия творческой личности.

Б1.В.ОД.1 Иностраный язык в сфере профессиональной коммуникации

Данная дисциплина реализуется в рамках вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" программы магистратуры. Изучение дисциплины "Иностраный язык в сфере

профессиональной коммуникации" имеет также логическую и содержательно-методическую связь с другими дисциплинами магистерской программы, что выражается в изучении не иностранного языка вообще, а профессионально ограниченного, ориентированного, прежде всего на научную и практическую профессиональную деятельность выпускника магистратуры.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 - 2 семестрах.

Содержание включает: "Развитие умений иноязычного общения в разных сферах и ситуациях. Сферы и ситуации иноязычного общения. Поиск новой информации - работа с текстами из учебной, научно-технической и справочной литературы. Устный обмен информацией - устные контакты в ситуациях повседневного общения; - обсуждение проблем общенаучного характера. Письменный обмен информацией - записи, выписки; - составление плана текста; - письменное сообщение, отражающее определённое коммуникативное намерение. Умения иноязычного общения. Чтение - владение всеми видами чтения профессиональной/общенаучной литературы. Развитие умений иноязычного общения применительно к специальности физика твёрдого тела. Говорение и аудирование - устный обмен информацией в процессе повседневных и деловых контактов, деловых встреч (конференции, симпозиумы, дискуссии); - работа на выставке, в ходе работы научной конференции (беседы у стендов). Письмо - фиксирование информации, получаемой при чтении текста; - составление плана, тезисов сообщения/доклада; - перевод научно-технических текстов с родного языка на иностранный; - аннотирование и реферирование текстов по специальности. Творческий поиск и обработка полученной информации - работа с оригинальной литературой по специальности; - работа с оригинальной литературой научного характера, сопоставление и определение/выбор путей и способов научного исследования (изучение статей, рефератов). Устная информационная деятельность - обмен информацией общего и профессионального/научного характера в процессе повседневных бесед, на научной конференции. Письмо - перевод научно-технических текстов на русский и с русского на иностранный; - составление плана, тезисов сообщения/доклада; - аннотирование и реферирование текстов по специальности; - составление резюме/CV, деловых писем различного жанра. "

Б1.В.ОД.2 Компьютерные технологии в науке и производстве

Данная дисциплина реализуется в рамках обязательных дисциплин вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" программы магистратуры. Дисциплина Компьютерные технологии в науке и производстве базируется на курсах циклов дисциплин естественнонаучных и профессиональных дисциплин, входящих в модули Математика, Физика, Теоретическая физика и на материалах дисциплин модуля Информатика: Программирование, Численные методы и математическое моделирование из программ стандартной подготовки на физических факультетах университетов бакалавров и специалистов. Магистранты, обучающиеся по данному курсу должны знать основы математического анализа, программирования, общего и теоретического курса физики и иметь практические навыки программирования.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 и 2 семестре.

Содержание включает: Общая характеристика современных компьютерных технологий. Операционные системы, стандарт POSIX, сервисные системы. Коммерческие, научные и дидактические технологии. Сравнительная характеристика. Характеристика

лицензий программного обеспечения. Os windows. Общая характеристика. Специфика Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, Windows 7. Windows API. Виртуальные машины. Os Linux. Общая характеристика. Специфика Debian, Suse, RedHat. Установка и конфигурирование openSUSE. Основы командной строки Linux. Мультимедийные возможности ОС Linux. Установка программ в ОС Linux. Объектно-ориентированные технологии создания современных компьютерных приложений. Языки программирования. Основы программирования на языке ФОРТРАН, С, С++, С#. SQL - структурированный язык запросов. Интернет. Общие характеристики. Программное обеспечение клиента. Основные компоненты серверной оснастки - Web-сервер, FTP-сервер. HTML, XML. WEB Services. Основы параллельных вычислений. Высокопроизводительные вычисления. Виртуализация приложений. Облачные вычисления. Применение численных методов в научных расчетах. Приложения для проведения научных расчетов. Роль стандартных библиотек. Основные возможности программного пакета Quantum ESPRESSO. Поиск оптимизированной геометрии кристалла, проведение самосогласованного расчета с использованием Quantum ESPRESSO. с использованием Quantum ESPRESSO. Основные возможности программного пакета PC GAMESS. Основные возможности свободных математических программ: Maxima, SciLab, Sage. Общая характеристика среды компьютерной верстки TeX. Пути развития информационных технологий.

Б1.В.ОД.3 Теория симметрии в физике

Данная дисциплина реализуется в рамках обязательных дисциплин вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" программы магистратуры и базируется на курсах естественнонаучных и профессиональных дисциплин, входящих в модули Математика, Физика, Теоретическая физика по направлению 03.03.02 Физика. Магистранты, обучающиеся по данному курсу, должны знать основы математического анализа, линейной алгебры, общего и теоретического курсов физики.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре

Содержание включает: Классификация собственных функций и кратность вырождения собственных значений операторов физических величин. Симметрия оператора возмущения и расщепление вырожденных уровней энергии. Расщепление термов атомов во внешнем поле. Связанные системы. Построение симметризованного базиса кристаллических и молекулярных орбиталей Соотношения совместности. Правила отбора для непрямых переходов в кристаллах. Влияние симметрии относительно инверсии времени на энергетические зоны. кристалла. Применение теории симметрии к исследованию нормальных колебаний. кристаллической решетки. Применение теории групп к исследованию фазовых переходов в кристаллах. Системы кристаллохимических радиусов. Принцип плотнейшей упаковки. Многослойные плотнейшие упаковки. Структурные типы кристаллов. Некоторые структурные типы соединений с общей формулой AX , A_2X , AX_2 , $A_mB_nC_k$. Полиморфизм. Изоморфизм. Морфотропия. Твердые растворы.

Б1.В.ОД.4 Методы электронной теории твердого тела

Данная дисциплина относится к профессиональному циклу подготовки и входит в обязательную программу вариативной части обучения магистров. Дисциплина базируется на учебных курсах "Квантовой теории", "Теории конденсированного состояния",

"Теоретической механике", "Электродинамики", "Термодинамики", "Симметрии в физике твердого тела". Входными являются знания основ квантовой теории твердого тела, электронного строения атома и атомных систем, теории симметрии, языков программирования, операционных систем и умениями осуществлять математические выкладки с использованием аппарата квантовой теории, работы с пакетами прикладных программ, поиска научной информации прикладного характера. Данная дисциплина подготовит студента к самостоятельным исследованиям физических свойств кристаллов с помощью пакетов прикладных программ, будет способствовать выполнению курсовых и дипломных работ, написанию магистерских диссертаций, участию в научных конференциях.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Содержание включает: Математическое описание кристаллической решетки. Методы расчета энергетических зон. Методы исследования механических свойств твердых тел. Методы исследования химической связи в кристаллах. Электронная структура и природа квантовых состояний в кристаллах. Зонная структура и природа квантовых состояний в кристаллах со структурой каменной соли, сфалерита, вюрцита, куприта. Зонная структура и природа квантовых состояний ионно-молекулярных кристаллов, сложных полупроводников с решеткой халькопирита. Методы исследования фотоэмиссионных свойств твердых тел. Методы исследования оптических свойств твердых тел. Методы исследования электронных свойств дефектов в кристаллах.

Б1.В.ОД.5 Взаимодействие лазерного излучения с веществом

Данная дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" программы магистратуры. Изучение дисциплины "Взаимодействие лазерного излучения с веществом" базируется на знаниях студентов полученных при изучении дисциплин "Общая физика", "Физика конденсированного состояния". Для освоения данной дисциплины необходимо знание общих курсов физики, ряда разделов теоретической физики и физики конденсированного состояния. Данный курс является базой для осознанного использования студентами при выполнении магистерских диссертаций данных по взаимодействию лазерного излучения с веществом, а также для освоения практических навыков работы с лазерной техникой в качестве специалиста.

Дисциплина изучается на 2 курсе магистратуры в 1 семестре.

