

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
1154073	Методы и технологии микро - и наносистем

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	Вохминцев Александр Сергеевич	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	физических методов и приборов контроля качества

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Методы и технологии микро- и наносистем

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуле рассматриваются основные технологий формирования микро- и наноструктур. Изучаются литографические методы изготовления электронных компонентов и интегральных микросхем, а также современные средства их проектирования. Излагаются основы радиационной теории и механизмов взаимодействия излучения с веществом. Рассматриваются радиационные методы формирования наноструктур и получения наноматериалов, а также принципы радиационного модифицирования 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	Основы радиационных технологий	4
2	Основы технологии создания микро- и наносистем	4
ИТОГО по модулю:		8

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Физико-химические технологии нанотехнологий 2. Цифровая и микропроцессорная техника
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
Основы радиационных технологий	ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству	З-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур

	<p>нанообъектов, модулей и изделий на их основе</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>Основы технологии создания микро- и наносистем</p>	<p>ПК-4 - Способность проводить расчетные работы (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные,</p>	<p>З-1 - Излагать нормативные и методические документы, касающиеся области профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать требования к качеству исходных материалов (сырья и основных материалов, вспомогательных материалов, тары и тарных материалов)</p>

	механические, оптические)	<p>З-3 - Демонстрировать понимание порядка разработки и оформления технической документации</p> <p>У-1 - Использовать средства автоматизации проектирования</p> <p>У-2 - Использовать программное обеспечение</p> <p>У-3 - Анализировать проектные решения производства изделий из наноструктурированных композиционных материалов по экономическим, технологическим и другим показателям</p> <p>П-1 - Разрабатывать технический проект, включающий чертежи общего вида, ведомость технического проекта и пояснительную записку</p>
--	---------------------------	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы радиационных технологий

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Власов Максим Игоревич	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физических методов и приборов контроля качества
2	Денисов Евгений Иванович	доктор технических наук, доцент	Профессор	радиохимии и прикладной экологии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Власов Максим Игоревич, Доцент, физических методов и приборов контроля качества
- Денисов Евгений Иванович, Профессор, радиохимии и прикладной экологии

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	Типы ядерных превращений. Альфа-распад. Бета-превращения. Изомерный переход и другие виды ядерных превращений. Основной закон распада. Абсолютная активность и единицы активности. Регистрируемая активность Период полураспада и средняя продолжительность жизни. Накопление радионуклида. Радиоактивные равновесия. Статистический смысл постоянной распада. Физический смысл постоянной радиоактивного распада. Правило 10 периодов полураспада. Среднее время жизни радиоактивных ядер
2	Взаимодействие излучения с веществом	Эффекты, сопровождающие прохождение излучения через вещество. Поглощение α -частиц. Взаимодействие бета-частиц с веществом, характеристика энергетического спектра бета-излучения. Потеря энергии электронами при прохождении их через вещество. Неупругое рассеяние, тормозное излучение. Количественные закономерности ослабления бета-излучения. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Фотоэлектрический эффект, характеристическое и рентгеновское излучение. Эффект Комптона. Образование электронно-позитивных пар. Экспоненциальный закон ослабления электромагнитного излучения (в частности, гамма-излучения). Коэффициент ослабления, его физический смысл, размерность; (линейный коэффициент ослабления, массовый коэффициент ослабления), составляющие. Взаимодействие нейтронов с веществом. Классификация нейтронов по энергии.

		Типы взаимодействия нейтронов с веществом. Рассеяние, поглощение и замедление нейтронов.
3	Ядерные реакции	Общие сведения о ядерных реакциях. Механизмы ядерных реакций. Эффективное сечение захвата, размерность, единицы измерения. Применение ядерных реакций для детектирования нейтронов. Реакции вынужденного деления и ядерный реактор. Ядерные реакторы – источники нейтронных потоков для РНК. Активация. Принципы и области применения нейтронно-активационного анализа. Методы получения искусственных радионуклидов.
4	Источники ионизирующего излучения (ИИИ)	
4.1	Радионуклидные источники	Характеристики гамма-излучающих источников излучения. Бета-источники. Радиоактивные источники нейтронов.
4.2	Рентгеновские аппараты как источники тормозного излучения	Принципы получения ИИ в рентгеновских трубках, их характеристики и конструкция. Вторичная электронная эмиссия в рентгеновских приборах.
4.3	Ускорители-источники ионизирующих излучений. Первичное излучение ускорителей Вторичное излучение ускорителей	Линейные ускорители. Принцип и конструкции ускоряющей системы линейных ускорителей промышленного назначения. Преимущества системы линейного резонансного ускорения. Электронные линейные ускорители. Циклотрон. Принцип действия, условия синхронизации. Конструкции. Микротрон. Принцип действия, условия синхронизации. Конструкции. Бетатроны. Принцип действия, основные закономерности индукционного метода ускорения. Области применения бетатронов. Принцип автофазировки ионов.
5	Принципы и нормы радиационной безопасности	Экспозиционная доза. Поглощенная доза. Биологическое действие излучений, эквивалентная доза. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.
6	Радиационные методы нанотехнологий	Радиационно-химические методы синтеза наночастиц, нанопленок, нанокompозитов и наногелей. Радиационная модификация наноматериалов. Ионно-лучевая обработка поверхностей (травление, полировка, упрочнение). Ионно-трековые мембраны. Создание трехмерных наноструктур методом химического осаждения из газовой фазы с фокусированным ионным пучком.

