


| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ИФФВТ
от « 24 » мая 2023 г., протокол № 10

Председатель _____ /В.В. Рыбин/
(подпись)
« 24 » мая 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

| | |
|-------------|---|
| Дисциплина: | Предпрофессиональный электив «Основы зондовой микроскопии» |
| Факультет | Инженерно-физический факультет высоких технологий (ИФФВТ) |
| Кафедра | Кафедра Физического материаловедения (ФМ) |
| Курс | 2 |

Направление (специальность): **28.03.02 «Наноинженерия»**
код направления (специальности), полное наименование

Направленность
(профиль/специализация) **Нанотехнологии и наноматериалы**
полное наименование

Форма обучения **очная**
очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)

Дата введения в учебный процесс УлГУ: «01» сентября 2023 г.


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

| ФИО | Кафедра | Должность, ученая степень, звание |
|--------------------|---------|-----------------------------------|
| Махмуд-Ахунов М.Ю. | ФМ | Доцент, к.ф.-м.н. |

| | |
|---|---------|
| СОГЛАСОВАНО | |
| Заведующий выпускающей кафедрой Физического материаловедения | |
|  _____ /В.Н. Голованов/ (подпись) (ФИО) | |
| «_19_» мая | 2023 г. |

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ


В рабочую программу дисциплины «Предпрофессиональный электив «Основы зондовой микроскопии»»

Направление (специальность): **28.03.02 Наноинженерия (бакалавриат)**

Направленность (профиль/специализация): **Нанотехнологии и наноматериалы**

Форма обучения: **очная**

| № п/п | Содержание изменения или ссылка на прилагаемый текст изменения | ФИО заведующего кафедрой, реализующей дисциплину/ выпускающей кафедрой | Подпись | Дата |
|----------|--|--|---------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

- Курс "Основы зондовой микроскопии" предусматривает изучение физических основ сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ), его возможностей и ограничений свойственных СЗМ.

Задачи освоения дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области физического материаловедения;
- приобретение теоретических знаний в области изучения свойств наноструктуры квантово-механических аспектов измерения на атомных масштабах;
 - оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области СЗМ;
- приобретение навыков работы на отечественном наноизмерительном оборудовании.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП


Предпрофессиональный электив «Основы зондовой микроскопии» относится к базовой части Блока 1 цикла подготовки бакалавров по направлению **28.03.02. «Наноинженерия»**.

Освоение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплины «Введение в специальности научно-образовательного кластера»

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при прохождении государственной итоговой аттестации.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| Код и наименование реализуемой компетенции | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций |
|--|---|
| ОПКу-1 Способен выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития в профессиональной деятельности | Знать: квантовые явления, наблюдаемые при помощи зондовых сканирующих микроскопов экспериментальные физические методы, разработанные на их базе; Уметь: экспериментально оценивать физические свойства нано- и микросистем на различных уровнях масштабирования. Владеть: экспериментальными основами сканирующей зондовой микроскопии |

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 2 ЗЕ.

По видам учебной работы (в часах):


| Вид учебной работы | Количество часов (форма обучения – <u>очная</u>) | | |
|--|---|---------------------|---|
| | Всего по плану | в т.ч. по семестрам | |
| | | 1-3 | 4 |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП | 32/32 | - | 32/32 |
| Аудиторные занятия: | | | |
| • Лекции (в т.ч. 0 ПрП)* | 16/16 | - | 16/16 |
| • практические и семинарские занятия (в т.ч. 0 ПрП)* | 16/16 | - | 16/16 |
| • лабораторные работы, практикумы (в т.ч. 0 ПрП)* | | - | |
| Самостоятельная работа | 40/40 | - | 40/40 |
| Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др.(не менее 2 видов) | Устный опрос, тестирование, решение задач | - | Устный опрос, тестирование, решение задач |
| Курсовая работа | - | - | - |
| Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет) | зачет | - | зачет |
| Всего часов по дисциплине | 72/72 | - | 72/72 |

* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/ исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

*часы ПрП по дисциплине указываются в соответствии с УП, в случае, если дисциплиной предусмотрено выполнение отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью обучающихся.

Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

| Название разделов и тем | Всего | Виды учебных занятий | | | | |
|--|-------|----------------------|--------------------------------|---------------------|--|------------------------|
| | | Аудиторные занятия | | | Занятия в интерактивной форме (в т.ч.) | Самостоятельная работа |
| | | лекции | практические занятия, семинары | лабораторные работы | | |
| 1. Исторические аспекты создания высоковакуум- | 9 | 2 | 2 | | | 5 |

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

| | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|--|--|-----------|
| ного измерительного комплекса НАНОФАБ фирмы NT-MTD | | | | | | |
| 2. Методы исследования свойств материалов на наноуровне | 9 | 2 | 2 | | | 5 |
| 3. Методы обработки изображений, используемые в СЗМ | 9 | 2 | 2 | | | 5 |
| 4. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов | 9 | 2 | 2 | | | 5 |
| 5. Изучение программ управления атомно-силовым микроскопом | 9 | 2 | 2 | | | 5 |
| 6. Изучение программных средств обработки изображений, получаемых с помощью сканирующих зондовых микроскопов | 9 | 2 | 2 | | | 5 |
| 7. Изучение физических характеристик приборов нанолaborатории | 9 | 2 | 2 | | | 5 |
| 8. Методы формирования наноструктур | 9 | 2 | 2 | | | 5 |
| ИТОГО: | 72 | 16 | 16 | | | 40 |

5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА


1. Исторические аспекты создания высоковакуумного измерительного комплекса НАНОФАБ фирмы NT-MTD

Достижения и ограничения классической оптической микроскопии. Круг задач успешно решаемых с помощью оптических наблюдений. Просвечивающие и сканирующие электронные микроскопы. История развития и современные возможности Ионный микроскоп Эдвина Мюллера и его модификации. Рентгеновские дифрактометрия и структурный анализ.

Акустический сканирующий микроскоп. Компьютерная томография и экспресс диагностика состояния организма человека. Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ): метрологические ограничения и технологические возможности. Зонд, как средство измерения. Поиск эффектов чувствительных к изменению расстояния. Основные принципы и потенциальные возможности сканирующей зондовой микроскопии. За что Герд Бинниг и Генрих Рорер получили Нобелевскую премию и как СЗМ помогают развивать нанoelectронику.

2. Методы исследования свойств материалов на наноуровне

Исследование атомарной структуры поверхности и манипулирование отдельными атомами и молекулами с помощью СТМ. Трудности, возникающие при работе туннельных микроскопов в условиях нормальной атмосферы. Альтернативные методы измерения проводимости подложки и тока растекания. Специфика работы с непроводящими поверхностями и различные режимы работы классических АСМ. Измерение локальной емкости, сил электро-

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

статического и магнитного взаимодействия. Исследования элементов микроэлектронных схем. Исследование доменной структуры сегнетоэлектриков и ферромагнетиков, изучение полупроводников и гетероструктур. Определение таких механических свойств материалов, как модуль Юнга и твердость с помощью АСМ.

Различные способы реализации режимов наноиндентирования склерометрии на манометровых масштабах. Исследования тонких пленок и покрытий с помощью СЗМ. Исследование доменной структуры сегнетоэлектриков и ферромагнетиков, изучение полупроводников и гетероструктур. Спектрометрические измерения с помощью СЗМ, включая использование эффекта гигантского комбинационного рассеяния, называемого также зондово-усиленной Рамановской спектроскопией. Томографические трехмерные исследования образцов с помощью СЗМ и ПЭМ. Особенности использования СЗМ в биологии. Мягкость и липкость биосистем, как факторы, ограничивающие достижимое разрешение.