Содержание включает: Лазерное излучение и его основные свойства. Вещество. Взаимодействие на атомном уровне. Общие вопросы взаимодействия излучения с прозрачными и непрозрачными средами. Квантовые системы в поле лазерного излучения. Нелинейно-оптические и нестационарные эффекты. Высокоинтенсивное воздействие на газы и прозрачные диэлектрики. Действие лазерного излучения на непрозрачные материалы. Лазерная плазма. Действие лазерного излучения на сложные системы. Особенности энергетических материалов как объектов исследования действия излучения на вещество. Предвзрывные явления и продукты взрывного разложения. Модельные представления о начальных стадиях взрывного разложения азидов тяжелых металлов (АТМ).

Б1.В.ОД.6 Физика наноматериалов на основе углерода

Данная дисциплина реализуется в рамках вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" программы магистратуры. Для освоения данной дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках освоения дисциплин модуля "Общая физика", "Теоретическая физика", "Математика", дисциплины "Химия", "Современные материалы" в объеме, предусмотренном учебным планом подготовки бакалавров.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Содержание включает: Определение и классификация наноматериалов. История открытия (фуллерены, нанотрубки, графены). Фуллерены, строение, методы получения, свойства. Графены, строение, методы получения, свойства. Нанотрубки и нановолокна. Углеродные нанотрубки. Структура и дефекты углеродных нанотрубок. Особые свойства углеродных нанотрубок. Теория строения нанотрубок. Образование структур. Стабильность нанотрубок. Синтез углеродных нанотрубок (история развития, методы). Механизмы роста нанотрубок. Одностенные и многостенные нанотрубки. Способы соединения нанотрубок в более сложные структуры. Экспериментальные методы исследования наноструктур. Электронные свойства нанотрубок. Магнитные свойства нанотрубок. Оптические свойства нанотрубок. Механические свойства нанотрубок. Вибрационные свойства нанотрубок. Методы очистки, разделения и функционализации свойств углеродных нанотрубок. Свойства гибридных и наполненных нанотрубок. Области применения наноматериалов. Композитные материалы. Молекулярная электроника.

Б1.В.ДВ.1 1 Новые информационные технологии в работе с научной литературой по специальности

Данная дисциплина представляет собой дисциплину по выбору общенаучного цикла ООП магистратуры. При изучении дисциплины предполагается, что магистранты освоили новые информационные технологии общего плана. Необходимо владеть компьютерными технологиями, уметь пользоваться базами данных.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Содержание включает: Поиск научной литературы. Сайты ведущих журналов (aps.org, ioffe.ru, iop.org, www.iucr.org, www.nature.com, sciencedirect.com, www.sciencemag.org, springer.com). Архив препринтов arxiv.org. Книжные online-магазины: поиск книг по теме, оформление заказа. Сайты библиотек. elibrary.ru, kemrsl.ru, library.kemsu.ru, phys.kemsu.ru. Научно-популярные сайты: computerra.ru, elementy.ru. membrana.ru, porpmach.ru. Online-учебники. Поиск информации. Сохранение требуемых глав в различных форматах (html, chm, mht). Электронные базы данных. Inorganic Crystal Structure Database. Crystal Lattice Structures. Структура данных и работа с ними. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. ГОСТ 7.60-2003 (Издания. Основные виды. Термины и определения). ГОСТ 7.1-2003 (Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления). Основные форматы представления электронной научной информации. Open Office. Microsoft Word. Adobe Acrobat. LaTeX. Djvu. Конвертация информации. Практическая работа с информацией в среде LaTeX. Среды математических пакетов. Участие в научных конференциях. Подача заявки. Подготовка тезисов. Написание доклада. Создание презентации. Оформление командировочного удостоверения и отчета о командировке.

Б1.В.ДВ.1 2 Педагогика и психология высшей школы

Данная дисциплина реализуется в рамках дисциплин по выбору программы магистратуры. Освоение магистрантами данной дисциплины является логическим продолжением изучения дисциплин "Психологи и педагогика" (в структуре ООП бакалавриата). Для освоения дисциплины необходимо знать основы "Возрастной психологии и педагогики", а также курса "Педагогическое мастерство". Данная учебная дисциплина является важнейшим условием для прохождения научно-педагогической практики.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Содержание включает: Основные достижения, проблемы и тенденции развития отечественной и зарубежной высшей школы; особенности обучения в высшей школе; особенности развития юношеского возраста. Социальная ситуация развития личности студента. Цель воспитательно-образовательного процесса в вузе: цель как категория педагогическая; характеристики личности студента и их отражение в воспитательно-образовательном процессе вуза; целеполагание в деятельности педагога. Дидактика высшей школы: сущность воспитательно-образовательного процесса вуза; характеристика педагогической деятельности; содержание вузовского образования; формы и методы обучения в вузе; контроль и оценка знаний студентов; качество обученности и качество образования; рейтинг деятельности преподавателя; процесс самообразования преподавателя вуза; продуктивная деятельность преподавателя и студентов; развитие личности студентов в процессе обучения и воспитания; движущие силы, условия и механизмы развития личности; личность и коллектив; функционирование малых социальных групп.

Б1.В.ДВ.2 1 Дополнительные главы математики (Теория групп)

Данная дисциплина представляет собой дисциплину по выбору и базируется на курсах естественнонаучных и профессиональных дисциплин, входящих в модули Математика, Физика, Теоретическая физика по направлению 03.03.02 Физика. Студенты, обучающиеся по данному курсу должны знать основы аналитической геометрии, линейной алгебры, векторного и тензорного анализа, теории функций комплексного переменного, общей и теоретической физики, компьютерного моделирования в физике твердого тела.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Содержание включает: Элементы абстрактной теории групп. Понятие группы, подгруппы; изоморфизм, гомоморфизм групп; прямое произведение групп; классы. Преобразования симметрии. Матричный метод описания операций симметрии. Международные обозначения операций симметрии и обозначения по Шенфлису. Теоремы об умножении операций точечной симметрии. Точечные группы симметрии. Стереографические проекции. Орбиты точечных групп. Представления групп. Приводимые и неприводимые представления. Теоремы о свойствах неприводимых представлений. Ортогональность характеров неприводимых представлений. Неприводимые представления циклических групп, прямого произведения групп, нециклических групп. Операторы проектирования. Непрерывные группы. Неприводимые представления полной группы вращений. Черно-белые и цветные точечные группы симметрии. Геометрия кристаллического пространства. Кристаллическая решетка, индексы узлов решетки, узловых рядов и узловых плоскостей. Первая основная терема решетчатой кристаллографии. Обратная решетка. Вторая основная решетчатой

кристаллографии. Условие параллельности узлового ряда и узловой плоскости. Кристаллографические проекции. Градусные сетки. Неприводимые представления группы трансляций. Группа волнового вектора. Неприводимые представления группы волнового вектора. Пространственные группы симметрии. Сингонии. Решетки Бравэ. Элементы симметрии пространственных групп. Теоремы об умножении операций пространственной симметрии кристаллических структур. Орбиты пространственных групп. Международные обозначения точечных групп. Группа лоренца. Спин-орбитальное расщепление. Двойные группы. Представления двойных групп.

