

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:01

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Спектроскопические и зондовые методы

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 11

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	11 (6.1)		Итого	
	Неделя			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

кфмн, Доцент, Комарницкая Елена Александровна

Рабочая программа

Спектроскопические и зондовые методы

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Протокол от 26.06.2020 г., №06/20

Руководитель подразделения д.ф.м.н., проф. Оганов Артём Ромаевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Научить основам, принципам, достоинствам и ограничениям спектроскопических и зондовых методов и средств для диагностики и исследования материалов, структур, технологических процессов и оборудования, выявления причинно-следственных связей в соответствии с научно-исследовательскими, опытно-конструкторскими, техническими и производственными заданиями и требованиями отечественных и международных стандартов.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.36
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Биоорганическая химия	
2.1.2	Высокотемпературные керамические материалы	
2.1.3	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы	
2.1.4	Квантовая теория твердого тела	
2.1.5	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники	
2.1.6	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов	
2.1.7	Методы непараметрической статистики	
2.1.8	Некоторые главы кристаллохимии	
2.1.9	Объемные наноматериалы	
2.1.10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.11	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.12	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.14	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов	
2.1.15	Структура и технологичность сплавов	
2.1.16	Физико-химия эволюции твердого вещества	
2.1.17	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований	
2.1.18	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы	
2.1.19	Биофизика	
2.1.20	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы	
2.1.21	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.1.22	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.23	Методы исследования характеристик и свойств материалов	
2.1.24	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники	
2.1.25	Метрология и испытания функциональных материалов	
2.1.26	Основы научно-технического перевода	
2.1.27	Практика научно-технического перевода и редактирования	
2.1.28	Тензорные методы в кристаллофизике	
2.1.29	Технология получения кристаллов	
2.1.30	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов	
2.1.31	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований	
2.1.32	Функциональные наноматериалы	
2.1.33	Химия и технология полимерных материалов	
2.1.34	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.1.35	Композиционные материалы	
2.1.36	Конструирование композиционных материалов	
2.1.37	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.1.38	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.1.39	Специальные сплавы	
2.1.40	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.1.41	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы	
2.1.42	Атомное строение фаз	
2.1.43	Биохимия наноматериалов	
2.1.44	Инженерия поверхности	

2.1.45	Металловедение и термическая обработка металлов
2.1.46	Методы исследования структур и материалов. Часть 1
2.1.47	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур
2.1.48	Наноматериалы
2.1.49	Сверхтвердые материалы
2.1.50	Технологии материалов с особыми физическими свойствами
2.1.51	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур
2.1.52	Физика магнитных явлений
2.1.53	Физика полупроводниковых приборов
2.1.54	Физика прочности
2.1.55	Физика прочности и механические свойства материалов
2.1.56	Физико-химия металлов и неметаллических материалов
2.1.57	Физические основы деформации и разрушения
2.1.58	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы
2.1.59	Материаловедение
2.1.60	Материаловедение полупроводников и диэлектриков
2.1.61	Металловедение инновационных материалов
2.1.62	Методы исследования материалов
2.1.63	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии
2.1.64	Метрология и технические измерения функциональных материалов
2.1.65	Метрология, стандартизация и технические измерения
2.1.66	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике
2.1.67	Основы материаловедения и методов исследования материалов
2.1.68	Разработка новых материалов
2.1.69	Фазовые равновесия и дефекты структуры
2.1.70	Физика диэлектриков
2.1.71	Физика полупроводников
2.1.72	Введение в квантовую теорию твердого тела
2.1.73	Дефекты кристаллической решетки
2.1.74	Компьютеризация эксперимента
2.1.75	Материалы альтернативной энергетики
2.1.76	Материалы наукоемких технологий
2.1.77	Основы дизайна металлических материалов
2.1.78	Планирование и организация научно-исследовательской работы
2.1.79	Планирование научного эксперимента
2.1.80	Современные проблемы материаловедения
2.1.81	Теория поверхностных явлений
2.1.82	Теория симметрии
2.1.83	Электроника
2.1.84	Кристаллография
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.8	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям

Знать:

ПК-1-31 Возможности и ограничения, практическое применение, аппаратурную реализацию современных спектроскопических и зондовых методов диагностики и исследования материалов и структур.

Уметь:

ПК-1-У2 Формировать и аргументировать необходимость экспериментального исследования, выбирать и описывать экспериментальные методики, оборудование и приемы организации труда для анализа, диагностики и контроля параметров структуры и свойств материалов, изделий и процессов производства.

ПК-1-У1 Проводить сравнительный анализ, выбирать и сочетать экспериментальные методы и инструменты для решения прикладных задач в области научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок модифицированных или инновационных материалов, изделий и процессов их производства.

