

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1143538	Современные физико-математические теории и модели описания вещества

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Химия	Код ОП 1. 04.04.01/33.02
Направление подготовки 1. Химия	Код направления и уровня подготовки 1. 04.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Зубарев Андрей Юрьевич	доктор физико-математических наук, профессор	главный научный сотрудник	теоретической и математической физики
2	Кузнецов Дмитрий Константинович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
3	Морозова Мария Витальевна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	аналитической химии и химии окружающей среды
4	Сафронов Александр Петрович	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	Департамент фундаментальной и прикладной химии
5	Якунин Михаил Викторович	доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник	Профессор	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Современные физико-математические теории и модели описания вещества

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Современные физико-математические теории и модели описания вещества» состоит из пяти дисциплин: «Избранные главы математики», «Квантовая химия», «Основы электронной микроскопии», «Строение вещества», «Теоретические основы физики полупроводников и магнитных материалов». Целью модуля является формирование у студентов представления о математических моделях и методах решения задач гидродинамики и теории тепло-массопереноса; знаний о теоретических основах строения вещества, принципах описания химической связи, техническом воплощении и возможностях практического использования современных физических методов в химических исследованиях, в том числе электронной микроскопии; знаний, позволяющих решать основные задачи химии по идентификации, установлению химического строения и структуры вещества. Модуль знакомит с фундаментальной теорией химии и дает необходимую теоретическую базу для понимания и освоения квантовохимических расчетов и методов исследования химических систем, а также с теоретическими представлениями физики полупроводников и магнитных материалов

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Квантовая химия	3
2	Строение вещества	3
3	Избранные главы математики	2
4	Основы электронной микроскопии	3
5	Теоретические основы физики полупроводников и магнитных материалов	3
ИТОГО по модулю:		14

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Избранные главы математики	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе</p>
	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	<p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
Квантовая химия	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и	З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области

	<p>прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе</p>
	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
<p>Основы электронной микроскопии</p>	<p>ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p>

	<p>деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе</p>
	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники</p> <p>Д-2 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
<p>Строение вещества</p>	<p>ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием</p>

	знаний и практических навыков	соответствующих целям подходов и методов Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе
	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты	З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление Д-2 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели
	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения
Теоретические основы физики полупроводников и магнитных материалов	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков	З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов

		<p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять лидерские качества и умения работать в научном коллективе</p>
	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Квантовая химия

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Сафронов Александр Петрович	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	Кафедра департамент фундаментальной и прикладной химии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Сафронов Александр Петрович, Профессор, Департамент фундаментальной и прикладной химии

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Теория симметрии молекул	Геометрия молекул, химические связи и валентные углы. Конфигурация молекулы, ее предсказание на основании теории гибридизации и отталкивания электронных пар. Конформация молекулы. Внутреннее вращение, потенциальный барьер перехода между конформациями. Симметрия молекул. Элементы и операции симметрии. Точечные группы симметрии. Представление операций симметрии. Неприводимые представления. Характеристики представлений, таблицы характеров. Полное представление симметрии, его характер. Разбиение полного представления на неприводимые. Учет симметрии молекул при рассмотрении их физических свойств. Колебания сложных молекул. Нормальные колебания, их симметрия. Анализ нормальных колебаний с помощью таблицы характеров. Методы наблюдения колебаний молекул – инфракрасная спектроскопия и комбинационное рассеяние света. Правила отбора нормальных колебаний в инфракрасном спектре и спектре комбинационного рассеяния. Симметрия атомных и молекулярных орбиталей, разрешенные по симметрии линейные комбинации АО. Использование теории симметрии для определения вида МО. Полное представление симметрии линейных комбинаций АО. Проекционный оператор, определение вкладов АО в молекулярные. Правила отбора в электронных спектрах поглощения. Полная волновая