Б1.В.ДВ.2 2 Дополнительные главы квантовой теории (Релятивистская квантовая механика)

Данная дисциплина является дисциплиной по выбору общенаучного цикла дисциплин магистерской программы "Физика конденсированного состояния" направления Физика. Основное внимание в ней уделяется тем приближениям, которые делались при изучении в курсах бакалавров в классической физике и классической квантовой физике; тем физическим эффектам, которыми пренебрегали, подходам к их описанию.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Содержание включает: Связь теории движения (механика) и теории взаимодействия (теория поля). Преобразования Галилея и Лоренца. 4-х мерное пространство-время Минковского. Ковариантность уравнений физики. Ковариантная формулировка электродинамики и механики. СТО. Приделы применимости классической квантовой механики. Уравнение Клейна - Гордона - Фока (КГФ) и его интерпретация. Свободное движение КГФ частицы. Понятие античастицы, зарядовое сопряжение, матрицы Паули. Одночастичные операторы физических величин в теории КГФ. Взаимодействие КГФ частиц с электромагнитным полем. Релятивистское уравнение Дирака. Матрицы Дирака. Свободное движение дираковской частицы. Момент в теории Дирака. Спин. Нерелятивистские пределы для уравнения Дирака. Одночастичные операторы физических величин в теории Дирака. Взаимодействие дираковской частиц с электромагнитным полем. Уравнение Паули. Релятивистские поправки к движению электрона в электромагнитном поле. Тонкая структура спектра атома водорода. Точное решение уравнения Дирака для кулоновского поля. Базовые идеи квантовой теории поля. Процедура квантования в механике и ее обобщения на теорию поля. Свойства операторов рождения и уничтожения. Построение базисных наборов для описания состояний квантованного поля. Разложение полевых операторов по операторам рождения и уничтожения. Оператор Гамильтона квантованного свободного поля. Квантование поля Клейна-Гордона. Закон сохранения заряда. Вакуумное состояние в квантовой теории поля и его физический смысл. Квантование поля Дирака. Общие принципы квантования тензорных и спинорных полей.

Б1.В.ДВ.3 1 Электронное строение полупроводников и диэлектриков

Данная дисциплина относится к профессиональному циклу подготовки и относится к вариативной части, определяемой по выбору студента. Дисциплина базируется на учебных курсах "Квантовой теории", "Теории конденсированного состояния", "Электродинамики", "Термодинамики", "Симметрии в физике твердого тела", "Методы электронной теории твердого тела". Входными являются знания основ квантовой теории твердого тела, электронного строения атома и атомных систем, теории симметрии, языков

программирования, операционных систем и умениями осуществлять математические выкладки с использованием аппарата квантовой теории, работы с пакетами прикладных программ, поиска научной информации прикладного характера.

Данная дисциплина подготовит студента к самостоятельным исследованиям электронных свойств кристаллов с помощью пакетов прикладных программ, будет способствовать выполнению курсовых и дипломных работ, написанию магистерских диссертаций, участию в научных конференциях.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Содержание включает: Физика химической связи в твердых телах: образование химической связи; ионная, ковалентная, ван-дер-ваальсова типы связи; степень ковалентности, ионности; экспериментальные и теоретические методы изучения химической связи; метод подрешеток в исследовании распределения электронной плотности; механизмы образования химической связи в тетраэдрических полупроводниках, галогенидах и оксидах металлов, ионно-молекулярных кристаллах. Оптические свойства твердых тел: теоретический анализ междузонных оптических переходов, их связь с оптическими константами; структура оптических констант в критических точках; оптические переходы с учетом экситонных эффектов; экспериментальные и теоретические методы исследования оптических свойств; строение оптических спектров Si, Ge, GaAs, ЩГК, MgO, CaS. Фотоэлектронные свойства: фотоэлектрическая эмиссия; рентгеновская спектроскопия; методы вычисления энергетического распределения интенсивности; фотоэлектронные спектры кристаллов простого и сложного составов. Явления переноса: уравнение Больцмана; электропроводность; эффект Холла; тепловые и термоэлектрические эффекты; туннелирование электронов. Статистика электронов и дырок в полупроводниках: концентрация электронов и дырок; уравнение электронейтральности; собственный полупроводник; примесный полупроводник; вырожденный, невырожденный полупроводник.

Б1.В.ДВ.3 2 Спектроскопия твердого тела

Данная дисциплина реализуется в рамках вариативной части, определяемой по выбору студента. Для освоения данной дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках освоения дисциплин модуля "Общая физика", "Теоретическая физика" и "Математика", дисциплины "Введение в физику твердого тела", "Современные материалы" в объеме, предусмотренном учебным планом подготовки бакалавров.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Содержание включает: Спектральные приборы. Оптические спектры атомов. Излучение атома (квантовая модель). Интенсивность излучения (квантово-механическая модель). Спонтанное и вынужденное излучение. Вероятность перехода. Правила отбора. Поляризация излучения. Сила осциллятора. Среднее время жизни. Ширина спектральной линии. Однородное и неоднородное уширение. Естественное уширение. Допплеровское уширение. Радиус Вайскопфа. Ударное уширение. Систематика спектров. Приближение L-S и J-J -связи. Электростатическое и обменное взаимодействие в электронной оболочке. Мультиплетная структура терма. Правило Хунда. Правила отбора. Правило интеркомбинационного запрета. Сравнение L-S и J-J -связи. Сверхтонкая структура спектральных линий. Магнитное взаимодействие. Квадрупольное электрическое взаимодействие. Массовый и объемный изотопический эффекты. Введение в

молекулярную спектроскопию. Спектры: вращательные, колебательные и электронные энергетические интервалы спектров. Расчет энергетических спектров молекул. Ширина линии. Естественная ширина. Соотношение неопределенности. Уширение линий. Вероятностный метод расчета интенсивностей линий. Вращательные спектры молекул. Спектр молекулы (ИК и КР - спектры). Молекула как ангармонический осциллятор. ИК и спектры КР. Колебательные спектры ИК и КР света. Основные и комбинационные частоты. Активность линий в спектрах ИК -поглощения и КР света. Молекулярная спектроскопия. Электронные спектры двухатомной молекулы. Формирование колебательных полос. Колебательная энергия нижнего и верхнего электронных состояний. Система полос Деландера. Общий вид спектров электронно-колебательных полос. Межмолекулярные взаимодействия и электронные спектры поглощения растворов. Классификация межмолекулярных взаимодействий. Универсальные взаимодействия. Сдвиги полос спектров при взаимодействии. Динамические взаимодействия и сдвиги частот при этих взаимодействиях. Электронные спектры молекул в кристаллических матрицах. Эффект Шпольского. Внедрение молекул в кристаллические матрицы. Квазилинейчатость спектра. Электрон-фононные взаимодействия. Бесфононные и фононные квазилинии. Спектроскопия молекулярных кристаллов. Электронные спектры поглощения кристаллов бензола, нафталина и антрацена. Понятие об экситоне. Давыдовское расщепление полос в спектрах (экситонное расщепление) и экситон-фононные взаимодействия в кристаллах. Поляризация компонент экситонного расщепления. Величина расщепления. Экситон - фононное взаимодействие. Электронные спектры поглощения активированных кристаллов (кристаллы рубина, граната и др.). Активированные кристаллы. Тяжелые ионы в качестве активаторов. Спектры поглощения ионов с не заполненной d и f - оболочками. Электронные спектры поглощения полупроводниковых кристаллов. Энергетические зоны в полупроводниках. Спектры поглощения при комнатной и низкой температурах. Экситоны Ваньте - Мотта. Экситон-фононное взаимодействие и спектры полупроводниковых кристаллов. Прямозонные и непрямозонные переходы в полупроводниках. Экситонное поглощение и экситонная люминесценция полупроводников.

Б1.В.ДВ.4 1 Массовая кристаллизация наноструктурированных неорганических материалов

Данная учебная дисциплина входит в раздел "Дисциплина по выбору". Изучение дисциплины "Массовая кристаллизация наноструктурированных неорганических материалов" базируется на знаниях студентов полученных при изучении дисциплин "Химия" (способы выражения концентрации, приготовление растворов, коллоидные системы), "Кристаллофизика и кристаллохимия" (общие сведения о кристаллической структуре).