Жидкостные и термостатированные ячейки для исследования клеточных препаратов методами АСМ.

3. Методы обработки изображений, используемые в СЗМ

Методы визуализации и обработки изображений получаемых на СЗМ. Способы представления исследуемых объектов, работа с двумерными картинками и измерения на них. 3D-изображения и влияние характера освещения на заметность, исследуемых структур. Методы фильтрации, повышения контраста и решения задачи деконволюции формы иглы. Особенности создания образцовых мер длины, высоты, упругости, твердости, электропроводности и других для калибровки СЗМ.

4. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов

Зонд, как средство измерения, вместо волн излучения. Поиски эффектов чувствительных к изменению расстояния. Пьезокерамические сканеры и манипуляторы, используемые в СЗМ. Туннельный эффект и возможности Сканирующего Туннельного Микроскопа. Силы взаимодействия между твердыми телами и Атомно Силовой Микроскоп. Ближнепольный оптический сканирующий микроскоп. Кремневый кантилевер и лазерный дефлектор, как основа целого класса СЗМ. Использование пьезорезонансных датчиков в СЗМ.

Многофункциональные СЗМ, технологического назначения. Пьезокерамические сканеры и манипуляторы, используемые в СЗМ. Специфика конструктивных решений, используемых в СЗМ NanoScan. Изучение типичных конструктивных решений, используемых в СЗМ. Особенности систем управления сканирующими зондовыми микроскопами.


Многофункциональные СЗМ, технологического назначения. Знакомство с семейством микроскопов NTEGRA российской фирмы НТ-МДТ. Обзор основных зарубежных производителей СЗМ и их специализации.

5. Изучение программ управления атомно-силовым микроскопом и сканирующим нанотвердомером

Практическая работа. Знакомство с программами управления и обработки данных СЗМ NT MDT Nanoeducator.

6. Изучение программных средств обработки изображений, получаемых с помощью сканирующих зондовых микроскопов

Практическая работа. Методы обработки изображений, используемые в сканирующей зондовой микроскопии.

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

7. Изучение физических характеристик приборов нанолaborатории

8. Методы формирования наноструктур

Методы формирования наноструктур: электронно-лучевая и ионная литография. Самоорганизация и иерархическое устройство – ключ к построению новых нанoeлектронных устройств. Соединение в рамках одного нанoeустройства сенсорной, аналитической и исполнительной функции. Отменяют ли нанотехнологические и нанoeлектронные достижения традиционные производства? Возможна ли не белковая форма существования жизни или когда роботы станут умнее людей?

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Исторические аспекты создания высоковакуумного измерительного комплекса НАНОФАБ фирмы NT-MDT

Достижения и ограничения классической оптической микроскопии. Круг задач успешно решаемых с помощью оптических наблюдений. Просвечивающие и сканирующие электронные микроскопы.

2. Методы исследования свойств материалов на нанoeуровне

Исследование атомарной структуры поверхности и манипулирование отдельными атомами и молекулами с помощью СТМ. Трудности, возникающие при работе туннельных микроскопов в условиях нормальной атмосферы.

3. Методы обработки изображений, используемые в СЗМ

Методы визуализации и обработки изображений получаемых на СЗМ. Способы представления исследуемых объектов, работа с двумерными картинками и измерения на них.


4. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов

Многофункциональные СЗМ, технологического назначения. Пьезокерамические сканеры и манипуляторы, используемые в СЗМ.

5. Изучение программ управления атомно-силовым микроскопом и сканирующим нанотвердомером

Практическая работа. Знакомство с программами управления и обработки данных СЗМ NT MDT Nanoeducator.

6. Изучение программных средств обработки изображений, получаемых с помощью сканирующих зондовых микроскопов

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

Практическая работа. Методы обработки изображений, используемые в сканирующей зондовой микроскопии.

8. Методы формирования наноструктур

Методы формирования наноструктур: электронно-лучевая и ионная литография.

