

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
1148508	Физика наноматериалов

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Наноинженерия	Код ОП 1. 28.03.02/33.01
Направление подготовки 1. Наноинженерия	Код направления и уровня подготовки 1. 28.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гроховский Виктор Иосифович	кандидат технических наук, старший научный сотрудник	Профессор	физических методов и приборов контроля качества
2	Зацепин Анатолий Федорович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	физических методов и приборов контроля качества
3	Ремпель Андрей Андреевич	доктор физико-математических наук, профессор	Профессор	физических методов и приборов контроля качества

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Физика наноматериалов

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Физика наноматериалов» посвящен знакомству с основными видами наноструктурных материалов, их структурой, свойствами и областью применения. В результате освоения модуля студенты получают представление о существующих наноструктурах и перспективах их использования в нанотехнологии.

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	Физика конденсированного состояния	4
2	Физические основы управления структурой наноматериалов	4
3	Физико-химия наноструктурированных материалов	4
ИТОГО по модулю:		12

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Атомная физика
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

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

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Физика конденсированного состояния	ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе	3-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур 3-2 - Излагать назначение, устройство и принцип действия оборудования для

		<p>измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-3 - Характеризовать воздействие используемого оборудования на наноматериалы и наноструктуры</p> <p>З-4 - Излагать технологические инструкции (карты), техническую и нормативную документация по проведению измерений параметров и процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-1 - Оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-2 - Оценивать временные затраты на стандартные и нестандартные методы измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией</p> <p>У-5 - Обеспечивать выполнение требований охраны труда</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>
<p>Физико-химия наноструктурированных материалов</p>	<p>ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе</p>	<p>З-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-2 - Излагать назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>

		<p>З-3 - Характеризовать воздействие используемого оборудования на наноматериалы и наноструктуры</p> <p>З-4 - Излагать технологические инструкции (карты), техническую и нормативную документация по проведению измерений параметров и процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-1 - Оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-2 - Оценивать временные затраты на стандартные и нестандартные методы измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией</p> <p>У-5 - Обеспечивать выполнение требований охраны труда</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>
<p>Физические основы управления структурой наноматериалов</p>	<p>ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе</p>	<p>З-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-2 - Излагать назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-3 - Характеризовать воздействие используемого оборудования на наноматериалы и наноструктуры</p> <p>З-4 - Излагать технологические инструкции (карты), техническую и нормативную</p>

		<p>документация по проведению измерений параметров и процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-1 - Оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-2 - Оценивать временные затраты на стандартные и нестандартные методы измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией</p> <p>У-5 - Обеспечивать выполнение требований охраны труда</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>
--	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика конденсированного состояния

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Зацепин Анатолий Федорович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Кафедра физических методов и приборов контроля качества

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Зацепин Анатолий Федорович, Профессор, физических методов и приборов контроля качества**

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	Краткая характеристика дисциплины, ее цели, задачи, объем, содержание. Порядок изучения материала, связь с другими дисциплинами, место в системе подготовки бакалавров по данным направлениям. Характеристика учебной литературы. Краткие исторические сведения о развитии ФТТ и родственных наук. Вклад отечественных и зарубежных ученых. Роль науки о твердом состоянии вещества в современном мире.
2	Строение твердых тел	Классификация структурных состояний твердого тела. Кристаллические и аморфные тела. Ближний и дальний порядок и Пространственная решетка и ее свойства. Однородность и анизотропия. Элементарная ячейка. Простые и сложные ячейки. Трансляционная и точечная симметрия кристаллов. Ячейка ВигнераЗейтца. Трансляционные решетки Браве. Кристаллографические символы. Задание узлов, направлений и плоскостей в кристаллической решетке. Симметрия и физические свойства кристаллов. Обратная решетка и ее свойства. Волновые процессы в кристаллической решетке. Зона Бриллюэна. Закон Вульфа-Брэггов. Интерференционные уравнения Лауэ. Построение Эвальда. Дифракционные методы определения атомной структуры кристаллов. Рентгенография, электронография, нейтронография.