		<p>функция электронной конфигурации молекулы, ее симметрия. Интеграл момента перехода и его компоненты.</p>
2	<p>Приближенные методы квантовой химии</p>	<p>Электронное строение сложных молекул. Варианты расчетной реализации метода Рутана. Базис решения. Слейтеровские и гауссовы орбитали, их особенности. Оптимизация геометрии стационарного состояния молекул в рамках квантовых расчетов. Электронные конфигурации молекул, конфигурационное взаимодействие.</p> <p>Приближенные методы расчета молекулярных орбиталей сложных молекул. Методы нулевого дифференциального перекрывания, полного и частичного пренебрежения дифференциальным перекрыванием, их связь с методом Рутаана.. Семейство методов CNDO, их вычислительные особенности и возможности. Расчетные полуэмпирические методы М.Дьюара: MINDO/3, MNDO, PM3. Сравнительный анализ различных вариантов расчетных методов. Расчет энергии основных и возбужденных электронных состояний, энергии перехода между ними. Интерпретация и предсказание молекулярных электронных спектров. Вычисление молекулярных постоянных, дипольных и квадрупольных моментов, оценка магнитных свойств.</p> <p>Метод молекулярной механики, его основные особенности. Оптимизация геометрической структуры молекул в методе молекулярной механики. Использование компьютеров для расчета электронного строения молекул. Основные пакеты прикладных программ для персональных компьютеров, их особенности и возможности. Прикладной пакет полуэмпирических расчетов МОРАС. Внутренние координаты молекулярной системы. Структура Z-матрицы геометрической структуры молекулы.</p>
3	<p>Теоретическое описание взаимодействия молекул</p>	<p>Квантово-химическое описание химических реакций. Поверхность потенциальной энергии. Качественные характеристики поверхностей потенциальной энергии и их сечений. Использование классических траекторий на поверхности потенциальной энергии. Переходное состояние. Реакции в пределах одной поверхности. Симметрия реагентов и продуктов реакции. Корреляционные правила. Влияние симметрии геометрической конфигурации на свойства и реакционную способность органических соединений. Сохранение орбитальной симметрии при химических реакциях. Правила Вудворда-Хоффмана. Границы применения принципов сохранения орбитальной симметрии.</p> <p>Общность физической природы внутримолекулярных и межмолекулярных взаимодействий. Приближенные методы описания межмолекулярных взаимодействий. Применение метода возмущений для описания межмолекулярных взаимодействий. Дисперсионные, индукционные и ориентационные взаимодействия. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциальные функции парных межмолекулярных взаимодействий. Функции Леннарда-Джонса и Борна-Майера. Специфические межмолекулярные взаимодействия. Понятие электроно-донорноакцепторного взаимодействия. Типы</p>

		доноров и акцепторов. Водородная связь, ее специфические особенности. Экспериментальное наблюдение электроно-донорноакцепторных взаимодействий. Донорные и акцепторные числа. Квантово-механические и статистические подходы к описанию межмолекулярных взаимодействий.
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая химия

Электронные ресурсы (издания)

1. Грей, Г., Г., Варгафтик, М. И., Дяткина, М. Е.; Электронная и химическая связь; Издательство "МИР", Москва; 1967; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222465> (Электронное издание)
2. Громова, Е. Ю.; Строение атома. Химическая связь : учебное пособие.; Казанский научно-исследовательский технологический университет, Казань; 2017; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500901> (Электронное издание)
3. Крашенинин, В. И.; Квантовая химия и квантовая механика в применении к задачам : учебное пособие.; Кемеровский государственный университет, Кемерово; 2012; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232678> (Электронное издание)
4. Герцберг, Г., Г., Кондратьев, В. Н.; Спектры и строение двухатомных молекул; Изд-во иностр. лит., Москва; 1949; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=255713> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Степанов, Н. Ф.; Квантовая механика и квантовая химия : [Учеб. для вузов].; Мир, Москва; 2001 (71 экз.)
2. Степанов, Н. Ф.; Квантовая механика молекул и квантовая химия : Учеб. пособие: для хим. спец. вузов.; Изд-во Моск. ун-та, Москва; 1991 (36 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая химия