Владеть:

ПК-1-В1 Разрабатывать методологию решения поставленной научно-исследовательской или производственной задачи на основе анализа причинно-следственных связей, выявленных с помощью спектроскопических и зондовых методов диагностики и исследования.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Классификация методов исследования поверхности и приповерхностных слоев твердых тел. Выбор экспериментальных методик спектроскопических и зондовых исследований							
1.1	Выбор и сочетание современных методов для проведения комплексных исследований структуры и свойств в различных условиях /Пр/	11	6	ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.7 Л2.8Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э5 Э6 Э7	Методические указания: https://lms.misis.ru/	КМ1,КМ2,КМ5	
1.2	Классификация методов исследования поверхности и приповерхностных слоев твердых тел. Выбор экспериментальных методик спектроскопических и зондовых исследований /Ср/	11	20	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.7 Л2.8Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1,КМ3,КМ5,КМ6	
	Раздел 2. Методы электронной спектроскопии. Электронная же- спектроскопия. Дифракция медленных и быстрых электронов							

2.1	Электронная же- спектроскопия (ЭОС). Послойный элементный анализ методом ЭОС с ионным травлением. Методика определения влияния параметров на нормируемые характеристики, калибровка ЭОС-установки /Лаб/	11	4	ПК-1-В1	Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.1 Э5 Э6 Э7	Методически е указания: https://lms.misis.ru/	КМ1,К М4	Р1
2.2	Методы электронной спектроскопии. Электронная же- спектроскопия. Дифракция медленных и быстрых электронов /Ср/	11	15	ПК-1-31 ПК-1- У1 ПК-1-У2	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1,К М3,КМ 5,КМ6	
2.3	Анализ влияния процессов на свойства материалов и структур /Пр/	11	4	ПК-1-У1 ПК-1 -У2	Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.3 Э5 Э6 Э7	Методически е указания: https://lms.misis.ru/	КМ1,К М2,КМ 3	
	Раздел 3. Рентгеновская и ультрафиолетовая фотоэлектронные спектроскопии. Рентгенофлуоресцентный анализ. Пороговые методы электронной спектроскопии							
3.1	Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Изучение химического состава, выявление окисленных состояний, анализ влияния обработки на состав поверхности. Методики испытаний и аттестаций стандартных образцов, калибровка РФЭС-спектрометра. Анализ наноразмерных структур /Лаб/	11	7	ПК-1-В1	Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.7Л3.3 Э5 Э6 Э7	Методически е указания: https://lms.misis.ru/	КМ1,К М4	Р2
3.2	Рентгеновская и ультрафиолетовая фотоэлектронные спектроскопии. Рентгенофлуоресцентный анализ. Пороговые методы электронной спектроскопии /Ср/	11	15	ПК-1-31 ПК-1- У1 ПК-1-У2	Л1.5 Л1.6Л2.2 Л2.7Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1,К М3,КМ 6	
3.3	Анализ тонкой структуры линий спектра. Применение спектроскопии в исследованиях процессов на поверхности /Пр/	11	6	ПК-1-У1 ПК-1 -У2	Л1.5Л2.2Л3. 3 Э5 Э6 Э7	Методически е указания: https://lms.misis.ru/	КМ1,К М2,КМ 3	
	Раздел 4. Методы ионной спектроскопии. Спектроскопия рассеяния. Вторичная ионная масс- спектрометрия. Ионно- нейтрализационная спектроскопия. Обратное резерфдовское рассеяние							