3	Межатомные взаимодействия и типы связей в твердых телах	Классификация твердых тел по типу межатомных связей. Энергия сил связи. Силы Ван-дер-Ваальса в молекулярных кристаллах (дисперсионные, ориентационные и индукционные взаимодействия). Ионные кристаллы. Энергия решетки и постоянная Маделунга. Ковалентные кристаллы. Металлическая связь и металлические кристаллы. Кристаллы с водородными связями. Сравнительная характеристика различных типов связи в твердых телах.
4	Дефекты в твердых телах	Классификация дефектов решетки кристаллов. Тепловые точечные дефекты и их свойства. Энергия образования дефекта. Равновесная концентрация дефектов Шоттки. Равновесная концентрация дефектов Френкеля. Влияние колебательной энтропии на равновесную концентрацию точечных дефектов. Комплексы точечных дефектов, энергия связи и концентрация. Радиационные дефекты. Миграция дефектов в решетке. Диффузия, ионная проводимость в твердых телах. Методы исследования дефектов структуры кристаллов.
5	Динамика кристаллической решетки	Нормальные колебания. Описание теплового движения атомов в кристаллах в рамках адиабатического и гармонического приближений. Колебания однородной струны. Упругие волны в кристаллах. Закон дисперсии. Колебания линейной цепочки одинаковых атомов. Колебания цепочки с 2-атомным базисом. Акустические и оптические колебания. Колебания трехмерной решетки (1-атомный кристалл и кристалл с базисом). Распределение колебаний по частотам. Локализованные колебания. Фононы и фононная статистика. Электронная и решеточная теплоемкости. Теория теплоемкости Дебая и Эйнштейна. Ангармонические эффекты. Тепловое расширение твердых тел.
6	Электронная теория твердого тела	Классификация твердых тел по электропроводности. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Сверхпроводимость. Основы зонной теории. Стационарное уравнение Шредингера для кристалла. Одноэлектронное приближение. Электрон в периодическом поле. Функция Блоха. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Энергетический спектр электронов в одномерном кристалле. Модель Кронига-Пенни. Закон дисперсии для электрона. Схемы периодических, расширенных и приведенных зон. Динамические свойства электрона в кристалле. Приближение эффективной массы. Положительная дырка. Распределение электронных уровней внутри энергетической зоны. Плотность электронных состояний. Заполнение энергетических зон электронами. Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в твердых телах.
7	Физические свойства полупроводников	Собственные и примесные полупроводники. Функция распределения в статистике Ферми-Дирака. Концентрация носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках при термодинамическом равновесии. Закон действующих масс. Зависимость концентрации носителей и положения уровня Ферми от температуры. Неравновесные носители заряда, виды их генерации и рекомбинации. Время жизни неравновесных носителей. Электропроводность.

		Подвижность носителей заряда. Дрейфовый и диффузионный токи в полупроводниках. Оптические явления. Поглощение света, люминесценция и фотопроводимость. Контактные явления. Работа выхода электрона. Контактная разность потенциалов. P-n-переход. МДП-структуры.
8	Физика аморфных материалов	Структура и свойства некристаллических твердых тел. Виды неупорядоченности. Особенности энергетического спектра электронных состояний. Дефекты в аморфных материалах. Перенос носителей заряда в некристаллических полупроводниках и диэлектриках. Температурная зависимость проводимости. Оптические свойства диэлектрических стекол. Металлические стекла. Применение аморфных материалов.
9	Заключение	Перспективы развития физики твердого состояния в XXI веке. Применение результатов теории для управления функциональными свойствами материалов современной техники. Использование дефектов структуры полупроводников и активных диэлектриков (сегнето-, пьезо- и пирозлектриков) как фактора оптимизации режимов электронных процессов, параметров приборов и устройств различного назначения.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе	З-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией У-5 -

				<p>Обеспечивать выполнение требований охраны труда</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния

Электронные ресурсы (издания)

1. Киттель, Ч., Ч.; Введение в физику твердого тела; Наука, Москва; 1978; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483361> (Электронное издание)
2. Бонч-Бруевич, В. Л.; Физика полупроводников; Наука, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483346> (Электронное издание)
3. , Бирюков, Д. Ю., Зацепин, А. Ф., Кортон, В. С.; Применение метода термолюминесцентной спектроскопии для изучения дефектных центров в диэлектрических материалах : Метод. указания к лаб. практикуму по курсу "Физика твердого тела" для студентов физ.-техн. фак-та дневной формы обучения спец. 190200 - Приборы и методы контроля качества и диагностики.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1073> (Электронное издание)
4. Гусева, В. Б., Зацепин, А. Ф., Чолах, С. О., Гощицкий, Б. Н.; Динамика решетки и электрон-фононные взаимодействия в кристаллах с энергетической щелью : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2004; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1530> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Киттель, Ч., Гусев, А. А., Пахнев, А. В.; Введение в физику твердого тела; Наука, Москва; 1978 (44 экз.)
2. Бонч-Бруевич, В. Л., Калашников, С. Г.; Физика полупроводников : Учеб. пособие для физ. специальностей вузов.; Наука, Москва; 1990 (19 экз.)
3. Крутецкий, И. В.; Физика твердого тела : учеб. пособие.; СЗПИ, Ленинград; 1974 (19 экз.)
4. Гуревич, А. Г.; Физика твердого тела : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов и техн. ун-тов.; Невский Диалект : [БХВ-Петербург], Санкт-Петербург; 2004 (21 экз.)
5. Павлов, П. В., Хохлов, А. Ф.; Физика твердого тела : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов

электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы"; Высшая школа, Москва; 2000 (47 экз.)

6. , Верещагин, И. К., Кокин, С. М., Никитенко, В. А., Селезнев, В. А., Серов, Е. А.; Физика твердого тела : Учеб. пособие для студентов вузов.; Высшая школа, Москва; 2001 (29 экз.)

7. Маделунг, О.; Физика твердого тела. Локализованные состояния; Наука, Москва; 1985 (7 экз.)

8. Мотт, Н. Ф., Коломиец, Б. Т.; Электронные процессы в некристаллических веществах : [В 2-х т.]. Т. 1. ; Мир, Москва; 1982 (4 экз.)

9. Зацепин, А. Ф.; Физика твердого тела. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлениям подготовки 210100 "Приборостроение", 210600 "Нанотехнология", 221700 "Стандартизация и метрология", 210100 "Электроника и микроэлектроника"; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2013 (9 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Журнал ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА (<https://dlib.eastview.com/browse/publication/79352>).

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

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ). Библиотека ГОСТов по разделам "Металлы", "Методы испытаний" (<http://www.gost.ru/>)

Российская библиотечная ассоциация (<http://www.rba.ru>)

Муниципальное объединение библиотек (<http://www.gibs.uralinfo.ru>)

Сетевая электронная библиотека (<http://web.ido.ru>)

Списки ссылок на библиотеки мира (<http://www.techno.ru>)

Государственная публичная научно-техническая библиотека (<http://www.gpntb.ru>)

Российская национальная библиотека (<http://www.rsl.ru>)

Публичная электронная библиотека (<http://www.gpntb.ru>)

Библиотека В. Г. Белинского (<http://book.uraic.ru>)

Материаловедение. Бесплатный образовательный ресурс (<http://supermetalloved.narod.ru/books.htm>)

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния

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 Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	OriginPro Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется

4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	OriginPro Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физические основы управления структурой
наноматериалов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гроховский Виктор Иосифович	кандидат технических наук, старший научный сотрудник	Профессор	физических методов и приборов контроля качества

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Гроховский Виктор Иосифович, Профессор, физических методов и приборов контроля качества**

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	Цели и задачи курса. Связь курса с другими изучаемыми дисциплинами. Материалы – показатели развития цивилизации. Экологические аспекты курса. История материаловедения.
2	Атомно-кристаллическое строение реальных кристаллов	Агрегатное состояние и свойства материалов. Кристаллическое состояние вещества. Науки о кристаллах. Типы связи в кристаллах и свойства материалов. Элементы кристаллографии: Кристаллическая решетка. Сингонии и решетки Бравэ. Кристаллографические индексы. Анизотропия кристаллов. Дефекты кристаллического строения. Классификация дефектов. Точечные дефекты. Линейные дефекты: Теоретическая прочность кристалла. Краевая дислокация (КД). Винтовая дислокация (ВД). Основные свойства дислокации. Влияния дислокаций на свойства кристаллов. Дисклинация. Поверхностные дефекты (двумерные). Границы зёрен. Строение границ зерен. Малоугловые и большеугловые границы. Специальные границы. Когерентные и полукогерентные межфазные границы. Дефекты упаковки. Диффузия в кристаллических телах. Основные понятия. Законы Фика. Коэффициент диффузии. Эффект Киркендала. Восходящая диффузия. Механизмы диффузии. Диффузия по границам зёрен.