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	Технология формирования уверенности и готовности к	ПК-5 - Способность проводить проектные работы	З-2 - Излагать назначение, устройство и принцип действия

	использования в практических целях	самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе	оборудования для измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур 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

Основы радиационных технологий

Электронные ресурсы (издания)

1. , Баранов, В. Ю.; Изотопы: свойства, получение, применение : монография.; Физматлит, Москва;

2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67604> (Электронное издание)

2. , Баранов, В. Ю.; Изотопы: свойства, получение, применение : монография.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67606> (Электронное издание)

3. Павленко, , В. И.; Источники ионизирующих излучений : учебное пособие.; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, Белгород; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/70251.html> (Электронное издание)

4. Маврищев, В. В.; Радиоэкология и радиационная безопасность: пособие для студентов вузов : учебное пособие.; ТетраСистемс, Минск; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=78550> (Электронное издание)

5. Ковалев, С. А.; Антология безопасности: радиационная безопасность : учебное пособие.; Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=562973> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ободовский, И. М.; Физические основы радиационных технологий : [учебное пособие].; Интеллект, Долгопрудный; 2014 (3 экз.)

2. , Райлли, Райлли Д., Энслин, Энслин Н., Смит, Смит Х., Крайнер, Крайнер С., Мошкина, Н. В., Сазонов, И. Н.; Пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов : пер. с англ.; БИНОМ, Москва; 2000 (2 экз.)

3. Соковнин, С. Ю.; Наносекундные ускорители электронов и радиационные технологии на их основе : [монография].; УрО РАН, Екатеринбург; 2007 (2 экз.)

4. Ободовский, И. М.; Радиационные технологии. Применения в лабораторных исследованиях, материаловедении и нанотехнологиях, промышленности : [учебное пособие].; Интеллект, Долгопрудный; 2015 (1 экз.)

5. Черняев, А. П.; Радиационные технологии. Наука. Народное хозяйство. Медицина : монография.; Издательство Московского университета, Москва; 2019 (4 экз.)

6. Сыркин, В. Г.; CVD-метод. Химическое парофазное осаждение; Наука, Москва; 2000 (1 экз.)

7. Удовиченко, С. Ю.; Пучково-плазменные технологии для создания материалов и устройств микро- и наноэлектроники : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника".; Издательство Тюменского государственного университета, Тюмень; 2016 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Журнал "Радиохимия" (<https://dlib.eastview.com/browse/publication/79375>).

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

Журнал "Атомная энергия" (<https://dlib.eastview.com/browse/publication/779>).

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

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

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

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

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы радиационных технологий

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 Faculty EES
2	Практические 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 Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <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>	
4	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
5	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> <p>Периферийное устройство</p>	Не требуется
6	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 Faculty EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы технологии создания микро- и
наносистем

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Вохминцев Александр Сергеевич	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	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:

- **Вохминцев Александр Сергеевич, Доцент, 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	Основные этапы развития производства полупроводниковой электроники	Общие сведения о транзисторах и технологии их изготовления. Общие сведения о микросхемах и технологии их изготовления. Классификация интегральных схем. Обзор технологий изготовления интегральных схем.
2	Основные материалы полупроводниковой электроники	Классификация полупроводников. Основные характеристики и свойства полупроводников. Эмпирическое правило Вегарда.
3	Основы технологии изготовления полупроводниковых интегральных схем	Изготовление монокристалла полупроводникового материала. Разрезка монокристалла, получение и подготовка пластин. Изготовление фотошаблонов. Формирование топологических слоёв полупроводниковой микросхемы. Травление кремния. Химическое травление кремния. Плазмохимическое травление кремния. Легирование или введение примесей в кремний. Диффузия примесей в полупроводник. Ионное легирование полупроводников. Эпитаксия. Технология литографических процессов. Фотолитография. Проекционная фотолитография. Электролитография. Рентгенлитография. Металлизация. Установка кристаллов в корпуса и разварка выводов.
4	Основы гибридно-пленочных технологии изготовления интегральных схем	Конструктивно-технологические основы тонкопленочной и толстопленочной микроэлектроники. Пассивные элементы (резистор, конденсатор, индуктивность, мемристор).