4.1	Вторичная ионная масс-спектрометрия (ВИМС). Методы исследования эпитаксиальных структур /Лаб/	11	4	ПК-1-В1	Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.3 Э5 Э6 Э7	Методические указания: https://lms.misis.ru/	КМ1,КМ4	Р3
4.2	Послойный анализ. Анализ карт и профилей распределения элементов, параметров и свойств материалов и структур спектроскопическими и зондовыми методами /Пр/	11	6	ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.3 Э5 Э6 Э7	Методические указания: https://lms.misis.ru/	КМ1,КМ2,КМ3	
4.3	Методы ионной спектроскопии. Спектроскопия рассеяния. Вторичная ионная масс-спектрометрия. Ионно-нейтрализационная спектроскопия. Обратное резерфордское рассеяние /Ср/	11	13	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2Л3.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1,КМ3,КМ6	
Раздел 5. Сканирующая зондовая микроскопия								
5.1	Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия и атомно-силовая микроскопия /Лаб/	11	2	ПК-1-В1	Л1.2Л2.8Л3.3 Э5 Э6 Э7	Методические указания: https://lms.misis.ru/	КМ1,КМ4	Р4
5.2	Разработка экспериментальной методики для решения поставленной задачи. Планирование и организация исследования. Проведение комплексных измерений. Составление описания комплекса измерений. Контроль производственных процессов. Защита проекта /Пр/	11	12	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э5 Э6 Э7	Методические указания: https://lms.misis.ru/	КМ1,КМ2,КМ5	
5.3	Разработка методологии решения поставленной научно-исследовательской или производственной задачи на основе анализа причинно-следственных связей, выявленных с помощью спектроскопических и зондовых методов диагностики и исследования /Ср/	11	30	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1	Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ1,КМ5,КМ6	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Реферат	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1	<p>1. Как контролировать технологические параметры нанесения функциональных покрытий или эксплуатации изделия с помощью спектроскопических и зондовых методов?</p> <p>Реферат должен быть представлен в виде описания методики контроля технологического качества гетерогенной структуры и отражать решение комплексных профессиональных задач на основе анализа причинно-следственных связей, выявленных с помощью экспериментальных методов диагностики и исследования производственного продукта:</p> <p>1.1 Как условия эксплуатации изделия влияют на выбор параметров слоев?</p> <p>1.1.1 В каких изделиях для их эксплуатации необходимо нанесение на поверхность функциональных покрытий?</p> <p>1.1.2 При каких условиях эксплуатируются эти изделия?</p> <p>1.1.3 Какие требования устанавливаются к параметрам и свойствам структурных слоев этих изделий?</p> <p>1.1.4 Зачем надо контролировать технологические параметры гетерогенных систем?</p> <p>1.2 Как выбрать и сочетать экспериментальные методы для контроля параметров?</p> <p>1.2.1 Какие изменяемые параметры гетерогенных систем можно определить с помощью спектроскопических и зондовых методов?</p> <p>1.2.2 Какие из методов надо выбрать с учетом их ограничений для диагностики параметров слоев?</p> <p>1.2.3 Какие методы удовлетворяют требованиям точности, экспрессности, комплексности и стоимости?</p> <p>Оформить реферат-описание необходимо в виде документа.</p> <p>2. Разработать методику исследования поверхности заданного материала (объекта НИР). Спрогнозировать эффективность выбора для решения прикладной задачи в рамках НИР.</p> <p>3. Выбор и сочетание современных методов для проведения комплексных исследований структуры и свойств в различных условиях для решения прикладной задачи в рамках НИР.</p>
КМ2	Коллоквиум	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация и сравнение возможностей, применения и особенностей методов электронной спектроскопии. 2. Особенности аппаратурной реализации методов электронной спектроскопии. 3. Основные закономерности электронных спектров. 4. Применение электронной спектроскопии при исследовании поверхностей: адсорбции, поверхностных примесей, поверхностных покрытий, различия объемного и поверхностного состава, границ раздела фаз, микродефектов, радиационных повреждений, идентификация молекул. 5. Применение электронной спектроскопии в гетерогенном катализе. 6. Сочетание электронной оже-спектроскопии с другими методами анализа поверхности. 7. Идентификация химического состава образца методом характеристических потерь энергии электронами. 8. Анализ химического состояния элементов и их оксидных соединений методами электронной спектроскопии. 9. Выбор стандартных образцов для метрологического комплекса измерений. Проведение аттестационных работ. Анализ влияния условий эксперимента на нормируемые характеристики. 10. Возможности, применение методов ионной масс-спектрометрии. 11. Влияние ионизирующего излучения на состав и структуру приповерхностной области. 12. Аппаратурная реализация методов ионной спектрометрии. 13. Послойный анализ методами ионной спектроскопии. 14. Физические основы методов колебательной спектроскопии. 15. Изучение кинетики процессов на поверхности спектроскопическими методами. 16. Исследование процесса разрушения тонких пленок в термических и электрохимических процессах с помощью

КМ3	Анализ информационных ресурсов (не менее 3)	ПК-1-У1;ПК-1-У2	Методы электронной, ионной, ИК-спектроскопии, сканирующей зондовой микроскопии: реализация эксперимента и применение.
КМ4	Защита отчета по лабораторной работе	ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1	<ol style="list-style-type: none">1. Физические основы метода.2. Аппаратурная реализация.3. Калибровка установки и выбор параметров эксперимента. Контролируемые и неконтролируемые параметры.4. Нормируемые характеристики и факторы, влияющие на их значения.5. Получение, особенности и структура, принципы расшифровки спектров.6. Анализ эксперимента, интерпретация полученных результатов.7. Возможности метода.8. Сравнение методов.9. Как бы вы спланировали свой эксперимент?
КМ5	Составление сравнительной таблицы (классификация методов)	ПК-1-З1;ПК-1-У1;ПК-1-У2	<ol style="list-style-type: none">1. Критерии и параметры классификации спектроскопических и зондовых методов.2. Физические основы, точность, возможности, особенности, ограничения, применения спектроскопических и зондовых методов исследования.