3	Методы исследования структуры материалов	Исследование кристаллов с помощью рентгеновских лучей. Методы Лауэ. Дифрактометрия. Рентгенофазовый анализ. Исследование кристаллов с помощью электронов. Просвечивающая и растровая электронная микроскопия. Электроннозондовый микроанализ. Автоионная микроскопия. Оптическая микроскопия. Апертура объектива и разрешающая способность микроскопа. Биологический и металлографический микроскопы. Цифровая микроскопия и количественная металлография. Подготовка образцов для микроскопии.
4	Кристаллизация	Термодинамика фазовых переходов, основные понятия. Кристаллизация чистых веществ. Образование зародышей кристаллизации, критический размер зародыша. Влияние количества центров зарождения и скорости роста на размер зерна поликристаллических материалов. Гетерогенное зарождение. Модификаторы первого и второго рода. Дендритный рост кристаллов. Рост кристаллов и строение слитка. Дефекты слитка. Усадка металла. Фазы в сплавах: твердые растворы замещения, внедрения и вычитания; сверхструктуры, химические соединения; фазы внедрения, электронные соединения, фазы Лавеса, сигма-фазы.
5	Физико-химические методы исследования фазовых превращений в сплавах	Диаграммы состояния (ДС) двойных систем. Правило фаз Гиббса и правило рычага. ДС с неограниченной растворимостью компонент в жидком и твердом состояниях, с отсутствием растворимости в твердом состоянии, с ограниченной растворимостью в твердом состоянии, с полиморфизмом компонентов, с эвтектическим, перитектическим, эвтектоидным и перитектоидным превращениями. Виды невариантных равновесий в ДС. Кинетика и механизмы фазовых превращений. ДС тройных систем. Правило Курнакова.
6	Железо и его сплавы	Компоненты и фазы в системе Fe – C. Метастабильная диаграмма состояния железо-цементит. Структурные составляющие в диаграмме железо-цементит, их характеристики, условия образования и свойства. Стабильная диаграмма железо - углерод. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали. Маркировка углеродистых сталей. Влияние легирующих элементов на свойства феррита и аустенита. Структурные классы легированных сталей в условиях равновесия. Классификация и маркировка легированных сталей. Свойства и назначение чугунов. Классификация и маркировка. Ковкий чугун. Высокопрочный чугун. Дефекты стального слитка. Способы повышения качества металлов.
7	Механические свойства металлов и сплавов	Стандартные механические свойства: свойства, определяемые при статическом растяжении, методы определения твердости. Механические испытания при динамических нагрузках. Ударная вязкость материалов. Свойства, определяемые при циклических нагрузках. Усталостное разрушение. Предел выносливости. Пределы ползучести и длительной прочности.
8	Пластическая деформация	Основные виды формоизменения при пластической деформации. Кристаллография пластической деформации.

		Изменение формы кристалла. Пластическая деформация моно- и поликристаллов. Механизмы пластической деформации. Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлов. Стадии деформационного упрочнения кристаллов. Явление наклепа. Текстура деформации. Деформация двойникованием. Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла. Возврат и полигонизация. Первичная рекристаллизация. Собирательная и вторичная рекристаллизация. Факторы, влияющие на размер зерна после рекристаллизации. Текстура рекристаллизации. Влияние нагрева на свойства деформированного металла. Диаграммы рекристаллизации.
9	Фазовые превращения в сплавах железа (теория термической обработки стали)	Образование аустенита при нагреве стали. Рост зерна аустенита. Методы определения размера зерна аустенита. Брак при нагреве стали. Превращение аустенита при охлаждении. Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита. Перлитное превращение. Механизм перлитного превращения. Влияние степени переохлаждения аустенита на строение и свойства перлита. Мартенсит, его строение и свойства. Мартенситное превращение и его особенности. Влияние легирующих элементов на мартенситное превращение. Промежуточное (бейнитное) превращение. Строение и свойства продуктов промежуточного превращения аустенита. Критическая скорость охлаждения и факторы, влияющие на нее. Превращение аустенита при непрерывном охлаждении. Превращения при отпуске стали. Влияние температуры, продолжительности нагрева и легирующих элементов на фазовые и структурные превращения мартенсита при отпуске. Влияние температуры отпуска на механические свойства стали. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость.
10	Технология термической обработки стали	Отжиг первого рода и его назначение. Гомогенизация. Рекристаллизационный отжиг. Отжиг для снятия напряжений. Отжиг второго рода с фазовой перекристаллизацией. Назначение полного и неполного отжига стали. Изотермический отжиг. Нормализация стали. Закалка стали. Выбор температуры и продолжительности нагрева под закалку. Контролируемые атмосферы. Методы и способы закалки. Закаливаемость и прокаливаемость стали. Закалочные среды. Дефекты, возникающие при закалке. Обработка стали холодом. Отпуск стали. Виды и назначение отпуска. Термомеханическая обработка стали. Поверхностная лазерная закалка. Старение.
11	Химикотермическая обработка (ХТО) стали	Физические основы ХТО. Механизм образования и строение диффузионного слоя. Стали для цементации. Назначение и виды цементации. Азотирование стали. Свойства азотированного слоя. Области применения азотирования. Нитроцементация стали. Режимы и области использования. Цианирование стали. Силицирование. Борирование. Режимы процессов и области применения. Диффузионная металлизация (алитирование, хромирование). Экологические проблемы технологий ХТО.
12	Нержавеющие стали	Виды коррозии. Конструкционные коррозионностойкие и жаростойкие стали и сплавы. Основные принципы создания