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Строение вещества

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Морозова Мария Витальевна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	аналитической химии и химии окружающей среды

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Морозова Мария Витальевна, Доцент, аналитической химии и химии окружающей среды

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Электронно-энергетические свойства вещества	Строение ядра атома. Элементарные частицы. Кварки. Виды фундаментального взаимодействия.
2	Квантово-химические и кластерные подходы к описанию строения вещества.	Факторы, влияющие на выбор модельного расчётного кристалла. Способы решения граничных условия в кластерных моделях. Квантово-химические приближения. Зоны Брюллиэна. Модель Кронига-Пенни. Теорема Блоха.
3	Электрические свойства кристаллических веществ с точки зрения зонной теории.	Основные понятия зонной теории. Метод атомных орбиталей. Метод молекулярных орбиталей. Возникновение энергетических зон в конденсированных веществах с различным типом химической связи. Приближения, используемые в зонной теории. Типы электронных зон. Примеры. Металлы, полупроводники, диэлектрики по зонной теории. Собственные и примесные полупроводники. Контакты металл-металл; металл-полупроводник; полупроводники различной природы. Термоэлектрические явления. Практическое применение. Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, пироэлектрики, электреты.
4	Магнитные свойства кристаллических веществ с точки зрения зонной теории.	Основные понятия и термины. Магнитные полупроводники. Неколлинеарные магнетики. Магنون. Магнетомеханические эффекты. Диамагнетики, ферромагнетики, ферримагнетики, парамагнетики. Гальваномагнитные и термогальваномагнитомеханические эффекты.

5	Динамика кристаллической решетки.	Колебания узлов кристаллической ячейки. Фононы акустические и оптические. Электрон-фононное взаимодействие. Практическое применение.
6	Сверхпроводимость.	История открытия сверхпроводимости. НТСП, СТСП, ВТСП. Теория БКШ. Сверхпроводники I и II рода. Эффект Мейснера. Эффекты Джозефсона. Практическое применение.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Строение вещества

Электронные ресурсы (издания)

1. Киттель, Ч., Ч., Вонсовский, С. В.; Элементарная статистическая физика; Издательство иностранной литературы, Москва; 1960; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482830> (Электронное издание)
2. Вонсовский, С. В.; Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков; Наука, Москва; 1971; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483412> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Вилков, Л. В., Пентин, Ю. А.; Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы : Учеб. для хим. специальностей вузов.; Высшая школа, Москва; 1989 (7 экз.)
2. Вилков, Л. В., Пентин, Ю. А.; Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия : Учебник для вузов.; Высшая школа, Москва; 1987 (11 экз.)
3. Вилков, Л. В.; Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы : [Учеб. для хим. спец. вузов].; Высшая школа, Москва; 1989 (8 экз.)
4. Вилков, Л. В.; Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия : [учебник для химических специальностей вузов].; Высшая школа, Москва; 1987 (8 экз.)
5. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 1. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)
6. Вест, Антони Р., А. Р.; Химия твердого тела. Теория и приложения : В 2 ч. : Пер. с англ. Ч. 2. ; Мир, Москва; 1988 (10 экз.)
7. Фистуль, В. И.; Физика и химия твердого тела : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. ; Металлургия, Москва; 1995 (10 экз.)
8. Фистуль, В. И.; Физика и химия твердого тела : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2. ; Металлургия, Москва; 1995 (10 экз.)
9. Блейкмор, Д., Андрианов, Д. Г., Фистуль, В. И.; Физика твердого тела : Пер. с англ.; Мир, Москва; 1988 (16 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

- 1) Электронно-библиотечная система "Лань" <https://e.lanbook.com/>
- 2) Taylor and Francis Online <https://www.tandfonline.com/>
- 3) Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- 4) ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/>
- 5) Web of Science <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>
- 6) eLibrary <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>
- 7) Scopus <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Строение вещества