КМ6	Тесты	ПК-1-31	<p>1) Сколько электронов необходимо для реализации оже-процесса: - 1; - 2; - 3; - 4.</p> <p>2) Сколько уровней необходимо для реализации оже-процесса: - 1; - 2; - 3; - 4.</p> <p>3) Какие элементы нельзя определить методом Электронной оже-спектроскопии? - H; - H, He, Li; - все можно; - H, He.</p> <p>4) На какой установке не реализуется Рентгеноспектральный микроанализ? - на электронно-зондовом микроанализаторе; - на растровом электронном микроскопе; - на рентгенофлуоресцентном спектрометре; - на просвечивающем электронном микроскопе.</p> <p>5) Какой из энергоанализаторов предпочтительнее использовать в методе электронной оже-спектроскопии: - анализатор типа цилиндрическое зеркало; - полусферический концентрический; - анализатор с задерживающим полем;</p> <p>6) Оже-спектр – это зависимость от: - атомного номера; - кинетической энергии; - энергии связи; - энергии пропускания анализатора.</p> <p>7) РФЭС-спектр - это зависимость от: - атомного номера; - кинетической энергии; - энергии пропускания анализатора; - энергии связи.</p> <p>8) Какой из переходов является переходом Костера-Кронинга: - KL1L1; - KL1X; - L1L2X; - KL1L2.</p> <p>9) Нормальная связь или связь Расселя-Саундерса реализуется, когда в атоме преобладает: - спин-орбитальное взаимодействие; - электростатическое взаимодействие электронов между собой; - количество электронов больше 75.</p> <p>10) Глубина выхода оже-электронов зависит или нет от энергии падающих первичных электронов? - да; - нет; - не установлено.</p>
-----	-------	---------	--

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа	ПК-1-В1	Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). Послойный элементный анализ методом ЭОС с ионным травлением. Методика определения влияния параметров на нормируемые характеристики, калибровка ЭОС-установки
P2	Лабораторная работа	ПК-1-В1	Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Изучение химического состава, выявление окисленных состояний, анализ влияния обработки на состав поверхности. Методики испытаний и аттестаций стандартных образцов, калибровка РФЭС-спектрометра. Анализ наноразмерных структур

P3	Лабораторная работа	ПК-1-В1	Вторичная ионная масс-спектрометрия (ВИМС). Методы исследования эпитаксиальных структур
P4	Лабораторная работа	ПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-У2	Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия и атомно-силовая микроскопия
P5	Практическая работа	ПК-1-У1;ПК-1-У2	Выбор и сочетание современных методов для проведения комплексных исследований структуры и свойств в различных условиях
P6	Практическая работа	ПК-1-У1;ПК-1-У2	Анализ влияния процессов на свойства материалов и структур
P7	Практическая работа	ПК-1-У1;ПК-1-У2	Анализ тонкой структуры линий спектра. Применение спектроскопии в исследованиях процессов на поверхности
P8	Практическая работа	ПК-1-У1;ПК-1-У2	Послойный анализ. Анализ карт и профилей распределения элементов, параметров и свойств материалов и структур спектроскопическими и зондовыми методами
P9	Практическая работа	ПК-1-У1;ПК-1-У2	Разработка экспериментальной методики для решения поставленной задачи. Планирование и организация исследования. Проведение комплексных измерений. Составление описания комплекса измерений. Контроль производственных процессов. Защита проекта
P10	Реферат	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1	Разработка методики исследования поверхности заданного материала (объекта НИР). Прогноз эффективности выбора для решения прикладной задачи в рамках НИР. Выбор и сочетание современных методов для проведения комплексных исследований структуры и свойств в различных условиях для решения прикладной задачи в рамках НИР.
P11	Составление сравнительной таблицы	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2	1. Критерии и параметры классификации спектроскопических и зондовых методов. 2. Физические основы, точность, возможности, особенности, ограничения, применения спектроскопических и зондовых методов исследования.
P12	Анализ информационных ресурсов (не менее 3) с последующим устным докладом и обсуждением	ПК-1-У1;ПК-1-У2	Методы электронной, ионной, ИК-спектроскопии, сканирующей зондовой микроскопии: реализация эксперимента и применение.
P13	Тесты	ПК-1-31	Методы электронной, ионной спектроскопии, сканирующей зондовой микроскопии.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен не предусмотрен