		коррозионностойких сталей. Общая характеристика коррозионностойких сталей. Нержавеющие стали (мартенситного, мартенситно-ферритного, ферритного и аустенитного классов). Коррозионностойкие сплавы на никелевой основе. Жаростойкие стали.
13	Цветные металлы и сплавы	Алюминий и его сплавы. Свойства алюминия. Классификация, обозначения. Взаимодействие алюминия с легирующими элементами. Строение и свойства алюминиевых сплавов в литом и деформированном состоянии. Диаграммы состояния Al-Cu, AlMg, Al-Mn. Силумины, дюралюмины, авиали. Виды термической обработки алюминиевых сплавов. Закалка и старение сплавов алюминия. Дисперсионное твердение при естественном и искусственном старении. Области применения. Сплавы на основе меди. Медь и ее свойства. Диаграммы состояния Cu-Zn и Cu-Sn. Латунь, бронзы. Классификация и маркировка. Фазы в сплавах. Области применения. Титан и его сплавы. Свойства титана, взаимодействие титана с легирующими элементами. Классификация легированных сплавов титана по структуре. Диаграммы состояния с легирующими элементами, расширяющими и сужающими область существования бета-фазы. Получение, термообработка и области их применения.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе	З-3 - Характеризовать воздействие используемого оборудования на наноматериалы и наноструктуры У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией У-5 - Обеспечивать выполнение требований

				охраны труда П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы управления структурой наноматериалов

Электронные ресурсы (издания)

1. Солнцев, Ю. П.; Материаловедение: применение и выбор материалов : учебное пособие.; Химиздат, Санкт-Петербург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=102722> (Электронное издание)
2. Солнцев, Ю. П., Солнцев, Ю. П.; Материаловедение специальных отраслей машиностроения : учебное пособие.; Химиздат, Санкт-Петербург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98341> (Электронное издание)
3. Солнцев, Ю. П.; Материаловедение специальных отраслей машиностроения : учебное пособие.; ХИМИЗДАТ, Санкт-Петербург; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/49796.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Солнцев, Ю. П., Борзенко, Е. И., Вологжанина, С. А.; Материаловедение. Применение и выбор материалов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 140400 "Техн. физика".; Химиздат, Санкт-Петербург; 2007 (10 экз.)
2. Мальцева, Л. А., Бараз, В. Р.; Материаловедение : учебное пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2014 (1 экз.)
3. Мальцева, Л. А., Бараз, В. Р.; Материаловедение : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 150100 - Metallurgy.; УрФУ, Екатеринбург; 2012 (1 экз.)
4. , Арзамасов, Б. Н., Макарова, В. И., Мухин, Г. Г.; Материаловедение : Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. и специальностям в обл. техники и технологии.; Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; 2002 (27 экз.)
5. ; Материаловедение и технология металлов : Учебник для вузов.; Высш. шк., Москва; 2000 (6 экз.)
6. Лахтин, Ю. М., Леонтьева, В. П.; Материаловедение : учеб. для техн. вузов.; Альянс, Москва; 2009 (107 экз.)
7. Геллер, Ю. А., Рахштадт, А. Г.; Материаловедение : учеб. пособие для вузов.; Metallurgy, Москва; 1989 (39 экз.)
8. Гуляев, А. П.; Материаловедение : учеб. для втузов.; Metallurgy, Москва; 1986 (337 экз.)