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Содержание включает: Общие принципы массовой кристаллизации. Фазовое равновесие. Многокомпонентные системы. Поверхностная энергия. Атомная структура поверхности. Фазовые равновесия с учетом поверхностной энергии. Принципы массовой кристаллизации. Гидродинамика кристаллизаторов. Процессы смешивания в жидкой фазе. Явление микросмешивания в реакторе с мешалкой. Примеры влияния микросмешивания на химические реакции. Быстрые реакции в растворах. Реакция осаждения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Взаимодействия в концентрированных суспензиях

кристаллов. Пересыщенные водные растворы. Структура пересыщенных растворов. Термодинамика растворов в состоянии равновесия. Метастабильные растворы. Методы создания пересыщения. Классические подходы к описанию зародышеобразования. Теории Фольмера, Френкеля, Зельдовича и Лифшица-Слезова. Современные теории зародышеобразования. Кинетика формирования кластеров. Экспериментальное изучение пересыщенных растворов. Кинетика зародышеобразования. Первичное и вторичное зародышеобразование. Масштабирование вторичного контактного зародышеобразования. Механизм роста кристаллов. Рост кристаллов из растворов электролита. Движущие силы роста кристаллов. Структура поверхности. Элементарные стадии роста: диффузия, адсорбция, поверхностная диффузия, диффузия по ступеням, интеграция. Полиядерный рост. Скоростопределяющая стадия. Механизм роста из многокомпонентного раствора электролита. Расчет кинетических параметров. Кинетика роста кристаллов. Поверхность кристаллов. Кинетика роста. Пересыщение растворов. Кинетика роста кристаллов из растворов электролита. Конвекция и рост кристаллов. Распределение по скоростям роста. Влияние агломерации на процесс кристаллизации. Коагуляция и коалесценция. Кинетика агломерации. Уравнение Смолуховского. Факторы замедления коагуляции. Защитные коллоиды. Конструкция промышленных кристаллизаторов. Твердофазный реактор с удалением продукта. Проточные реакторы с постоянным потоком. Проточные реакторы с переменным потоком. Бункерные реакторы. Конструирование реакторов. Современные методы получения однородных дисперсий. Общие принципы получения однородных частиц. Разделение зародышеобразования и роста. Подавление коагуляции. Выбор оптимального механизма роста. Эффект Гиббса-Томсона. Системы, обеспечивающие формирование монодисперсных частиц. Гомогенные системы. Гетерогенные системы. Управление дисперсионными характеристиками образующихся частиц. Контроль габитуса частиц. Поверхностный химический потенциал. Стабильные формы и равновесные формы. Определение дисперсионных характеристик образующихся частиц. Характеристика распределения частиц по размерам. Нормальное и логнормальное распределение. Современные методы определения дисперсионных характеристик микрочастиц.

Б1.В.ДВ.4 2 Квантовая теория многочастичных систем

Данная дисциплина представляет собой один из разделов специальной подготовки в рамках профиля "Физика конденсированного состояния" и предназначен для магистрантов второго года обучения, прослушавших основные, содержательные курсы общей и теоретической физики. Разделы курса посвящены систематическому изложению принципов описания свойств коллективных свойств систем, содержащих большое число эквивалентных, взаимодействующих частиц (прежде всего электронов) с использованием общих методов квантовой механики и теории поля, включая методы вторичного квантования, теорию функций Грина, технику диаграмм Фейнмана. В ряду других разделов, курс "Квантовая теория многочастичных систем" занимает важное место, определяя общую теоретическую основу для решения большого круга задач и проблем современного материаловедения. В силу этой особенности, изучение этого предмета требует от студентов хорошей предварительной подготовки по общим дисциплинам математического цикла, таких как "Математический анализ", "Теория функций комплексного переменного", "Дифференциальные уравнения", "Уравнения

математической физики", а также, помимо общезначимых принципов, владения математическим аппаратом квантовой теории.

Дисциплина изучается на 2 курсе магистратуры в 4 семестре.

Содержание включает: Метод вторичного квантования. Уравнение Шредингера в представлении вторичного квантования. Бозе-частицы. Ферми-частицы. Многочастичная волновая функция. Квантовомеханические представления. Представление Шредингера. Оператор эволюции. Представление взаимодействия. Временная зависимость операторов и уравнения движения. Решение для оператора эволюции в представлении взаимодействия. Хронологическое упорядочение, T-экспонента. Представление Гейзенберга. Связь представлений. Адиабатическое "включение" взаимодействия. Теорема Гелл-Манна-Лоу. Вырожденный электронный газ. Формулировка задачи, Гамильтониан. Периодические граничные условия. Представление вторичного квантования для кинетической энергии и энергии взаимодействия. Вычисление энергии основного состояния с помощью теории возмущений (пределы высокой и низкой плотности). Функции Грина. Определение функции Грина. Общие свойства, ожидаемые значения операторов физических величин. Функция Грина свободных ферми-частиц в координатном и импульсном представлениях. Представление Лемана и физический смысл полюсов функции Грина. Опережающая и запаздывающая функции Грина, дисперсионные соотношения. Диаграммная техника. Нормальное упорядочение операторов, связи операторов. Теорема Вика. Диаграммы Фейнмана в координатном пространстве. Свойства диаграмм Фейнмана. Связные и несвязные диаграммы. Факторизация выражения для функции Грина. Правила Фейнмана. Диаграммы и правила Фейнмана в импульсном пространстве.

Б1.В.ДВ.5 1 Методы исследования взаимодействия ионизирующего излучения с веществом

Данная дисциплина реализуется в рамках дисциплин по выбору вариативной части программы магистратуры. Изучение базируется на знаниях студентов полученных при изучении дисциплин "Общая физика", "Физика конденсированного состояния". Для освоения данной дисциплины необходимо знание общих курсов физики, ряда разделов теоретической физики и физики конденсированного состояния. Данный курс является базой для осознанного использования студентами при выполнении магистерских диссертаций данных с применением методов исследования взаимодействия ионизирующего излучения с веществом.

Дисциплина изучается на 1 курсе магистратуры во 2 семестре.

Содержание включает: Ионизирующие излучения. Прохождение тяжелых заряженных частиц через вещество. Прохождение легких заряженных частиц через вещество. Прохождение гамма-излучения через вещество. Элементарные процессы взаимодействия гамма-квантов с веществом: упругое рассеяние, комптоновское рассеяние, фотоэффект, рождение пар. Поглощение гамма-излучения: электронное и атомное сечение поглощения, нелинейный и массовый коэффициент поглощения, коэффициент поглощения сложного вещества. Зависимость коэффициента от энергии гамма-квантов. Вклад комптоновского рассеяния, фотоэффекта и рождения пар в суммарный коэффициент поглощения. Понятие о гамма-спектроскопии. Аппаратурная линия сцинтилляционного гамма - спектрометра. Эффект Мессбауэра (ядерный гамма - резонанс). Резонансное поглощение. Энергия отдачи. Роль соотношения энергии отдачи и естественной ширины уровня в резонансном поглощении. Эффект Доплера.

Принципиальная схема эксперимента по наблюдению ядерного гамма-резонанса. Оценка точности метода ядерного гамма-резонанса. Химический (изомерный) сдвиг. Ядерные реакции. Взаимодействие нейтронов с веществом. Косвенно ионизирующие излучения. Классификация нейтронов: быстрые, медленные (тепловые, резонансные). Виды взаимодействия нейтронов с веществом: упругое и неупругое рассеяние, захват (ядерные реакции). Упругое рассеяние: угловая зависимость переданной энергии, максимальное и среднее значение переданной энергии. Сечение рассеяния. Свободный пробег. Сечение рассеяния нейтронов на протонах. Замедление нейтронов. Неупругое (захватное) рассеяние. Пороговый характер неупругого рассеяния. Сечение упругого и неупругого рассеяния нейтронов на ядрах C^{12} . Нейтронные ядерные реакции. Типы реакций: радиационный захват, реакции с испусканием заряженной частицы, реакции с испусканием нескольких частиц, реакции деления тяжелых ядер. Зависимость сечения ядерной реакции от энергии нейтрона. Закон $1/U$. Сечения нейтронных ядерных реакций для кадмия и золота. Кадмиевые фильтры и стержни. Активационные детекторы. Понятие о методах детектирования нейтронов. Конверторы. Источники нейтронов. Спектр нейтронов в активной зоне реактора на тепловых нейтронах. Активационный анализ. Принцип метода. Закон радиоактивного распада. Расчет активности мишени. Расчет концентрации определяемого элемента. Чувствительность метода. Нейтронография. Волновые характеристики нейтрона. Закон Брэгга - Вульфа. Сравнение возможностей рентгенографии и нейтронографии: структура соединений элементов с близкими атомными номерами. Определение положения легких элементов, магнитная нейтронография. Понятие о неупругом рассеянии нейтронов. Преобразование энергии ионизирующих излучений в веществе (газ, жидкость). Общая схема размена энергии высокоэнергетического электрона в веществе: ионизационный каскад, термализация. Структура трека. Оценка параметров шпуров. Ионизационный каскад. Баланс потерь энергии ионизирующей частицы: ионизация, возбуждение, подпороговые дельта - электроны. Термализация электронов: упругие столкновения, оценка средних значений числа столкновений, пробега между столкновениями, длины термализации, времени термализации, смещения. Рекомбинация, захват. Излучательная рекомбинация, тройные соударения, диссоциативная рекомбинация. Рекомбинация в генетических парах. Радиус рекомбинации. Вероятность рекомбинации в генетических парах. Объемная рекомбинация. Кинетика объемной рекомбинации, коэффициент объемной рекомбинации.