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)


Данный вид работы не предусмотрен УП.

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ


Данный вид работы не предусмотрен УП.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Этапы становления: от просто электроники к микро- и нанoeлектронике. Классическое и квантовое поведение рабочих элементов.
2. Вольтамперная характеристика диода, коллекторная биполярного и стоковая полевого транзистора. Эффект Кулоновской блокады при протекании тока через квантовую точку расположенную между двумя проводниками.
3. Основные типы современных полупроводниковых элементов. Планарная технология и трехмерные микросхемы.
4. Аналоговая и цифровая техника. Фотолитография, травление, напыление, диффузия, эпитаксия, окисление.
5. Принцип работы полевого транзистора и предельные возможности в плане уменьшения размеров и повышения быстродействия современных логических элементов.
6. Оценит подзатворную емкость и сопротивление канала и определить постоянную времени переключения одним транзистором другого. Оценить токи, текущие в одном из 47 миллионов транзисторов процессора АТОМ.
7. Производить можно только то, что умеешь измерять. Основные методы контроля полупроводниковых структур. Электрические измерения. Оптические методы контроля. Электронная микроскопия. Рентгеновские методы исследования.
8. Что измеряет каждый из перечисленных методов.
9. Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ): метрологические ограничения и технологические возможности. Зонд, как средство измерения. Поиски эффектов чувствительных к изменению расстояния.
10. Что такое пьезосканер, кантилевер и какие бывают иглы у СЗМ. Почему СТМ плохо работает на воздухе. Возможно ли атомарное разрешение в АСМ. Почему СЗМ помещают в вакуум.
11. Основные принципы и потенциальные возможности сканирующей зондовой микроскопии. За что Герд Бинниг и Генрих Рорер получили Нобелевскую премию и как СЗМ помогают развивать нанoeлектронику.
12. Туннельный эффект и возможности Сканирующего Туннельного Микроскопа. Силы взаимодействия между твердыми телами и Атомно Силовой Микроскоп.
13. Оцените радиус кривизны швейной иглы и сравните его с типичным размером кантилевера и зондового острия. Во сколько раз отличаются силы притяжения между атомами в алмазе и литии или калии, свинце, железе, золоте, любом мягком материале и пластике.

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |


14. Достижения и ограничения классической оптической микроскопии. Ближне-польный оптический сканирующий микроскоп.
15. Как в оптике получают разрешение по глубине порядка нескольких десятком нм. Можно ли получить тем же методом горизонтальное разрешение лучше 100 нм.
16. Кремневый кантилевер и лазерный дефлектор, как основа целого класса СЗМ. Использование пьезорезонансных датчиков в СЗМ.
17. Оценить скорость перемещения солнечного зайчика по поверхности Луны, если на Земле зеркало двигает человек своей собственной силой. Оценить минимально регистрируемое звуковое давление, если микрофон ловит зайчик, отраженный от оконного стекла с расстояния 1 км.
18. Пьезокерамические сканеры и манипуляторы, используемые в СЗМ. Специфика конструктивных решений, используемых в СЗМ NanoScan.
19. Что такое пьезорезонансный датчик и почему частоту мерить легче, чем амплитуду. Зачем в пьезосканеры встраивают емкостные датчики перемещения.
20. Изучение типичных конструктивных решений, используемых в СЗМ. Особенности систем управления сканирующими зондовыми микроскопами.
21. Что такое обратная связь по перемещению и почему быстродействие всех узлов СЗМ пытаются сделать как можно выше.
22. Многофункциональные СЗМ, технологического назначения. Знакомство с семейством микроскопов NTEGRA российской фирмы НТ-МДТ. Обзор основных зарубежных производителей СЗМ и их специализации.