9. Гуляев, А. П.; Металловедение : учебник для вузов.; Альянс, Москва; 2011 (20 экз.)
10. , Усова, Л. Ф.; Технология металлов и материаловедение; Металлургия, Москва; 1987 (12 экз.)
11. Мозберг, Р. К.; Материаловедение : учеб. пособие для техн. вузов.; Высшая школа, Москва; 1991 (35 экз.)
12. Циммерман, Р., Ашмарин, Г. М., Бернштейн, М. Л., Гюнтер К, Левин, Б. И., Полухин, П. И.; Металлургия и материаловедение : Справочник.; Металлургия, Москва; 1982 (5 экз.)
13. Гольдштейн, М. И., Векслер, Ю. Г., Грачев, С. В.; Специальные стали : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Металловедение и терм. обработка металлов".; МИСИС, Москва; 1999 (19 экз.)
14. Готтштайн, Г., Золотова, К. Н., Чаркин, Д. О., Зломанов, В. П.; Физико-химические основы материаловедения; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; [2013] (1 экз.)
15. Готтштайн, Готтштайн Г., Золотова, К. Н., Чаркин, Д. О., Зломанов, В. П.; Физико-химические основы материаловедения : [учеб. пособие].; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2009 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Журнал МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ (<https://dlib.eastview.com/browse/publication/80081>).

Журнал МЕТАЛЛЫ (<https://dlib.eastview.com/browse/publication/133446>).

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

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РОССТАНДАРТ (<http://www.gost.ru/>).

Российская библиотечная ассоциация (<http://www.rba.ru>).

Муниципальное объединение библиотек (<http://www.gibs.uralinfo.ru>).

Сетевая электронная библиотека (<http://web.ido.ru>).

Списки ссылок на библиотеки мира (<http://www.techno.ru>).

Государственная публичная научно-техническая библиотека (<http://www.gpntb.ru>).

Российская национальная библиотека (<http://www.rsl.ru>).

Публичная электронная библиотека (<http://www.gpntb.ru>).

Библиотека В. Г. Белинского (<http://book.uraic.ru>).

Материаловедение. Бесплатный образовательный ресурс (<http://supermetalloved.narod.ru/books.htm>).

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы управления структурой наноматериалов

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 Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES

		<p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физико-химия наноструктурированных
материалов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Ремпель Андрей Андреевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	Кафедра физических методов и приборов контроля качества

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Ремпель Андрей Андреевич, Профессор, физических методов и приборов контроля качества

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	Краткая характеристика современных нанотехнологий и методов получения наноматериалов. Цели и содержание курса. Место курса в системе подготовки студентов. Особенности организации обучения
2	Строение наноматериалов	
2.1	Атомное строение наночастиц	Понятия атомных кластеров, нанокластеров и наночастиц. Обзор данных по структуре кластеров простых веществ. Особенности симметрии кластеров. Число атомов в кластерах, магические кластеры. Методы получения кластеров, холодные и теплые кластеры. Углеродные кластеры и фуллерены. Обзор данных по структуре наночастиц простых и двухкомпонентных веществ. Кристаллические и некристаллические структуры наночастиц, атомный беспорядок.
2.2	Размер и форма наночастиц	Монодисперсные системы. Распределение частиц по размерам, нормальное, логнормальное. Шарообразные частицы, полые частицы (сферы), полые прутки (трубки). Углеродные нанотрубки. Аспектное отношение для частиц. Графен, многообразие форм углерода.
2.3	Границы зерен в двух- и трехмерных наноматериалах	Понятия тройных точек, свободных объемов, нанопор. Поверхностные фазы. Структура границ в крупнокристаллических материалах, малоугловые границы, специальные границы. Дислокации, дисклинации. Структура границ в наноматериалах, больше-угловые границы. Фазовые

		превращения в межзеренном пространстве, смешанные агрегатные состояния. Фазовые превращения в объемных материалах.
2.4	Электронное строение и химические связи в наноматериалах	Электронная и фононная подсистемы твердого тела. Типы химических связей. Основное состояние. Модель свободных и почти свободных электронов для твердого тела. Зависимость числа электронных состояний от числа атомов в твердом теле. Понятия металлов и диэлектриков. Влияние температуры. Определения для полуметаллов и полупроводников. Сильносвязанные и слабосвязанные экситоны, радиус экситона. Радиус обменного взаимодействия. Суперпарамагнетизм магнитных наночастиц. Твердые и мягкие наномангнетики. Особенности физического и химического взаимодействия между наночастицами.
2.5	Размерные эффекты	Электронные спектры атомов, молекул и твердого тела. Борковский радиус экситона в слабо-связанном полупроводнике. Теория конфинмента экситона в наночастице. Квантово-размерные эффекты. Синее смещение спектра флуоресценции.
2.6	Квантовые точки	Дискретность электронного спектра квантовой точки. Фотолуминесценция и флуоресценция, фосфоресценция. Понятие экситонного пика, положение пика на спектре флуоресценции в зависимости от размера квантовой точки и ее формы. Дефектные и поверхностные пики в спектрах фотолуминесценции. Квантовый выход. Мультиэкситонные и биекситонные переходы. Гетероструктуры. Коллоидные квантовые точки. Использование квантовых точек в технике, медицине и биологии.
3	Термодинамика наноматериалов	
3.1	Термодинамическая стабильность	Понятия о равновесных и неравновесных состояниях. Замороженные и метастабильные состояния. Понятия о внутренней и свободной энергиях, понятие об энтропии. Избыточная энергия. Поверхностная энергия, давление Лапласа. Неравновесные процессы, описываемые в рамках равновесной термодинамики.
3.2	Зародышеобразование и рост частиц	Понятие о зародыше, критический размер зародыша. Теории зародышеобразования. Пересыщенные растворы, зарождение частиц нерастворимого вещества в водных растворах. Распад твердых растворов. Флуктуации, диффузия атомов и переход системы в термодинамическое равновесие. Рост наночастиц при увеличении температуры, рекристаллизация.
3.3	Консервативная самоорганизация наночастиц	Равновесная и неравновесная термодинамики. Понятия о консервативной и динамической самоорганизациях. Ковалентная и нековалентная самоорганизация. Фотонные кристаллы. Опалесценция.
3.4	Методы стабилизации наноматериалов	Коллоидные растворы. Использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) и ультразвука для стабилизации и дестабилизации растворов наночастиц. Стабилизация наночастиц в органических жидкостях. Пришивка