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Обучение по дисциплине проводится в активных и интерактивных формах с применением технологии «обратный класс». По каждому разделу дисциплины предусмотрена как текущая, так и рубежная аттестация. Каждое Практическое и Лабораторное занятие предусматривает предварительную подготовку к нему. Новые учебные материалы и методические указания по их самостоятельному освоению, а также ссылки на дополнительные материалы представлены на сайте <https://lms.misis.ru/>. Перед каждым практическим занятием студенту необходимо изучить представленный материал на соответствующей странице и самостоятельно оценить усвоение контента, пройдя тест из 10 вопросов (итоговый тест по дисциплине из 18 вопросов) в часы самостоятельной работы по дисциплине. Всего 6 тестов, студент имеет 2 попытки, время ограничено 20 минутами. Засчитывается положительное прохождение теста, если студент правильно ответил на 7 вопросов из 10, итоговый тест - 13 правильных ответов. Для проверки степени освоения материала в часы лабораторных или практических занятий студент заполняет Гугл-таблицу, доступную одновременно всем студентами группы и заполняемую синхронно. Студент отвечает на вопросы для подготовки к экзамену или вопросы к защите лабораторных работ, или выполняет промежуточные задания плана работы над рефератом в письменной форме в течении 5 минут, заполняя свою графу общего для группы Гугл-документа. На одном занятии - один вопрос. Критерий оценивания - понимание материала или свое собственное аргументированное видение проблемы. Ответы обсуждается в форме групповой дискуссии.

Лабораторное занятие начинается с освоения правил техники безопасности и порядка проведения эксперимента с использованием руководства-описания установки. Во время лабораторного занятия студенту необходимо сделать заметки по ходу объяснения преподавателя в виде краткой инструкции по проведению эксперимента. Заметки отправляются для оценивания одногруппнику, следующему в списке (последний в списке оценивает заметки первого). Критерий оценивания - последовательное изложение с использованием общепринятой терминологии. Итог «Понятно/ не понятно» вносится в соответствующую графу Google-документа с аргументацией положительных и отрицательных сторон инструкции.

Для обработки, расшифровки и анализа результатов эксперимента староста группы делит студентов на команды по 4-5 человек. Каждая команда получает свое задание. Обработка результатов проводится с помощью пакета прикладных программ спектрометра. Для расшифровки спектров команда использует базу данных. Экспериментальные данные и результаты качественного и количественного анализа выданного команде образца записываются в Google-таблицу, доступ к которой является совместным у всей команды и преподавателя. В конце лабораторного занятия проводится самопроверка результатов с помощью файла "Ответы" на странице соответствующего раздела в Canvas.

Инструкцию и таблицу необходимо оформить в отчет по лабораторной работе. В отчет также включается ответ на контрольный вопрос на странице в разделе Задания. Номер вопроса, на который надо ответить студенту, - порядковый номер в списочном составе группы. Файл с отчетом по лабораторной работе прикрепляется в разделе Задания на сайте <https://lms.misis.ru/>. Критерий оценивания - грамотное и последовательное изложение, соответствие командному заданию и индивидуальному вопросу. Итог "Принято/не принято".

Защита отчета по лабораторным работам проводится в часы лабораторных работ или в часы дополнительных консультаций преподавателя. Онлайн-консультации для желающих проходят еженедельно по предварительной договоренности. Цель защиты отчета - определение степени самостоятельности выполнения лабораторной работы студентом. Если уровень компетенций, выявленных в процессе индивидуальной беседы, достаточный, то защита отчета по лабораторным работам признается удовлетворительной.

Составление сравнительной таблицы по методам электронной или ионной спектроскопии является рубежным контролем индивидуальной самостоятельной аналитической работы. Задание выполняется по шаблону в Canvas. Проверяется задание в часы для контроля освоения студентом дисциплины. Проблемные вопросы по заданию обсуждаются в часы практических занятий в форме коллективной беседы.

Анализ статей по применению современных методов для решения практических задач в области материаловедения и доклад результатов анализа (5 минут) в часы практических занятий является тренировочным заданием, формирующим компетенции уровня "Уметь". Статьи для анализа подбираются студентом самостоятельно с использованием информационных ресурсов. После доклада проходит его обсуждение - групповая дискуссия. Аргументированный ответ докладчиком на один из вопросов дискуссии является необходимым требованием для положительного засчитывания данного мероприятия.

Для обработки, расшифровки и анализа результатов эксперимента староста группы делит студентов на команды по 4-5 человек. Каждая команда получает свое задание. Обработка результатов проводится с помощью пакета прикладных программ спектрометра. Для расшифровки спектров команда использует базу данных. Экспериментальные данные и результаты качественного и количественного анализа выданного команде образца записываются в Google-таблицу, доступ к которой является совместным у всей команды и преподавателя. В конце лабораторного занятия проводится самопроверка результатов с помощью файла "Ответы" на странице соответствующего раздела в Canvas. В отчет по лабораторной работе также включается ответ на контрольный вопрос на странице в разделе Задания. Номер вопроса, на который надо ответить студенту, - порядковый номер в списочном составе группы. Файл с отчетом по лабораторной работе прикрепляется в разделе Задания на сайте <https://lms.misis.ru/>. Критерий оценивания - грамотное и последовательное изложение, соответствие командному заданию и индивидуальному вопросу. Итог "Принято/не принято". Защита отчета по лабораторным работам проводится в часы лабораторных работ или в часы дополнительных консультаций преподавателя. Онлайн-консультации для желающих проходят еженедельно по предварительной договоренности. Цель защиты отчета - определение степени самостоятельности выполнения лабораторной работы студентом. Если уровень компетенций, выявленных в процессе индивидуальной беседы, достаточный, то защита отчета по лабораторным работам признается удовлетворительной.