Б1.В.ДВ.5.2 Физика фононов

Данная дисциплина реализуется в рамках дисциплин по выбору вариативной части программы магистратуры базируется на курсах естественнонаучных и профессиональных дисциплин, входящих в модули Математика, Физика, Теоретическая физика по направлению 03.03.02 Физика. Студенты, обучающиеся по данному курсу должны знать основы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, векторного и тензорного анализа, физики конденсированного состояния, основы механики сплошных сред, теории групп, теории симметрии в физике, методы электронной теории твердого тела.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Содержание включает: Феноменологические методы вычисления фононных спектров. Динамическая матрица изолирующих кристаллов в гармоническом приближении. Приближение валентного силового поля: модель жестких ионов; модель

Китинга; тензорный заряд; учет далекодействующих кулоновских сил по методу Эвальда. Динамика решетки кристаллов со структурой сфалерита; фононные спектры кристаллов A_3B_5 . Фононные спектры композиционных сверхрешеток (СР) $(A_3B_5)_n(A_3B_5)_m$. Экспериментальные исследования фононных спектров композиционных сверхрешеток; техника комбинационного рассеяния (КР); инфракрасная спектроскопия. Симметрия нормальных колебаний композиционных (001) СР. Соотношение между фононными спектрами сфалерита и сверхрешеток. Фононные спектры согласованных СР. Фононные спектры напряженных СР. Фононные спектры твердых растворов A_3B_5 и A_2B_6 и СР на их основе. Экспериментальные исследования фононных спектров твердых растворов. Представление псевдоэлементарной ячейки. Модель однородных изосмещений. Применение модели Китинга к динамике твердых растворов и СР на их основе.

Б1.В.ДВ.6 1 Механизмы суперионной проводимости

Данная дисциплина реализуется в рамках дисциплин по выбору вариативной части программы магистратуры. Дисциплина "Механизмы суперионной проводимости" логически и содержательно взаимосвязана с дисциплинами "Методы электронной теории", "Электронная структура полупроводников и диэлектриков". При изучении дисциплины предполагается, что магистранты усвоили весь цикл фундаментальной подготовки по общей и теоретической физике, информатике и высшей математике в объеме, предусмотренном учебным планом подготовки бакалавров на физических факультетах университетов.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2-ом семестре.

Содержание включает: Общая характеристика суперионных материалов. Типы суперионных материалов, примеры. Порядок величин суперионной проводимости. Качественная характеристика суперионного переноса. Классическая теория Дебая-Хюккеля. Модель полностью ионизированного газа. Радиус Дебая-Хюккеля, физический смысл. Феноменологическое описание явлений суперионного переноса. Электрохимический потенциал. Выражение для проводимости, подвижности, коэффициента диффузии. Система уравнений, описывающих суперионный перенос. Бинарный электролит. Метод классической молекулярной динамики. Уравнения движения и граничные условия. Основные проблемы компьютерного моделирования. Потенциалы межатомного взаимодействия. Закон Аррениуса. Моделирование параметров диффузии. Примеры: кристаллы с решеткой флюорита, AgI . Первопринципный метод молекулярной динамики. Метод функционала плотности в моделировании электронных состояний в кристаллах. Лагранжев и гамильтонов формализм в механике. Основное уравнение первопринципной молекулярной динамики. Примеры вычислений на основе первопринципной динамики. Влияние ангармонизма на движение атомов в кристаллах. Разложение потенциальной энергии в ряд по смещениям. Гармонические и ангармонические слагаемые. Частотный спектр кристалла. Влияние на частотный спектр ангармонических слагаемых. Квазигармоническая теория. Постоянная Грюнайзена. Упругие постоянные третьего порядка. Некоторые феноменологические методы. Квадрупольная деформация ионов Ag^+ и ее роль в ионном транспорте. Гибридизация р-галогена и d-металла. Роль оптических фононов в ионном транспорте.

Б1.В.ДВ.6 2 Вибронные взаимодействия в молекулах и кристаллах

Данная дисциплина входит в профессиональный цикл (дисциплины по выбору) магистерской подготовки. Дисциплина тесно связана с физическими дисциплинами бакалавриата такими как "Электродинамика", "Квантовая механика". С другой стороны она логически и содержательно взаимосвязана с такими дисциплинами и модулями, как: "Теория симметрии в физике твердого тела" "Методы электронной теории", "Электронное строение полупроводниковых наноструктур", "Электронная структура полупроводников и диэлектриков", "Физика фононов". При изучении дисциплины предполагается, что магистранты усвоили цикл фундаментальной подготовки по общей и теоретической физике, высшей математики в объеме, предусмотренном учебным планом подготовки бакалавров на физических факультетах университетов. Необходимо также владеть компьютерными технологиями, уметь пользоваться базами данных, пакетами вычислительных программ.

Содержание включает: Вибронные взаимодействия. Теорема Яна - Теллера. Колебательная задача в отсутствие электронного вырождения. Адиабатическое приближение. Нормальные координаты. Гармонические колебания. Особенности колебаний координационных систем. Электронно-колебательные уравнения при наличии электронного вырождения. Формулировка теоремы Яна-Теллера и ее содержание. Интерпретация теоремы в терминах неустойчивости. Адиабатические потенциалы. Орбитальный дуплет (E-терм). Триплетные и квадруплетные термы. Тетрагональные, тригональные и орторомбические минимумы. Решение вибронных уравнений. Слабая вибронная связь. Сильная вибронная связь. Свободное вращение деформаций. Туннельное расщепление. Вибронная редукция (подавление) физических величин. Псевдоэффект Яна-Теллера. Электронно-колебательное взаимодействие в гетеролигандных комплексах. Электронно-колебательное взаимодействие как возмущение. Замена атомов в молекуле как возмущение. Геометрические изомеры квазиоктаэдрических d^9 - комплексов. Геометрические изомеры квазитетраэдрических d^9 - комплексов. Геометрические изомеры квазитригональных d^9 - комплексов. Эффект Яна-Теллера и правила отбора в химических реакциях. Правила орбитальной симметрии и псевдоэффект Яна-Теллера. Вибронные аспекты координационного катализа. Эффект Яна-Теллера в парамагнитном резонансе. Магнитные свойства $2E$ - уровня. Взаимодействие с тетрагональными колебаниями. Взаимодействие с тригональными колебаниями. Статический эффект Яна-Теллера в состоянии $2E$. Динамические характеристики статического эффекта Яна-Теллера. Динамический эффект Яна-Теллера в состоянии $2E$. Эффект Яна-Теллера в орбитальном триплетном состоянии. Взаимодействие с тетрагональными и тригональными колебаниями.