		органических молекул к неорганическим наночастицам. Отрицательный и положительный дзетапотенциалы в растворах. Введение ингибиторов роста зерен в трехмерные материалы.
4	Физико-химические свойства наноматериалов	
4.1	Межатомные расстояния и температура плавления	Межатомные расстояния в кристаллических, некристаллических и нанокристаллических веществах. Релаксация атомов на поверхности наночастиц. Особенности фононного спектра неупорядоченных и наноструктурированных твердых веществ. Отличие теплоемкости кристаллических и нанокристаллических материалов. Зависимость температуры плавления наночастиц от их размера.
4.2	Механические свойства наноматериалов	Упругость, твердость и пластичность. Дислокационный механизм пластичности. Понятия твердости, микротвердости и нанотвердости. Вязкость и предел текучести твердых веществ. Суть закона Холла-Петча. Методы интенсивной пластической деформации: равноканальное угловое прессование и кручение под давлением. Твердость материалов, упрочненных наночастицами. Взаимозависимость твердости и пластичности в крупнокристаллических и наноструктурированных материалах.
4.3	Магнетизм наноматериалов и спинтроники	Однодоменные наночастицы. Суперпарамагнетизм наночастиц. Сильные и слабые наноструктурированные магниты. Гигантское магнетосопротивление в гетероструктурах. Использование квантовых состояний электронов в спинтронике. Основные направления развития спинтроники.
4.4	Оптические свойства и фотоника	Понятия пропускания, абсорбции и оптической плотности. Фундаментальный край поглощения. Зависимость ширины запрещенной зоны в полупроводнике от его размеров, синий сдвиг. Понятие фотоники, основные направления ее развития.
4.5	Флуоресценция наночастиц и биометки	Понятия люминесценции, флуоресценции и фосфоресценции. Экситонный пик флуоресценции, синий сдвиг флуоресценции в наночастицах. Использование флуоресценции наночастиц (квантовых точек) в качестве биометок в биологии и медицине.
4.6	Каталитическая активность наноматериалов	Понятие нанокатализаторов. Нанофотокатализаторы для очистки и расщепления воды. Зеленая химия и водородная энергетика. Каталитическая активность и квантовая эффективность фотокатализаторов. Экологически чистые фотокатализаторы на основе диоксида титана.
5	Экспериментальные методы исследования наноматериалов	
5.1	Флуоресцентная оптическая микроскопия	Понятия оптической и конфокальной микроскопии. Микроскопия дальнего и ближнего полей. Оптическая микроскопия со стимулированным подавлением эмиссии STED. Методы возбуждения флуоресценции. Фотолюминесценция. Спектры возбуждения и эмиссии. Фильтры для флуоресцентной оптической микроскопии.