Рубежная аттестация проводится в виде коллоквиумов. Вопросы к коллоквиумам выдаются студентам на первом практическом занятии. Коллоквиумы проводятся в устной форме в часы практических занятий. Коллоквиум № 1 на 8 неделе оценивает результаты освоения дисциплины студентом по разделам 1, 2 и 3, коллоквиум № 2 на 16 неделе - результаты освоения дисциплины по разделам 4 и 5 дисциплины. Студент должен правильно ответить на один из предложенных ему преподавателем вопросов, в этом случае контрольное мероприятие "Коллоквиум" считается выполненным.

Реферат-описание является суммирующим оценочным мероприятием. Срок сдачи реферата - 17 неделя. Формулировка темы реферата и движущий вопрос работы разрабатываются студентом самостоятельно. На первом практическом занятии студенту объясняется задание. Студент выполняет работу в часы для самостоятельной работы по дисциплине. План самостоятельной работы над рефератом:

1. Изучение учебного материала и систематизация возможности спектроскопических и зондовых методов;
2. Самотестирование в системе Canvas;
3. Определение актуальной для своей НИР проблемы;
4. Поиск дополнительных ресурсов, соответствующих определенной проблеме;
5. Постановка задачи;
6. Разработка движущего вопроса и планирование работы;
7. Выбор и обоснование подходящего экспериментального метода, методики и оборудования для решения задачи;
8. Оформление описания.

Во время практических занятий студент озвучивает проблемы, возникшие у него при написании реферата. Решение

проблем происходит с помощью взаимного обсуждения и группового мозгового штурма. Защита отчета происходит в часы практических работ. После доклада проходит его обсуждение - групповая дискуссия. Аргументированный ответ докладчиком на один из вопросов дискуссии является необходимым требованием для положительного засчитывания данного мероприятия. В асинхронном режиме студент загружает реферат в электронную среду и участвует во взаимной проверке, а затем изучает рецензию на свой реферат. После чего студент имеет возможность внести исправления в реферат.

Критерии оценивания реферата представлены в таблице. Выполнение 8 ("Принято") из 11 критериев необходимо для зачета реферата.

Критерии	Доработать	Принято
Постановка задачи	Не корректная	Корректная
Выбран метод задачи	Не соответствует задаче	Соответствует
Обоснование выбора	Не обоснован	Обоснован
Условия эксперимента	Не выбраны	Выбраны
Оборудование	Не выбрано	Не выбрано
Сочетание методов/степень комплексности	1 метод	2 и более метода
Элемент творчества	Шаблонная работа	Оригинальность
Изложение материала последовательное	Не логичное, не последовательное	Логичное,
Ссылки на информационные ресурсы соответствуют списку используемых источников	Нет ссылок, нет списка используемых источников	Ссылки расставлены,
Оформление работы требованиям нормоконтроля	Не соответствует требованиям нормоконтроля	Соответствует
Проверка на плагиат оригинальности и выше	Менее 75% оригинальности	75%

Итоговая аттестация по дисциплине предусмотрена в виде зачета с оценкой. Зачет с оценкой отражает результат процесса формирования компетенций студента при изучении дисциплины и устанавливает уровень знаний студентов по применению полученных знаний, умений и навыков. Зачет с оценкой выставляется студенту на последнем практическом занятии. Для получения зачета в течении семестра необходимо выполнить все работы из перечня работ, выполняемых по дисциплине. Оценка выставляется в соответствии с оценкой за реферат. В случае невыполнения работ, предусмотренной программой дисциплины, или получения оценки "Неудовлетворительно" за реферат итоговая оценка студента по дисциплине -

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Борисенко И. А.	Инновационный менеджмент: управление интеллектуальной собственностью: учебное пособие	Электронная библиотека	Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003
Л1.2	Филимонова Н. И., Кольцов Б. Б.	Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013
Л1.3	Газенаур Е. Г., Кузьмина Л. В., Крашенинин В. И.	Методы исследования материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013
Л1.4	Созинов С. А., Колесников Л. В.	Структурные методы исследования кристаллов: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2012
Л1.5	Звекон А. А., Невоструев В. А., Каленский А. В.	Спектральные методы исследования в химии: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2015