5	Методология проектирования интегральных схем	Классификация ИС. Общая структурная схема БИС. Принципы и методы проектирования. Этапы проектирования БИС. Логическое проектирование. Схемотехническое проектирование. Топологическое проектирование. Правила проектирования топологии Мида – Конвей. Компонентное проектирование. Архитектура САПР БИС и маршруты проектирования
---	--	---

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	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-4 - Способность проводить расчетные работы (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические)	З-1 - Излагать нормативные и методические документы, касающиеся области профессиональной деятельности З-3 - Демонстрировать понимание порядка разработки и оформления технической документации У-1 - Использовать средства автоматизации проектирования У-2 - Использовать программное обеспечение

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы технологии создания микро- и наносистем

Электронные ресурсы (издания)

1. , Дэвис, Дж., Томпсон, М., Грахов, А. Е.; Успехи нанотехнологий : электроника, материалы, структуры.; Техносфера, Москва; 2011; <http://www.iprbookshop.ru/58869.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Казеннов, Г. Г.; Автоматизация проектирования БИС : Практик. пособие: В 6 кн. Кн. 2. Функционально-логическое проектирование БИС ; Высшая школа, Москва; 1990 (2 экз.)
2. Бубенников, А. Н.; Моделирование интегральных микротехнологий, приборов и схем : Учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1989 (24 экз.)
3. Березин, А. С., Мочалкина, О. Р., Степаненко, И. П.; Технология и конструирование интегральных микросхем : Учеб. пособие для вузов.; Радио и связь, Москва; 1983 (13 экз.)
4. Борисенко, А. С., Бавыкин, Н. И.; Технология и оборудование для производства микросхем : Учебник для техникумов.; Машиностроение, Москва; 1983 (6 экз.)
5. Достанко, А. П.; Технология интегральных схем : Учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Минск; 1982 (2 экз.)
6. Мейзда, Ф. Ф.; Интегральные схемы: Технология и применения : Пер. с англ.; Мир, Москва; 1981 (10 экз.)
7. Родионов, Ю. А.; Литография в производстве интегральных микросхем : Учеб. пособие.; Дизайн ПРО, Минск; 1998 (3 экз.)
8. Королев, М. А., Крупкина, Т. Ю., Ревелева, М. А., Чаплыгин, Ю. А.; Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 210104 (200100) "Микроэлектроника и твердот. электроника" : [в 2 ч.]. Ч. 1. Технологические процессы изготовления кремниевых и интегральных схем и их моделирование; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2007 (2 экз.)
9. Валиев, К. А.; Физика субмикронной литографии; Наука, Москва; 1990 (1 экз.)
10. Удовиченко, С. Ю.; Пучково-плазменные технологии для создания материалов и устройств микро- и нанотехнологий : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника".; Издательство Тюменского государственного университета, Тюмень; 2016 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Макарчук В.В., Родионов И.А., Цветков Ю.Б. Методы литографии в нанотехнологии: учебное пособие (<https://e.lanbook.com/book/106499>).

Юсупов А. Р., Кондратьев Д. В. Материалы и методы нанотехнологий (<https://e.lanbook.com/book/170438>).

Юрчук С.Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур: математическое моделирование фотолитографических процессов и процессов электронной литографии при создании субмикронных структур и структур с нанометровыми размерами: курс лекций (<https://e.lanbook.com/book/116643>).

Журнал "МИКРОЭЛЕКТРОНИКА" (<https://dlib.eastview.com/browse/publication/79437>).

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

Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).

Сопроводительный материал по системе проектирования интегральных схем Electric VLSI Design System (<https://staticfreesoft.com/>).

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

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

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы технологии создания микро- и наносистем

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	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty 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 Специализированное оборудование лабораторий "Наноэлектроника" и "Химия наноматериалов" научно-образовательного центра "Наноматериалы и нанотехнологии" УрФУ	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES

3	Практические занятия	<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>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Специализированное оборудование лабораторий "Нанoeлектроника" и "Химия наноматериалов" научно-образовательного центра "Наноматериалы и нанотехнологии" УрФУ</p>	Electric VLSI Design System (распространяется свободно)
4	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
5	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> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
6	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 Faculty EES Electric VLSI Design System (распространяется свободно)