Б1.В.ДВ.71 Электронное строение полупроводниковых наноструктур

Данная дисциплина реализуется в рамках дисциплин по выбору вариативной части программы магистратуры. Целями освоения дисциплины "Электронное строение полупроводниковых наноструктур" являются формирование единой картины современных физических знаний в области полупроводниковых наноструктур (сверхрешеток, квантовых проволок, квантовых точек) и их роли в ускорении научно-технического прогресса. Задачи дисциплины: овладение магистрантами необходимыми компетенциями по применению знаний об электронном строении полупроводниковых наноструктур в современной электронике. Для освоения дисциплины необходимо быть

компетентным в физике, математике, информатике в рамках программы подготовки бакалавров направления "Физика".

Дисциплина изучается на 1 курсе магистратуры во 2 семестре.

Содержание включает: Полупроводниковые наноструктуры. Определение и фундаментальные свойства. Классические размерные эффекты. Квантовые размерные эффекты. Плотность состояний 3D, 2D, 1D, 0D - размерных структур. Методы синтеза полупроводниковых наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия - принципиальные основы, характерные особенности, параметры, основные этапы процесса, особенности гетерограниц. Разрыв зон в полупроводниковых гетеропереходах. Разрыв зон в ненапряженных структурах. Разрыв зон в напряженных структурах. Экспериментальные и теоретические исследования разрыва зон. Строение электронного спектра вблизи гетерограницы. Двумерный электронный газ и его свойства. Квантовый эффект Холла. Фундаментальное и прикладное значение квантового эффекта Холла. Методы расчета энергетической зонной структуры полупроводниковых наноструктур. Модель Кронига - Пенни. Модель огибающей функции. Метод комплексной зонной структуры. Метод сильной связи. Метод эмпирического псевдопотенциала. Приближение модельного кристалла. Первопринципные методы. Сверхрешетки. Различные типы сверхрешеток. Композиционные сверхрешетки. Особенности электронного строения короткопериодичных напряженных и ненапряженных сверхрешеток. Зависимость параметров электронного строения от числа монослоев. Особенности края поглощения сверхрешеток в зависимости от числа монослоев. Квантовые нити. Структура типичных квантовых нитей. Баллистическая проводимость квантовых нитей. Ступенчатая вольт-амперная характеристика - сравнение с эффектом Холла. Особенности выделения Джоулева тепла в квантовых нитях. Особенности рассеяния носителей заряда в квантовых нитях. Квантовые точки. Структура типичных квантовых точек. Особенности электронных спектров в квантовых точках. Применение квантовых точек в электронике. Экситоны в наносистемах. Характерные энергии связи экситонов в наносистемах. Особенности оптических спектров, связанных с возбуждением экситонных состояний. Лазеры на квантовых ямах.

Б1.В.ДВ.72 Процессы на поверхности твердого тела

Данная дисциплина "Процессы на поверхности твердого тела" реализуется в рамках вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" программы магистратуры. Для освоения данной дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках освоения дисциплин модуля "Общая физика", "Теоретическая физика", "Математика", дисциплины "Химия", "Введение в физику твердого тела" в объеме, предусмотренном учебным планом подготовки бакалавров.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Содержание включает: Поверхностные состояния и поверхностные центры. Связь инородных атомов и молекул с поверхностью твердого тела. Типы взаимодействия. Химическая связь. Эффекты, обусловленные пространственным зарядом. Двойной слой, состоящий из двух заряженных плоскостей. Пространственный заряд, обусловленный неподвижными ионами. Обедненный слой. Двойной слой в зонной схеме. "Закрепление" энергии Ферми. Эффекты пространственного заряда в случае поверхности, покрытой активными веществами. Обогащенный слой. Инверсионный слой. Перенос электронов и дырок между объемом и поверхностью твердого тела. Основная физическая модель

захвата и инжекции электронов и дырок. Перенос электронов и дырок при больших изменениях поверхностного барьера. Экспериментальные методы исследования поверхности. Методы исследования поверхности, основанные на электрических и оптических измерениях. Работа выхода. Поверхностная проводимость. Электроотражение. Эффект поля. Поверхностная фото - ЭДС. Емкость двойного слоя. Канальные измерения. Порошковая проводимость. Эллипсометрия. Спектроскопические методы исследования поверхности. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФС). Спектроскопия потерь энергии (СПЭ). Спектроскопия потенциала появления мягких рентгеновских лучей (СППМРЛ). Автоэлектронная микроскопия (АЭМ). Автоионная микроскопия (АИМ). Спектроскопия нейтрализации ионов (СНИ). Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Методы определения химического состава поверхности. Химические методы исследования. Поверхность в отсутствие адсорбата. Классификация твердых тел. Методы получения чистой поверхности. Теоретические модели. Квантовые модели. Полуклассические модели. Модель Маделунга для ионных твердых тел. Модели для описания обобществленных электронных пар. Связывание инородных веществ на поверхности твердого тела. Реконструкция и перемещение в процессах связывания. Полуклассическая модель связи: поверхностная молекула. Сопоставление модели поверхностной молекулы с моделью жестких зон. Связывание адсорбата на ковалентных и металлических твердых телах. Связывание адсорбата на ионных твердых телах. Многослойная адсорбция: развитие новой фазы. Квантовые модели связи адсорбат - твердое тело. Теория твердого тела: полубесконечный кристалл. Кластерные модели. Взаимодействующая поверхностная молекула (метод модельного гамильтониана). Другие квантовые модели. Измерение созданных адсорбатом поверхностных состояний на ковалентных и металлических твердых телах. Сдвиги вследствие экранирования и другие погрешности измерений. Углы связей. Энергетические уровни поверхностных состояний, образованных связями сорбат - сорбент. Химия поверхностных состояний. Изменение энергии поверхностного состояния вследствие связывания. Влияние полярной среды или коадсорбата на энергию поверхностного состояния. Поверхностные состояния, образованные многоэквивалентными инородными адсорбатами. Образование зон поверхностных состояний. Нелетучие добавки на поверхности твердого тела. Адсорбция. Изотермы и изобары адсорбции. Физическая адсорбция. Поверхность раздела твердое тело - жидкость. Двойные слои и потенциалы в электрохимических измерениях. Перенос заряда между твердым телом и ионами раствора. Фотоэффекты на поверхности полупроводника. Простая рекомбинация электрон - дырка. Фотоадсорбция и фотодесорбция. Фотокатализ. Прямое возбуждение поверхностных состояний фотонами. Поверхностные центры в гетерогенном катализе. Закономерности гетерогенного катализа. Поверхностные центры, связанные со ступенями и другими геометрическими факторами.

Б2.Н.1 Научно-исследовательская работа в семестре

Место научно-исследовательской работы в структуре ООП: Задачи, содержание, виды и формы НИРМ определяются с ориентацией на исследование актуальных проблем современной науки и практики, разрабатываемых выпускающей кафедрой, с учетом темы магистерской диссертации. Выпускающая кафедра назначает научных руководителей НИРМ в семестре из числа ведущих профессоров и доцентов, определяет круг их обязанностей и контролирует качество выполнения НИРМ в семестре.

Задания НИРМ в семестре определяются научным руководителем с учетом индивидуальных научно-образовательных потребностей и интересов магистрантов, утверждаются на заседании кафедры. При составлении задания по НИРМ должны предусматриваться следующие виды и этапы выполнения и контроля работы магистранта:

- планирование научно-исследовательской работы, включающее ознакомление с тематикой исследовательских работ в данной области и выбор темы исследования, написания реферата по избранной теме;
- проведение научно-исследовательской работы;
- корректировка плана проведения научно-исследовательской работы;
- составление отчета о научно-исследовательской работе;
- публичная защита выполненной работы.

Цель НИРМ в семестре - подготовить студента-магистранта к самостоятельной научно-исследовательской работе и к проведению научных исследований в составе творческого коллектива.

