

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
1142564	Диагностика вещества и его поверхности

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Физическая электроника	Код ОП 1. 11.04.04/33.02
Направление подготовки 1. Электроника и наноэлектроника	Код направления и уровня подготовки 1. 11.04.04

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кухаренко Андрей Игоревич	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	электрофизики

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Диагностика вещества и его поверхности

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль посвящен изучению современных представлений о физике поверхности твердых тел, а также о физической природе, характеристиках и возможностях наиболее информативных методов исследования поверхности и приповерхностных объемов твердых тел.

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	Проект по модулю Диагностика вещества и его поверхности	1
2	Диагностика вещества и его поверхности	3
ИТОГО по модулю:		4

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Физические основы технологий микро- и нанoeлектроники 2. Спектроскопия атомов, молекул и твердых тел

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
Диагностика вещества и его поверхности	ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и	З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и инженерных наук З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и

	<p>комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общеинженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и общеинженерных наук</p>
	<p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения</p> <p>З-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p> <p>Д-1 - Проявлять умение видеть детали, упорство, аналитические умения</p>
	<p>ПК-4 - Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с использованием пучков корпускулярного и</p>	<p>З-1 - Определять возможности и порядок использования лабораторного оборудования для исследовательских и экспериментальных работ по анализу материалов и опробованию технологических процессов</p>

	<p>электромагнитного излучения, электрического разряда в газах и вакууме, потоков плазмы</p>	<p>З-2 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Умеет формулировать техническое задание на проведение исследований материалов для приборов оптоэлектроники и фотоники и экспериментальную проверку технологических процессов</p> <p>У-1 - Формулировать техническое задание на проведение исследований материалов для приборов оптоэлектроники и фотоники и экспериментальную проверку технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Владеет навыками экспертной оценки результатов исследовательских и проектных работ и принятие решения о выборе оптимального варианта технологического процесса</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор оптимального варианта технологического процесса</p> <p>П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
<p>Проект по модулю Диагностика вещества и его поверхности</p>	<p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и инженерных наук</p> <p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и инженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и инженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной</p>

		<p>области, используя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы</p>
	<p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения</p> <p>З-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений</p> <p>З-4 - Перечислить основные нормативные документы, регламентирующие оформление научно-технических отчетов и защиту прав интеллектуальной собственности</p> <p>У-1 - Сбирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Оценивать оформление научно-технических отчетов, публикаций научных результатов, документов защиты интеллектуальной собственности на соответствие нормативным требованиям</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p>

		<p>П-2 - Оформить научно-технический отчет, публикацию научных результатов, документы защиты интеллектуальной собственности в соответствии с нормативными требованиями</p> <p>Д-1 - Проявлять умение видеть детали, упорство, аналитические умения</p>
	<p>ПК-4 - Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с использованием пучков корпускулярного и электромагнитного излучения, электрического разряда в газах и вакууме, потоков плазмы</p>	<p>З-1 - Знает возможности и порядок использования лабораторного оборудования для исследовательских и экспериментальных работ по анализу материалов и опробованию технологических процессов</p> <p>З-2 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Умеет формулировать техническое задание на проведение исследований материалов для приборов оптоэлектроники и фотоники и экспериментальную проверку технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Владеет навыками экспертной оценки результатов исследовательских и проектных работ и принятие решения о выборе оптимального варианта технологического процесса</p> <p>П-2 - Оформлять результаты исследовательских и проектных работ</p> <p>П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Диагностика вещества и его поверхности

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кухаренко Андрей Игоревич	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	электрофизики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кухаренко Андрей Игоревич, Доцент, электрофизики