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

10.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВФорма обучения **очная**

| Название разделов и тем | Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.) | Объем в часах | Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.) |
|--|--|----------------------|--|
| 1. Исторические аспекты создания высоковакуумного измерительного комплекса НАНО-ФАБ фирмы NT-MTD | Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена | 5 | Устный опрос, тестирование, решение задач |
| 2. Методы исследования свойств материалов на наноуровне | Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена | 5 | Устный опрос, тестирование, решение задач |
| 3. Методы обработки изображений, используемые в СЗМ | Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена | 5 | Устный опрос, тестирование, решение задач |
| 4. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов | Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена | 5 | Устный опрос, тестирование, решение задач |
| 5. Изучение программ управления атомно-силовым микроскопом | Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена | 5 | Устный опрос, тестирование, решение задач |
| 6. Изучение программных средств обработки изображений, получаемых с помощью сканирующих зондовых микроскопов | Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена | 5 | Устный опрос, тестирование, решение задач |
| 7. Изучение физических характеристик приборов нанолaborатории | Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена | 5 | Устный опрос, тестирование, решение задач |
| 8. Методы формирования наноструктур | Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена | 5 | Устный опрос, тестирование, решение задач |

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

основная:

1. Филимонова, Н. И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 134 с. — ISBN 978-5-7782-2158-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45104.html>
2. Методы и приборы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие / А. В. Ищенко, А. С. Вохминцев, И. И. Огородников, И. А. Вайнштейн ; под редакцией Б. В. Шульгина. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2017. — 180 с. — ISBN 978-5-321-02523-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106414.html>
3. Методы зондовой микроскопии : учебное пособие / Н. Б. Рыбин, Н. В. Рыбина, В. Г. Литвинов, А. В. Ермачихин. — Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет, 2014. — 48 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121483.html>


дополнительная:


1. Неволин, В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В. К. Неволин. — Москва : Техносфера, 2014. — 174 с. — ISBN 978-5-94836-382-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/26894.html>
2. Филимонова, Н. И. Методы электронной микроскопии : учебное пособие / Н. И. Филимонова, А. А. Величко, Н. Е. Фадеева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 61 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69545.html>
3. Корнилов, В. М. Основы сканирующей зондовой микроскопии: метод. указания / В. М. Корнилов, А. Ф. Галиев. — Уфа : БГПУ имени М. Акмуллы, 2011. — 24 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/43260>
4. Николичев, Д. Е. Локальная диагностика состава полупроводниковых наносистем методом сканирующей оже-микроскопии : учебно-методическое пособие / Д. Е. Николичев, А. В. Боряков. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2011. — 110 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153530>

учебно-методическая:

1. Махмуд-Ахунов М. Ю. Методические указания для самостоятельной работы студентов по предпрофессиональному элективу «Основы зондовой микроскопии» для студентов бакалавриата всех форм обучения направлений подготовки: 28.03.02 «Наноинженерия», 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / Ульян. гос. ун-т, ИФФВТ. - 2022. - 17 с. - Неопубликованный ресурс. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/14663>

Согласовано:

Ведущий специалист ООП / Чамеева А.Ф. /  / 2023г.
(Должность работника научной библиотеки) (ФИО) (подпись) (дата)

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

б) Программное обеспечение

1. ОС Microsoft Windows
2. Microsoft OfficeStd 2016 RUS
3. «МойОфис Стандартный»

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон.дан. - Москва :КонсультантПлюс, [2023].

3. Базы данных периодических изданий:


3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»: электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL:<https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. Российское образование: федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для

| | | |
|--|-------|---|
| Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения | Форма |  |
| Ф - Учебная программа | | |

пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Согласовано:

Инженер ведущий / Щуренко Ю.В. /  / _____
Должность сотрудника УИПТ ФИО подпись дата

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории.

Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

1. Сканирующий туннельный микроскоп СТМ «УМКА»
2. Атомно-силовой микроскоп NanoEducator

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей

Разработчик  доцент, Махмуд-Ахунов Марат Юсупович
подпись должность, ФИО