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Избранные главы математики

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Зубарев Андрей Юрьевич	доктор физико-математических наук, профессор	главный научный сотрудник	теоретической и математической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Зубарев Андрей Юрьевич, главный научный сотрудник, теоретической и математической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Основы гидродинамики	Приближение механики сплошных сред. Предмет гидродинамики. Гидродинамика идеальной жидкости. Уравнения неразрывности, Эйлера и уравнение состояния. Гидростатика. Теоремы Бернулли и Кельвина. Примеры решения задачи с использованием теорем Бернулли и Кельвина. Потенциальное течение идеальной жидкости. Парадокс Даламбера-Эйлера. Присоединенная масса. Гравитационные волны в идеальной жидкости. Гидродинамика вязкой жидкости. Уравнения Навье-Стокса и граничные условия к нему. Примеры решения задач о вязком течении жидкости- плоские течения Куэтта и Пуазейля; течение жидкости по наклонной плоскости; сдвиговые волны в жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля в цилиндрических каналах. Критерий Рейнольдса. Течения при малых числах Рейнольдса. Сила Стокса. Эффективная вязкость суспензий, формула Эйнштейна. Течение при больших числах Рейнольдса. Пограничный слой. Турбулентность. Логарифмический слой; турбулентный пограничный слой. Турбулентное течение в трубах.
2	Теория тепломассопереноса	Уравнения теории тепломассопереноса. Различные виды потоков вещества и тепла (диффузионный, конвективный, седиментационный). Граничные условия I-IV родов. Методы решения задач переноса на отрезках: метод Фурье разделения переменных; метод разложения по собственным функциями.

		Решения задач на бесконечных и полубесконечных прямых - интегральные преобразования Фурье и Лапласа. Волновые решения нелинейных уравнений – задача Зельдовича о распространении фронта пламени; КПП задача.
--	--	--

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Избранные главы математики

Электронные ресурсы (издания)

1. Черняк, В. Г.; Механика сплошных сред : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2006; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69276> (Электронное издание)
2. Ханефт, А. В.; Механика сплошных сред : учебное пособие. 1. Гидродинамика; Кемеровский государственный университет, Кемерово; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495208> (Электронное издание)
3. Учайкин, В. В.; Механика. Основы механики сплошных сред: Задачи и упражнения с интернет-сопровождением : Учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов.; Институт компьютерных исследований, Москва; Ижевск; 2002; <http://gcd.ru> (Электронное издание)
4. Александров, Д. В.; Введение в гидродинамику : учебное пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлениям подготовки 010800 "Механика и математическое моделирование", 010100 "Математика", 010200 "Математика и компьютерные науки", 230700 "Прикладная информатика".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2012; <http://hdl.handle.net/10995/45630> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Завьялов, Г. А.; Введение в механику сплошных сред; Издательство Уральского университета, Свердловск; 1989 (6 экз.)
2. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов: В 10 т. Т. 6. Гидродинамика; Наука, Москва; 1988 (8 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. А.Ю.Зубарев, Е.А.Елфимова, Л.Ю.Искакова, Континуальные модели процессов переноса в биофизике. Учебное пособие, Уральский гос. университет, 2009.
2. Д.В.Александров, А.Ю.Зубарев, Л.Ю.Искакова, Введение в гидродинамику. Учебное пособие, Уральский федеральный университет, 2012.

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Избранные главы математики

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется
---	----------------------------------	---	--------------

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы электронной микроскопии

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кузнецов Дмитрий Константинович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кузнецов Дмитрий Константинович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Основные положения электронной микроскопии	<p>История развития микроскопии и приборов. Предмет электронной микроскопии, сравнение с другими методами микроскопии.</p> <p>Устройство электронного микроскопа: колонна, электронные пушки, электромагнитная оптика, вакуумные системы.</p> <p>Взаимодействие электронов с веществом. Рассеяние электронов. Диффузия электронов. Нагрев и разрушение образца. Обратнотраженные и вторичные электроны. Обратнотраженные электроны от тонких пленок и объемных образцов.</p> <p>Детекторы вторичных электронов и обратнотраженных электронов. Основные типы детекторов. Спектрометры и фильтры.</p> <p>Понятия разрешение, увеличение, глубины резкости в микроскопии. Контрасты в электронной микроскопии. Запись и обработка изображений.</p> <p>Подготовка образцов для электронной микроскопии. Металлы и керамика, частицы и волокна, влажные материалы и биологические образцы. Исследование непроводящих образцов.</p>