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
P1	Введение	Краткая характеристика и краткое содержание дисциплины, цели, задачи, объем, порядок изучения материала. Формы контроля самостоятельной работы. Учебная литература.
P2	Физика поверхности	Теоретические модели и электронные свойства поверхности. Модель желе. Одномерная зонная теория. Трехмерная теория. Кристаллическая структура поверхности. Кристаллография. Динамика. Реконструкция и релаксация. Термодинамика поверхности. Поверхностное натяжение и поверхностное напряжение. Анизотропия поверхностного натяжения. Разупорядочивающий переход. Методы получения атомно чистой поверхности. Термическое испарение. Ионное распыление. Скол в высоком вакууме. Испарение в сильном электрическом поле. Физическая адсорбция и хемосорбция. Физическая адсорбция. Термодинамика. Электронная структура, хемосорбция. Металлы, полупроводники. Топография. Симметрия центров. Длина связей. Ориентация. Фазовые переходы. Электронная структура. Кинетика и динамика.
P3	Анализ поверхности слоев металлов с помощью легких высокоэнергетических ионов	Резерфордское обратное рассеяние. Упругие соударения с ядрами атомов. Неупругие соударения с ядрами атомов и связанными электронами. Спектры обратного рассеяния. Эффект каналирования. Открытые каналы. Выход обратно рассеянных атомов. Интерпретация спектров обратного рассеяния при наличии каналирования. Характеристическое рентгеновское излучение. Возбуждение характеристического

		излучения внутренних оболочек атомов. Возбуждение коротковолновым рентгеновским излучением. Возбуждение электронами (10 – 100 кэВ). Возбуждение ускоренными ионами (0,1 – 5 МэВ). Метод ядерных реакций. Кулоновский барьер. Возбуждение протонами, дейтронами, тритонами и ионами ^3He . Типы используемых ядерных реакций. Получение двумерных распределений элементов на заданной глубине.
P4	Анализ поверхности с помощью эффекта Мессбауэра	Общее положение. Сущность эффекта Мессбауэра. Кривые резонансного поглощения. Параметры мессбауэровских спектров. Эмиссионная и адсорбционная методики. Методы регистрации эффекта Мессбауэра. Геометрия эксперимента. Детекторы гамма излучения. Эффект Мессбауэра на конверсионных электронах. Электроны конверсии. Коэффициент конверсии. Глубина выхода электронов конверсии. Проточные счетчики электронов. Анализ атомной и магнитной структуры, фазового состава и динамики поверхности с помощью эффекта Мессбауэра. Локальное атомное окружение мессбауэровских ядер. Возмущение зарядовой и спиновой плотности на ядрах ^{57}Fe атомами примеси. Связь атомной и магнитной структуры кристаллов со строением мессбауэровских спектров. Спектры различных фаз. Фазовый анализ. Динамика кристаллической решетки. Изменение вероятности эффекта Мессбауэра Релятивистский сдвиг мессбауэровского спектра.
P5	Активационный анализ	Активация материалов нейтронным облучением. Метод радиоактивных индикаторов.
P6	Масс-спектрометрия вторичных ионов	Распыление поверхности низкоэнергетическими ионами. Скорость распыления. Скорость ионизации. Масс-спектрометрические методы регистрации рассеянных ионов.
P7	Микрорентгеноспектральный анализ	Электронно-оптические системы (получение узких пучков электронов). Анализ характеристического рентгеновского излучения. Получение растровых изображений.
P8	Электронная спектроскопия химического анализа	Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Толщина анализируемых слоев. Качественный и количественный анализ. Химические сдвиги. Аппаратура.
P9	Рентгеноструктурный анализ	Рентгеновское излучение. Вульф-Брэгговское рассеяние рентгеновских лучей. Уравнение Вульфа-Брэггов. Структурный фактор. Фазовый анализ. Исследование поверхности в скользящих пучках.
P10	Полевая ионная микроскопия	Основные характеристики метода. Принципы получения полевых ионных изображений. Роль туннелирования. «Испарение» поверхностных атомов сильным электрическим полем. Ионный микрозонд.
P11	Сканирующая туннельная микроскопия	Принцип действия сканирующего туннельного микроскопа. Чувствительность и применения метода.
P12	Оже-спектроскопия	Оже-эффект. Методы возбуждения электронов (ЭОС, ФОС, ИОС). Обозначения электронных переходов. Оже-спектрометры. Интерпретация спектров Оже-электронов.
P13	Заключение	Перспективы развития новых методов анализа поверхности.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