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.6	Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н.	Рентгенографический и электронно-оптический анализ: практ. рук. по рентгенографии, электронографии и электрон. микроскопии металлов, полупроводников и диэлектриков: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1970
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Бёккер Ю.	Спектроскопия: монография	Электронная библиотека	Москва: РИЦ Техносфера, 2009
Л2.2	Королев Ф. А.	Спектроскопия высокой разрешающей силы: монография	Электронная библиотека	Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1953
Л2.3	Порсев Е. Г.	Организация и планирование экспериментов: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010
Л2.4	Елютин В. П., Костиков В. А., Лысов Б. С., др.	Высокотемпературные материалы. Ч.2: Получение и физико-химические свойства высокотемпературных материалов: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1973
Л2.5	Брандон Д., Каплан У., Баженов С. Л., Егорова С. В.	Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: учеб. пособие для студ. напр. 'Прикладные математика и физика': пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Техносфера, 2004
Л2.6	Бублик Владимир Тимофеевич, Дубровина Аида Николаевна	Методы исследования материалов и компонентов электронной техники: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 20.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1991
Л2.7	Бублик Владимир Тимофеевич, Дубровина Аида Николаевна, Зимичева Галина Михайловна	Методы исследования структуры. Применение методов рентгеноструктурного анализа (исследование структуры кристаллов материалов электронной техники): лаб. практикум для студ. спец. 0604,0629,0643 (часть 2)	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1985
Л2.8	Валянский Сергей Иванович, Наими Евгений Кадырович, Капуткин Дмитрий Ефимович	Современные методы исследования наноструктур. Метод оптической поверхностно-плазмонной микроскопии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Фомин Д. В., Дубов В. Л.	Учебно-методическое пособие по выполнению расчетно-графической работы по теме: электронная оже-спектроскопия: методическое пособие	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2015

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.2	Арсенкин А. М., Быкова Ю. С., Горшенков Михаил Владимирович, др., Калошкин Сергей Дмитриевич	Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Современные методы исследований функциональных материалов: учебно-метод. пособие: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Metallurgy	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010
ЛЗ.3	Абрамов Н. Н., Белов В. А., Гершман Е. И., др., Калошкин Сергей Дмитриевич	Современные методы исследований функциональных материалов: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Metallurgy'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2011
ЛЗ.4	Быкова Марина Борисовна, Гореева Жанна Анатольевна, Козлова Нина Семеновна, Подгорный Дмитрий Андреевич	Выполнение и оформление выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ, курсовых работ магистров и отчетов по практикам: метод. указания	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2017

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Электронно-библиотечная система	https://e.lanbook.com/
Э2	Медиаотека НИТУ "МИСиС"	https://misis.ru/media-library/
Э3	Информационная система Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/
Э4	Список электронных ресурсов НИТУ "МИСиС"	http://lib.misis.ru/links.html
Э5	LMS Canvas	https://lms.misis.ru/
Э6	Google-документы	https://www.google.ru/
Э7	Платформа для проведения конференций Zoom	https://zoom.us/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams
П.4	CAD
П.5	Microsoft Excel
П.6	Microsoft PowerPoint

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - https://elibrary.ru/ ,
И.2	Библиотека «Развитие технологий для человечества» (IEEE Xplore) - https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp ,
И.3	Научный журнал «Nature Nanotechnology» - https://nano.nature.com/ ,
И.4	Источник патентной информации, заявок, научных публикаций и сервисов Clarivate Analytics - https://clarivate.ru/ ,
И.5	База данных научных публикаций Scopus - https://www.scopus.com/ ,
И.6	Интерактивная база данных SpringerLink - https://rd.springer.com/ ,
И.7	База данных по материалам SpringerMaterials - https://materials.springer.com/ ,
И.8	Электронная библиотечная система Издательства «Наука» - https://www.libnauka.ru/ ,
И.9	Журналы издательства Cambridge University Press - https://www.cambridge.org/ ,
И.10	Журналы издательства Oxford University Press и Цифровой архив журнала Science - https://archive.neicon.ru/xmlui/ ,
И.11	Журнальный портал ФТИ им. А.Ф. Иоффе - https://journals.ioffe.ru/ ,
И.12	Университетская информационная система Россия - https://www.uisrussia.msu.ru/ .