2	Аналитические методы исследования в электронной микроскопии	<p>Рентгеновский микроанализ. Типы рентгеновского излучения. Спектрометры с дисперсией по энергиям и по длинам волн. Количественный микроанализ. Методы коррекции в рентгеновском микроанализе. Обработка данных при рентгеновском микроанализе.</p> <p>Дифракция обратно рассеянных электронов. Картина обратно рассеянных электронов. Кичуи линии. Пространственное разрешение метода дифракции обратно рассеянных электронов. Текстура и ориентация кристаллических образцов. Анализ дефектов, фаз и однородности вещества. Выделение зерен и их границ. Анализ микродеформаций и микронапряжений. Системы для анализа дифракционных картин обратно рассеянных электронов. Применение дифракции обратноотраженных электронов в материаловедении.</p> <p>Подготовка образцов для исследований с помощью рентгеновского микроанализа и дифракции электронов.</p>
3	Просвечивающая электронная микроскопия	<p>Основные составные части просвечивающего электронного микроскопа. Электронная пушка. Высоковольтный генератор и ускоритель. Линзовая система осветителя и дефлектор. Держатели образцов. Формирующая линзовая система. Камера наблюдения и камера фоторегистрации. Контрасты в просвечивающей электронной микроскопии. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов. Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия. Подготовка образцов для просвечивающей электронной микроскопии.</p>
4	Технология фокусированных ионных пучков и электронно-лучевая литография	<p>Взаимодействие ионов с веществом. Физические основы технологии фокусированных ионных пучков. Основные узлы и функциональные блоки микроскопа с ионным пучком. Наноструктурирование поверхности с помощью ионного пучка. Подготовка образцов для просвечивающей электронной микроскопии.</p> <p>Общие принципы электронно-лучевой литографии. Настройка электронно-лучевой системы. Электронные резисты и их характеристики. Основные этапы электронно-лучевой литографии. Использование электронно-лучевых сканирующих систем для изготовления наноструктур.</p>
5	Специальные техники сканирующей электронной микроскопии	<p>Современные достижения электронной микроскопии. Модели электронных микроскопов. Аналитические приставки.</p> <p>Сканирующая электронная микроскопия переменного вакуума. Рассеяние первичного пучка электронов на молекулах газа. Генерация сигнала в газе. Наблюдение образцов в парах воды. Основные конструктивные особенности микроскопов с возможностью наблюдения в переменном вакууме. Режим естественной среды. Рентгеновский микроанализ в микроскопии переменного вакуума. In-situ исследования в микроскопии переменного вакуума.</p> <p>Низковольтная сканирующая электронная микроскопия. Взаимодействие электронов низких энергий с веществом. Основные конструктивные особенности низковольтных</p>

		<p>электронных микроскопов. Получение изображений при низких вольтах. Рентгеновский микроанализ в низковольтной микроскопии.</p> <p>Криоэлектронная микроскопия. Основные конструктивные особенности криоэлектронного микроскопа. Получение изображений в криоэлектронной микроскопии. Подготовка образцов.</p> <p>Корреляционная микроскопия. Основные виды корреляционной микроскопии. In-situ исследования с помощью корреляционной микроскопии.</p> <p>Сканирующая Оже-электронная микроскопия. Генерация Оже электронов. Основные конструктивные особенности Оже микроскопа. Требования к вакуумной системе. Пространственное разрешение. Формирование изображения. Интерпретация изображения, полученного в Оже электронах. Количественный анализ в Оже микроскопии.</p> <p>Применение специальных техник сканирующей электронной микроскопии для исследования в материаловедении, нано- и биотехнологиях. Преимущества использования электронной микроскопии при исследовании биологических объектов. Подготовка биологических образцов. Химическая фиксация образцов. Обезвоживание образцов. Подготовка ультратонких срезов.</p>
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы электронной микроскопии