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

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Диагностика вещества и его поверхности

Электронные ресурсы (издания)

1. Мамонова, М. В.; Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы : монография.; Физматлит, Москва; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457455> (Электронное издание)
2. Ашкрофт, Н., Н.; Физика твердого тела; Мир, Москва; 1978; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483337> (Электронное издание)
3. , Белых, Т. А., Овчинников, В. В.; Резерфордовское обратное рассеяние : Метод. указания для самостоят. работы студентов дневной формы обучения специальностей физ.-техн. фак. по дисциплине "Физика и диагностика вещества и его поверхности"; ГОУ УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2002; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1302> (Электронное издание)
4. , Архангельская, А. А., Ивченко, В. А., Овчинников, В. В., Чолах, С. О.; Кристаллографическая идентификация полевых ионных изображений монокристаллов : Метод. указания к лаб. работам для студентов дневной формы обучения физ.-техн. фак.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2001; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1154> (Электронное издание)
5. Фомин, Д. В.; Учебно-методическое пособие по выполнению расчетно-графической работы по теме: электронная оже-спектроскопия : методическое пособие.; Директ-Медиа, Москва|Берлин; 2015; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278996> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Зенгуил, Э.; Физика поверхности; Мир, Москва; 1990 (7 экз.)
2. Владимиров, Г. Г.; Физика поверхности твердых тел : учебное пособие для студентов направлений подготовки "Физика", "Прикладная математика и физика", "Радиофизика".; Лань, Санкт-Петербург; 2016 (1 экз.)
3. Парфенова, Е. Л.; Физические основы микро- и нанoeлектроники : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 200101 "Приборостроение".; Феникс, Ростов-на-Дону; 2012 (1 экз.)
4. Миронов, В. Л.; Основы сканирующей зондовой микроскопии : учеб. пособие для студентов старших курсов вузов.; Техносфера, Москва; 2005 (3 экз.)
5. , Оура, Оура К., Лифшиц, В. Г., Саранин, А. А., Зотов, А. В., Катаяма, М.; Введение в физику поверхности; Наука, Москва; 2006 (2 экз.)
6. Праттон, Праттон М., Кормилец, В. И., Трапезников, В. А.; Введение в физику поверхности; Регулярная и хаотическая динамика, Ижевск; 2000 (5 экз.)
7. Овчинников, В. В.; Мессбауэровские методы анализа атомной и магнитной структуры сплавов;

ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2002 (1 экз.)

8. Нефедов, В. И.; Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений : справочник.; Химия, Москва; 1984 (5 экз.)

9. Еловигов; Электронная спектроскопия поверхности и тонких пленок; Изд-во МГУ, Москва; 1992 (1 экз.)

10. ; Электронная оже-спектроскопия металлов и сплавов : Физические основы электронной оже-спектроскопии: Учеб. пособие.; Б. и., Рига; 1987 (1 экз.)

11. Николаев, Г. И.; Атомно-абсорбционная спектроскопия в исследовании испарения металлов; Металлургия, Москва; 1982 (1 экз.)

12. Кузьмин, Р. Н.; Мессбауэровская спектроскопия сплавов; Изд-во Моск. ун-та, Москва; 1991 (1 экз.)

13. Стенсел, Стенсел Д.; Спектроскопия комбинационного рассеяния в катализе : Пер. с англ.; Мир, Москва; 1994 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).

2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).

3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).

4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).

5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).

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

7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).

8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).

9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).

10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).

11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).

12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).

13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).

14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).

15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).

16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).

17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).

18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).

19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).

20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

Материалы для лиц с ОВЗ

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

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).
2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).
3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
4. Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).
5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).
6. Официальный сайт Института электрофизики УрО РАН (<http://iep.uran.ru/>).

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Диагностика вещества и его поверхности

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	Не требуется
2	Лабораторные занятия	Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет Просвечивающий электронный микроскоп. Сканирующий электронный микроскоп. Рентгеновский дифрактометр D-9 DISCOVER. Фотоэлектронный спектрометр PHI 5000 VersaProbe.	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

3	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>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</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>	Не требуется
5	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