Б3 Государственная итоговая аттестация

Государственная итоговая аттестация направлена на установление соответствия уровня профессиональной подготовки выпускников требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Государственная итоговая аттестация включает защиту выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

Требования к содержанию, объему и структуре выпускной квалификационной работы определяются высшим учебным заведением. Выпускная квалификационная работа в соответствии с магистерской программой выполняется в виде магистерской диссертации в период прохождения практик и выполнения научно-исследовательской работы и представляет собой самостоятельную и логически завершенную выпускную квалификационную работу, связанную с решением задач тех видов деятельности, к которым готовится магистр.

Тематика выпускных квалификационных работ должна быть направлена на решение профессиональных задач в соответствии с профилем магистерской программы и видами профессиональной деятельности:

- научно-исследовательская; педагогическая;
- научно-инновационная;
- организационно-управленческая.

При выполнении выпускной квалификационной работы, обучающиеся должны показать свою способность и умение, опираясь на полученные углубленные знания, умения и сформированные общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции, самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать специальную информацию, научно аргументировать и защищать свою точку зрения.

ФТД.1 Физические основы наукоемких производств

Данная дисциплина относится к факультативным дисциплинам. Цель дисциплины познакомить магистрантов, нацеленных на выполнение фундаментальных научных исследований, с прикладными аспектами таких исследований.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Содержание включает: В курсе обсуждаются проблемы подчинения познания требованиям эффективности и быстрой востребованности на рынке. Научные открытия и использование этих открытий в инновациях. Сокращение бюджетных ассигнований на науку и утрата значимости тезиса о самодостаточности фундаментальных исследований. Приближение науки к производственному процессу. Актуализация исследований по интеллектуальным системам, основанным на знаниях. Информационные базы знаний. Проблема создания базы структурированного физико-технического знания - трудность в том, что понятийные аппараты физического и технического знаний существенно различны: инвариантные понятия физики - пространство, время, энергия, импульс, состояние, поле, вещество и т.д.; инвариантные понятия техники и технологии: технический объект, технологическая система, принцип действия системы, техническая функция, функциональная структура, техническое решение и т.д. Задача о создании понятийного интерфейса между физическими и техническими знаниями. Вопрос о теориях, наиболее коммуникабельных с техникой. Примеры таких теорий - физика сплошных сред в форме термодинамики неравновесных процессов, понятия которой наиболее приспособлены для использования в наукоемких инновациях.

ФТД.2 Квантовые вычисления и квантовые компьютеры

Данная дисциплина относится к факультативным дисциплинам. В настоящее время, новости из области квантовой информатики (квантовые компьютеры, квантовая связь, квантовая криптография, телепортация и т.п.) - науки, родившейся на стыке физики, математики и информатики - стремятся публиковать не только научные и научно-популярные издания, но и газеты и телевидение. Тем не менее, мало кто из читателей по настоящему понимает такие научно-популярные тексты. Дело в том, что идеи квантовой информатики являются продуктами новейшего времени и не успели войти в практику вузовского образования, в учебники и учебные пособия. Цель данного факультатива - заинтересовать магистрантов в самостоятельном знакомстве и изучении фундаментальных основ этой науки, умению применять свою физическую и математическую подготовку в правильном понимании достижений в смежных для основной квалификации областях. Задача факультатива - научиться создавать научный коллектив и работать в нем. Для освоения дисциплины необходимо быть компетентным в физике, математике, информатики в рамках программы подготовки бакалавров направления "Физика".

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Содержание включает: Введение. Классические и квантовые приборы. Алгоритмы. Классы их сложности. Квантовые компьютеры - перспективы. Кубиты: свойства и математическое описание состояний. Биты и кубиты. Кубит в гильбертовом векторном пространстве состояний. Квантовая когерентность векторов состояний. Принципы построения и работы идеального квантового компьютера. Идеальный квантовый компьютер. Квантовый компьютер - цифровой компьютер с аналоговым управлением. Классическая и квантовая информация в квантовой системе. Как реализовать квантовый алгоритм. Универсальные наборы элементарных операций. Смешанные и запутанные состояния квантовых систем. Смешанные состояния квантовых систем. Смешанные состояния квантовых подсистем. Запутанные состояния. Преобразование запутанных состояний. Запутанность в смешанных состояниях композитных систем. Экспериментальные методы получения запутанных состояний. Проблемы измерения состояния кубита. Измерение состояния кубита. Томография

квантового состояния. Квантовые алгоритмы. Квантовые алгоритмы факторизации чисел и поиска в базе данных. Алгоритмы телепортации неизвестного квантового состояния. Моделирование квантовых систем на квантовом компьютере. Моделирование динамики квантовых систем на квантовом компьютере. Процессы декогерентизации состояний. Декогерентизация состояний квантовых систем. Фазовая декогерентизация кубита. Оператор декогерентизации. Микроскопическая теория процесса амплитудной декогерентизации. Фазовая и амплитудная декогерентизация спинового кубита в случайном классическом поле. Декогерентизация как следствие межкубитового взаимодействия, квантовый хаос. Декогерентизация, обусловленная ошибками управления кубитами. Декогерентизация кубитов в многоуровневых системах. Декогерентизация в квантовых операциях. Зависимость скорости декогерентизации от числа кубитов в компьютере. Методы преодоления эффектов декогерентизации в квантовых компьютерах. Кодирование информации и коррекция ошибок в классическом канале. 3-х кубитовый квантовый код. Коррекция квантовых ошибок. Помехоустойчивые квантовые вычисления. Свободные от декогерентизации состояния квантового компьютера. Устойчивые к декогерентизации кубиты. Методы предотвращения ошибок: квантовый эффект Зенона. Динамические методы подавления декогерентизации. Помехоустойчивые топологические квантовые вычисления. Реализация квантовых компьютеров. Гармонический осциллятор как модель квантового компьютера. Квантовый компьютер на оптических фотонах. Ионы в ловушках. ЯМР.

Практики:

Б2.П.1 Научно-исследовательская практика

Научно-исследовательская практика является обязательным компонентом учебного процесса подготовки магистров в области физики. ***Целью практики*** является закрепление и углубление теоретических знаний студентов, полученных при обучении, приобретение и развитие навыков самостоятельной научно-исследовательской работы в экспериментальных и теоретических лабораториях вузов, исследовательских институтов и центров. Практика должна обеспечить преемственность и последовательность в изучении теоретического и практического материала, комплексный подход к предмету изучения.

Основной задачей практики является приобретение опыта в исследовании актуальной научной проблемы, а также подбор необходимых материалов для выполнения выпускной квалификационной работы - магистерской диссертации.

Научно-исследовательская практика осуществляется в форме исследовательского проекта, выполняемого студентом в рамках утвержденной темы научного исследования и темы магистерской диссертации. Содержание практики определяется руководителем практики и отражается в индивидуальном задании на практику.

Работа магистрантов в период практики организуется в соответствии с логикой работы над магистерской диссертацией: выбор темы, определение проблемы, объекта и предмета исследования; формулирование цели и задач исследования; теоретический анализ литературы и исследований по проблеме, подбор необходимых источников по теме (патентные материалы, научные отчеты, техническую документацию и др.); составление библиографии; формулирование рабочей гипотезы; выбор базы проведения исследования; определение комплекса методов исследования; проведение констатирующего эксперимента; анализ экспериментальных данных; оформление результатов исследования.

Магистранты работают с первоисточниками, монографиями, авторефератами и диссертационными исследованиями, консультируются с научным руководителем и преподавателями.

Важной составляющей содержания научно-исследовательской практики являются сбор и обработка фактического материала и статистических данных, анализ соответствующих теме характеристик организации, где студент магистратуры проходит практику и собирается внедрять или апробировать полученные в магистерской диссертации результаты.

Деятельность студента в ходе практики предусматривает несколько этапов:

- составление рабочего плана и графика выполнения исследования;
- составление библиографии по теме научно-исследовательской работы;
- анализ научной литературы с использованием различных методик доступа к информации;
- сбор и анализ информации о предмете исследования; описание объекта и предмета исследования;
- изучение отдельных аспектов рассматриваемой проблемы;
- проведение исследования;
- статистическая и математическая обработка информации;
- оформление результатов проведенного исследования и их согласование с научным руководителем магистерской диссертации;
- обобщение собранного материала в соответствии с программой практики; определение его достаточности и достоверности.