Электронные ресурсы (издания)

- Ищенко, А. А.; Дифракция электронов: структура и динамика свободных молекул и конденсированного состояния вещества; Физматлит, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275474> (Электронное издание)
- Каули, Д., Д., Пинскер, З. Г.; Физика дифракции; Мир, Москва; 1979; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477333> (Электронное издание)
- Панова, Т. В.; Современные методы исследования вещества: электронная и оптическая микроскопия : учебное пособие.; Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=563044> (Электронное издание)
- Кларк, Э. Р., Баженов, С. Л.; Микроскопические методы исследования материалов : монография.; РИЦ Техносфера, Москва; 2007; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115673> (Электронное издание)

Печатные издания

1. ; Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : учеб. для вузов по специальности "Физика металлов" и "Металловедение, оборудование и технология терм. обраб. металлов".; Металлургия, Москва; 1982 (92 экз.)
2. , Криштал, М. М., Ясников, И. С., Полушин, В. И., Филатов, А. М., Ульяненко, А. Г.; Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Металлургия" и "Физ. материаловедение".; Техносфера, Москва; 2009 (5 экз.)
3. Утевский, Л. М.; Дифракционная электронная микроскопия в металловедении; Металлургия, Москва; 1973 (5 экз.)
4. Энгель, Л., Бернштейн, М. Л., Клингеле, Г.; Растровая электронная микроскопия. Разрушение : Справочник.; Металлургия, Москва; 1986 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<http://lib.urfu.ru> – зональная научная библиотека УрФУ.

American Chemical Society

eLibrary ООО Научная электронная библиотека

ScienceDirect Freedom Collection Elsevier

Scopus

Elsevier

Springer Materials

Web of Science Core Collection

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://www.springerlink.com/content/978-0-387-76501-3#section=109713&page=1> \ Чтение online "Transmission Electron Microscopy", D. Williams, C.B. Carter
2. <http://www.eurmicsoc.org/contact.htm> \ Сайт Европейского электронно-микроскопического сообщества
3. <http://www.matter.org.uk/tem/default.htm> \ Основы просвечивающей электронной микроскопии, обучающий сайт.
4. <http://www.jeol.com> \ Микроскопы, приставки, аксессуары.
5. <http://www.gatan.com> \ Микроскопы, приставки, аксессуары, программные продукты
6. <http://www.analitex.com> \ Программные продукты по электронной микроскопии
7. <https://www.nist.gov/services-resources/software/nist-dtsa-ii> \ Программный продукт для анализа ЭДС спектров

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы электронной микроскопии

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теоретические основы физики
полупроводников и магнитных материалов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кулеш Никита Александрович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра магнетизма и магнитных наноматериалов
2	Якунин Михаил Викторович	доктор физико- математических наук, старший научный сотрудник	Профессор	Кафедра физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кулеш Никита Александрович, Доцент, магнетизма и магнитных наноматериалов
- Якунин Михаил Викторович, Профессор, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	История открытия полупроводников. Основные свойства полупроводников. Применение полупроводников в науке и технике. Классификация полупроводников. Методы выращивания полупроводниковых кристаллов. Методы получения низко-размерных структур: двумерных квантовых слоев, квантовых проволок и точек.
2	Атомная структура	Внешние оболочки атомов и типы сил связи в твердых телах: ван-дер-ваальсова, ионная и ковалентная связь. Структуры важнейших полупроводников – элементарных и соединений типов A3B5, A2B6, A4B6. Трансляционная симметрия кристаллов. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Ячейка Вигнера—Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, её свойства. Зона Бриллюэна.
3	Зонная структура	Формулировка общей квантово-механической задачи. Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Простейшие модели: одномерный ящик и модель Кронига-Пенни. Теорема Блоха. Форма краев зон. Характер движения электрона в периодическом потенциале. Групповая скорость. Эффективная масса. Типы зонной структуры в кристаллических телах: металлы, полуметаллы, диэлектрики.