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
К-406	Учебная аудитория	лабораторные установки для измерения: времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках (с ПК и пакетом лицензионных прикладных программ); удельного электрического сопротивления полупроводников четырехзондовым методом (с ПК и пакетом прикладных программ); механических характеристик кристаллов; термоэлектрических свойств (с ПК и пакетом прикладных программ); удельного электрического сопротивления полупроводников двухзондовым методом (с ПК и пакетом прикладных программ); атомно-силовой и туннельный микроскоп (2 шт.) с ПК и пакетом прикладных программ; лабораторный стенд для определения ширины запрещенной зоны полупроводников и температурного коэффициента сопротивления металлов, лабораторный стенд для измерения эффекта Холла, лабораторный стенд для изучения влияния термодоноров на электропроводность полупроводников; набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийная панель с ПК, комплект учебной мебели
Б-011	Центр коллективного пользования "Материаловедение и металлургия":	сканирующий электронный микроскоп JSM 6700 F JEOL, сканирующий электронный микроскоп JSM 6480 LV JEOL, электронный оже-спектрометр PHI-680 Physical electronics
К-407	Лаборатория	вторичный ионный масс-спектрометр (ВИМС) PHI-6600 SIMS System с ПК и лицензионным программным обеспечением
К-409	Лаборатория	рентгеновский фотоэлектронный спектрометр PHI 5500 ESCA, рентгеновский фотоэлектронный спектрометр Versa Probe II
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения всех мероприятий, предусмотренных программой дисциплины.

При освоении данного курса студент должен пользоваться библиотекой вуза, а также электронными ресурсами, в соответствии с настоящей программой.

Обучение по дисциплине проводится в активных и интерактивных формах. Для синхронной работы в дистанционном формате используется Zoom. Командная работа проводится с использованием Google-документов. Асинхронная работа осуществляется в LMS Canvas на основе инструмента Задания.

Для самостоятельного освоения теоретических основ дисциплины студентам передаются электронные презентации и учебные пособия, в которых рассматриваются основные положения, необходимые для решения практических задач и выполнения лабораторных работ. Электронный контент в Canvas на сайте <https://lms.misis.ru/> включает универсальный методический комплекс дисциплины (УМКД) «Спектроскопические (и зондовые) методы исследования материалов». Для получения доступа к материалам студентам необходимо перейти по ссылке, переданной на первой учебной неделе семестра.

Практические и лабораторные занятия проводятся с использованием наглядных пособий, образцов, установок с соответствующим программным обеспечением Учебно-научного комплекса лабораторий Спектроскопических методов

исследования и Сканирующей зондовой микроскопии кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков и Центра коллективного пользования «Материаловедение и металлургия»: электронный оже-спектрометр PHI-680 AES фирмы "Physical Electronics"; рентгеновский фотоэлектронный спектрометр PHI-5500 ESCA фирмы "Physical Electronics"; рентгеновский фотоэлектронный спектрометр PHI VersaProbe II 5000; вторичный ионный масс-спектрометр PHI-6600 SIMS System фирмы "Physical Electronics"; профилометр ALPHA-STEP фирмы Tencor; сканирующий зондовый микроскоп MFP 3D Stand Alone (Asylum Research); сканирующая зондовая лаборатория NTEGRA фирмы "NT-МЭТ"; сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) (оригинальная разработка Центра); последовательный рентгенофлуоресцентный спектрометр XRF-1800 фирмы Шимадзу; быстросканирующий инфракрасный Фурье-спектрометр IFS-66V/S фирмы BRUKER.

Электронные презентации и (или) опорные конспекты теоретических основ дисциплины заранее передаются обучающимся для предварительного ознакомления. Перед проведением практических и лабораторных занятий обучающимся рекомендуется дома самостоятельно просмотреть теоретический материал по тематике предстоящего занятия.

Лабораторные работы проводятся в два этапа: проверка готовности студентов к выполнению работы и проведение всех запланированных экспериментов, защита лабораторных работ. Лабораторное занятие начинается с освоения правил техники безопасности и порядка проведения эксперимента с использованием руководства-описания установки.

Рекомендуется на каждом практическом и лабораторном занятии проводить экспресс опрос с целью установления усвояемости дисциплины и готовности к выполнению лабораторной работы. Успешное прохождение тестирования в Canvas может заменять проверку готовности к выполнению лабораторной работы в форме опроса и защиту выполненной лабораторной работы. Обработка и оформление результатов экспериментов проводится студентами самостоятельно в свободное от аудиторных занятий время. Отчеты по лабораторным занятиям составляются с использованием программного обеспечения соответствующих экспериментальных установок для построения и анализа графиков и массивов данных.

Защита проводится в виде ответов студентов на вопросы преподавателя.

Обучение организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов организуется и контролируется путем индивидуального опроса студентов и проверки работы над рефератом-описанием во время практических и лабораторных занятий. Для успешного освоения изучаемой дисциплины для студентов возможна организация консультаций, в том числе индивидуальных.

Студентам предоставляется возможность копирования презентаций и всех электронных материалов для самоподготовки и подготовки к итоговому контролю.

Текущий контроль успеваемости и итоговый экзамен проводится в виде собеседования с использованием вопросов для подготовке к экзамену, переданных обучающимся перед началом освоения дисциплины.