Ожидаемые **результаты** от научно-исследовательской практики следующие:

- знание основных положений методологии научного исследования и умение применить их при работе над выбранной темой магистерской диссертации;
- умение использовать современные методы сбора, анализа и обработки научной информации;
- умение изложить научные знания по проблеме исследования в виде отчетов, публикаций докладов.

Б2.П.2 Научно-педагогическая практика

Научно-педагогическая практика является обязательным компонентом учебного процесса подготовки магистров. **Целью практики** является закрепление и углубление теоретических знаний студентов, полученных при обучении, развитие навыков как самостоятельной научно-исследовательской работы в экспериментальных и теоретических лабораториях, так и приобретения педагогических компетенций.

Основной задачей практики в научной части является приобретение опыта в исследовании актуальной научной проблемы для выполнения выпускной квалификационной работы - магистерской диссертации. В педагогической части целями научно-педагогической практики являются: приобретение опыта целостной научно-педагогической деятельности, профессиональных и методических умений в условиях профильной общеобразовательной школы или в других образовательных учреждениях среднего и высшего профессионального образования, формирование умений самостоятельной организации воспитательно-образовательного процесса в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, приобретение

профессионально значимых качеств личности педагога, формирование навыков самовоспитания, самообразования и развитие потребности в постоянном самосовершенствовании.

Научно-педагогическая практика осуществляется в форме исследовательского проекта, выполняемого студентом в рамках утвержденной темы научного исследования и темы магистерской диссертации. Содержание практики определяется руководителем практики и отражается в индивидуальном задании на практику. Работа магистрантов в период практики организуется в соответствии с логикой продолжения работы над магистерской диссертацией, заложенной при прохождении научно-исследовательской практики. Кроме этого, практика включает обучающихся в те виды деятельности, в процессе которых у них формируются различные стороны педагогических умений: находить наиболее рациональные конструктивные, технологические, организационные и педагогические решения, хорошо ориентироваться в методиках и технологиях обучения и воспитания, ставить и решать принципиально новые вопросы, направленные на модернизацию системы профильного обучения.

Подготовка будущего профессионала педагога включает подготовку в двух основных направлениях:

- педагога-преподавателя, владеющего современными образовательными технологиями, умениями определять и выбирать методы, формы и средства обучения; создавать творческую атмосферу в образовательном процессе,
- педагога - воспитателя, умеющего активно проявлять свою субъектную позицию, вносить необходимые коррективы в воспитательный процесс, применять современные технологии воспитания с учетом возрастных и индивидуальных особенностей личности обучающегося.

Эта часть практики включает в себя:

- Руководство (совместно с научным руководителем) производственной практикой бакалавров: помогает бакалавру составить план работы по предложенной научным руководителем теме, знакомит с оборудованием и программным обеспечением, необходимым для выполнения задания, руководит составлением и оформлением отчета по практике.
- Определение магистрантом совместно с руководителем дисциплины и тем, по которым проводятся аудиторные занятия для студентов. Как правило, тема занятия должна быть связана с темой диссертационного исследования.
- Разработка и согласование с научным руководителем методического обеспечения, включающего обоснование актуальности темы занятия, ее связь с предыдущими темами курса, основные теоретические положения темы, перечень вопросов, рассматриваемых на практических занятиях, методические указания к изучению каждого вопроса темы, перечень контрольных вопросов для студентов, задачи, тесты, кейсы и т. п., относящиеся к изучаемым вопросам. Кроме того, должен быть представлен список рекомендуемой литературы к каждому разделу темы (в соответствии с ГОС-ом) с указанием страниц, непосредственно относящихся к изучаемому разделу.
- Проведение занятий в соответствии с индивидуальным планом, утвержденным на заседании кафедры, обсуждение занятий с руководителем, внесение в случае необходимости корректировок в их методическое обеспечение.

В рамках учебно-методической работы во время практики обучающийся посещает уроки и внеурочные занятия преподавателя, с целью ознакомления с методикой проведения разных видов занятий; с использованием традиционных и нетрадиционных технологий обучения; изучает систему работы в целом; овладевает методикой ее планирования (в том числе и самостоятельной работой обучающегося); самостоятельно разрабатывает и проводит уроки разных типов и видов на старшей ступени профильной школы или на 1-2 курсах физического факультета, посещает и анализирует уроки слушателей в других группах; оказывает помощь или разрабатывает самостоятельно рабочие программы элективных курсов, принимает участие в методических семинарах, проводимых в профильной и профессиональной школе. В плане воспитательной работы обучающийся знакомится с системой воспитательной работы, ее планированием и организацией; а также в рамках данного вида деятельности может осуществлять воспитательную работу с обучающимися, проходящими практику, проводит воспитательные мероприятия в группе, принимает участие в заседаниях кафедры, педсоветах, методических объединениях классных руководителей, кураторов и других видах деятельности, связанных с процессом воспитания.

Б2.П.3 Преддипломная практика

Преддипломная практика является неотъемлемой составной частью основной образовательной программы, завершающей профессиональную подготовку магистранта. Преддипломная практика проводится после освоения магистрантом программ теоретического и практического обучения и после прохождения научно-исследовательской и научно-педагогических практик. Преддипломная практика предполагает окончание научного исследования, сбор и проработку полученных материалов, необходимых для написания выпускной квалификационной работы, накопление опыта выступления с результатами своей научно-исследовательской работы.

Целями преддипломной практики являются:

- анализ и систематизация необходимых материалов для подготовки научного обзора современного состояния исследований по теме выполняемой научной работы;
- развитие профессиональных умений и практических навыков научного поиска и формулировки исследовательских и технологических задач, методов их решения;
- апробация полученных результатов на научных конференциях различного уровня;
- получение консультаций специалистов по выбранному направлению;
- рассмотрение возможностей внедрения результатов, полученных во время выполнения научно-исследовательской работы.

Задачами преддипломной практики являются:

- завершение научного исследования, выбор и систематизация полученных результатов выносимых на защиту выпускной квалификационной работы;
- написание научных статей различного уровня по результатам своей работы;
- закрепление, углубление и расширение теоретических знаний, умений и навыков, полученных магистрантами в процессе теоретического обучения и научных практик;
- усвоение методологии и технологии решения профессиональных задач;

- овладение профессионально-практическими умениями, производственными навыками;
- математическая обработка результатов исследований.

Преддипломная практика проходит на базе тех лабораторий НИИ СО РАН, научных лабораторий и кафедр вузов, где ранее магистрант проходил научно-исследовательскую и научно-педагогическую практику. Руководит практикой утвержденный научный руководитель магистранта, общее руководство преддипломной практики возлагается на научного руководителя магистерской программы.

Преддипломная практика осуществляется в форме завершения реального исследовательского проекта, выполняемого магистрантом в рамках утвержденной темы научного исследования и темы магистерской диссертации, получения и систематизации научных результатов, выносимых на защиту выпускной квалификационной работы.

Преддипломная практика осуществляется магистрантами 2-го года обучения в 4 семестре. Конкретные сроки прохождения практики устанавливаются приказом по университету в соответствии с графиком учебного процесса.

Содержание практики определяется руководителем практики и отражается в индивидуальном задании на практику. Важной составляющей содержания преддипломной практики является публичная апробация полученных результатов на научных конференциях различного уровня.

Ожидаемые **результаты** от преддипломной практики следующие:

- знание основных положений методологии научного исследования и умение применить их при работе над выбранной темой магистерской диссертации;
- умение обосновывать актуальность и новизну своей научно-исследовательской работы;
- умение оформлять результаты научно-исследовательской работы в виде законченного научного труда (тезисов доклада на конференции, статьи, и т.п.);
- умение изложить научные знания по проблеме исследования в виде отчетов, публикаций докладов;
- готовность к публичной защите результатов своей научно-исследовательской работы.