		Подготовка биологических образцов для исследования на флуоресцентном микроскопе. Цифровое фотографирование флуоресцирующих объектов, предел разрешения.
5.2	Зондовая микроскопия для исследования структуры поверхности наноматериалов	Принципы атомно-силовой и туннельной сканирующей микроскопии. Кантилевер, призма Берковича. Предел разрешения зондовых микроскопов. Зондовая микроскопия и супрамолекулярная архитектура.
5.3	Электронная микроскопия для наблюдения нанообъектов и их структуры	Высокоразрешающая сканирующая электронная микроскопия. Катод Шоттки. Обратнотраженные и вторичные электроны. Микроскопия слабопроводящих наноматериалов, методы подавления наэлектризации образца (покрытие диэлектриков металлической нанопленкой, впрыск паров воды). Просвечивающая электронная микроскопия. Микроскопия с атомным разрешением. Интерпретация данных высокоразрешающей просвечивающей электронной микроскопии. Радиационные повреждения наноматериалов при их исследовании методом просвечивающей электронной микроскопии.
5.4	Дифракционные методы для определения областей когерентного рассеяния и микродеформаций	Дифракция рентгеновских лучей, электронов и тепловых нейтронов на наноструктурированных материалах. Выбор оптимального метода дифракции для исследования атомной структуры наноматериалов. Понятия областей когерентного рассеяния, механических напряжений и микродеформаций. Уширение дифракционных линий с учетом инструментальной функции или функции разрешения прибора. Определение размера частиц по формуле Шеррера. Построение графика зависимости уширения линий от величины вектора рассеяния. Определение размеров областей когерентного рассеяния и микродеформаций по методу Вильямсона-Холла.
5.5	Синхротронные методы для исследования формирования наноматериалов	Преимущества синхротронных методов по сравнению с лабораторными рентгеноструктурными методами. синхротронного излучения на синхротронах разных поколений. Возможности синхротронов для исследований атомных процессов in situ. Исследования быстропротекающих процессов с помощью синхротрона. Метод малоуглового рассеяния синхротронного излучения. Наблюдение за формированием наноматериалов с помощью синхротронного излучения в широком диапазоне длин волн вплоть до 400 нм.
5.6	Аннигиляция позитронов для анализа атомных дефектов и свободных объемов	Основные методы аннигиляции позитронов, используемые для анализа наноструктурированных материалов: время жизни позитронов, доплеровская спектроскопия аннигиляционных гамма-квантов. Захват позитронов одиночными вакансиями и нанопорами. Электронно-позитронная аннигиляция в свободных объемах граница раздела наноматериалов и тройных стыков. Идентификация химического окружения дефектов в твердом наноматериале.
6	Заключение	Итоги курса. Обсуждение полученных знаний по атомному, электронному строению и термодинамике наноструктурированных материалов, экспериментальным методам исследования наноструктурированных материалов и физикохимические свойствам основных групп наноструктурированных материалов. Анализ приобретенных

		практических навыков первичной физико химической аттестации наноматериалов. Выдача заданий для самостоятельной подготовки.
--	--	--

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе	З-2 - Излагать назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур З-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией У-5 - Обеспечивать выполнение требований охраны труда П-1 - Осуществлять

				обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур
--	--	--	--	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-химия наноструктурированных материалов

Электронные ресурсы (издания)

1. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : монография.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859> (Электронное издание)
2. Рамбиди, Н. Г.; Физические и химические основы нанотехнологий : курс лекций.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76611> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2009 (6 экз.)
2. Рамбиди, Н. Г., Березкин, А. В.; Физические и химические основы нанотехнологий; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2009 (6 экз.)
3. Андриевский, Р. А., Рагуля, А. В.; Наноструктурные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 651800 "Физ. материаловедение".; Академия, Москва; 2005 (15 экз.)
4. Суздаев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; URSS, Москва; 2014 (2 экз.)
5. Суздаев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; [КомКнига, Москва; 2006] (3 экз.)
6. Суздаев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; ЛИБРОКОМ, Москва; 2009 (2 экз.)
7. Старостин, В. В., Патрикеев, Л. Н.; Материалы и методы нанотехнологий : учебное пособие [для студентов и аспирантов вузов, специализирующихся по направлению "Нанотехнология"].; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2013 (2 экз.)
8. Старостин, В.В., Патрикеев, Л. Н.; Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособие.; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2012 (6 экз.)
9. Рыжонков, Д.И.; Наноматериалы : учеб. пособие.; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2012 (5 экз.)
10. Валиев, Р. З., Александров, И. В.; Объемные наноструктурные металлические материалы. Получение, структура и свойства : [монография].; Академкнига, Москва; 2007 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Журнал "Успехи химии" (<https://dlib.eastview.com/browse/publication/80269>).

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

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-химия наноструктурированных 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 Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся	OriginPro Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Student EES

		<p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>OriginPro</p> <p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG</p> <p>SubsVL MVL PerUsr Student EES</p>