		Зонная структура конкретных полупроводников. Влияние внешних воздействий на зонную структуру.
4	Примеси и дефекты	Химическая природа и электронные свойства примесей. Примеси замещения, внедрения, вакансии. Точечные, линейные и двумерные дефекты. Граница кристалла, как дефект. Мелкие примесные уровни (водородоподобная примесь). Спектр и волновые функции мелких донорных и акцепторных состояний. Спектр слабо- и сильнолегированных полупроводников.
5	Статистика	Распределение Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Вырожденный и невырожденный электронный газ. Плотность состояний. Эффективная масса плотности состояний. Концентрация носителей заряда в зонах и на локальных уровнях. Интегралы Ферми. Решение уравнения электронейтральности для собственного полупроводника. Решение уравнения электронейтральности в примесном полупроводнике.
6	Явления электронного переноса	Электропроводность. Подвижность. Транспортное время релаксации импульса. Закон Ома в анизотропных полупроводниках. Дрейфовая эффективная масса. Тензор электропроводности, эффект Холла и магнитосопротивления. Уравнение Больцмана. Правило усреднения времени релаксации импульса. Эффект Холла и магнитосопротивление. Время релаксации и вероятность квантовых переходов. Рассеяние на ионизированной примеси. Зависимость времени релаксации от энергии для различных механизмов рассеяния. Температурная зависимость подвижности.
7	Магнитные квантовые эффекты	Энергетический спектр электронов и дырок в магнитном поле. Плотность состояний. Учет спина. Осцилляции Шубникова-де Гааза. Определение концентрации и эффективной массы из осцилляций Шубникова-де Гааза. Магнитофонный резонанс (МФР). Определение эффективной массы из МФР. Межзонное и примесное магнитное вымораживание носителей. Циклотронный резонанс.
8	Новые полупроводниковые материалы	Магнитные и полумагнитные полупроводники. Спинтроника. Спиновый клапан. Спиновый транзистор. Спиновые светоизлучающие диоды. Органические полупроводников. Малые органические молекулы, полимеры. Органические полупроводниковые кристаллы. Электронная структура. Легирование. Транспортные свойства. Оптические свойства. Графен и углеродные нанотрубки. Структура. Зонная структура. Электрические и оптические свойства.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы физики полупроводников и магнитных материалов

Электронные ресурсы (издания)

1. Ансельм, А. И.; Введение в теорию полупроводников : монография.; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва, Ленинград; 1962;
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=479539> (Электронное издание)
2. Зегря, Г. Г.; Основы физики полупроводников : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2009;
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68394> (Электронное издание)
3. Лебедев, А. И.; Физика полупроводниковых приборов : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2008;
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68403> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ансельм, А. И., Алферов, Ж. И.; Введение в теорию полупроводников : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по физ. и техн. специальностям.; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (11 экз.)
2. Зеегер, К., Пожела, Ю. К., Бразис, Р., Матуленис, А., Тетервов, А.; Физика полупроводников; Мир, Москва; 1977 (21 экз.)
3. Шалимова, К. В.; Физика полупроводников : Учебник для вузов по специальности "Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы".; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (9 экз.)
4. Бонч-Бруевич, В. Л.; Физика полупроводников : Учеб. пособие.; Наука, Москва; 1977 (16 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Электронные ресурсы ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

Электронные ресурсы Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>

Электронные ресурсы ScienceDirect: <http://www.scifinder.com>

Электронные ресурсы Web of Science: <http://reaxys.org>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы физики полупроводников и магнитных материалов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acadmс Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acadmс Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acadmс Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acadmс Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется