

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ
КАФЕДРА ЛАЗЕРНЫХ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРО- И НАНОСТРУКТУР

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.02 Физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
3	3	108	8	40	0		24	0	Э
4	2	72	0	30	0		42	0	ЗО
Итого	5	180	8	70	0	0	66	0	

АННОТАЦИЯ

Через изложение физической сущности элементарных взаимодействий электронов и фотонов и атомов с поверхностью, микро- и наносистемами излагаются основные локальные методы анализа компонентного состава, топографии и электронной структуры микро и наноструктур в условиях сверхвысокого вакуума. Это позволит будущим специалистам в области нанотехнологии использовать необходимые знания и наиболее адекватные современные методики при квалифицированном исследовании и создании наноструктур для различных научно-технических задач.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Методы исследования микро- и наноструктур» является формирование у студентов умений разрабатывать методики подготовки и проведения экспериментов с применением различных методов анализа и диагностики микро- и наносистем и анализировать получаемые результаты; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований. Через изложение физической сущности элементарных взаимодействий фотонов и электронов с микро- и наносистемами излагаются основные локальные методы анализа компонентного состава, топографии, структуры и оптических свойств микро и наноструктур.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина программы логически и содержательно-методически связана со следующими предшествующими дисциплинами: общая физика, теория поля, квантовая механика, физическая оптика, теория колебаний, атомная и молекулярная спектроскопия, физика твердого тела, физика газового разряда, разделы математики: дифференциальное и интегральное исчисления, теория рядов, уравнения математической физики, теория вероятностей. Освоение данной дисциплины имеет, во-первых, самостоятельное значение и, во-вторых, является основой для усвоения следующих специальных курсов по: Физика поверхности, Применение оптической спектроскопии для исследования наноструктур, Лазерные микро и нанотехнологии и др.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные

	<p>решения для ее реализации</p> <p>В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий</p>
<p>УК-2 [1] – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</p>	<p>З-УК-2 [1] – Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами</p> <p>У-УК-2 [1] – Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</p> <p>В-УК-2 [1] – Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта</p>

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
<p>Проводить научные исследования в области взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями, в том числе, содержащими фотосенсибилизаторы</p>	<p>Биологические ткани, в том числе, содержащие фотосенсибилизаторы</p>	<p>ПК-5.1 [1] - Способен использовать лазерное, спектроскопическое и микроскопическое оборудование для целей исследования спектроскопических свойств биологических тканей</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-5.1[1] - знать методы регистрации спектров флуоресценции; методы регистрации спектров диффузного отражения; методы регистрации спектров поглощения; методы регистрации спектров спонтанного комбинационного рассеяния света; методы регистрации флуоресцентных изображений;</p> <p>У-ПК-5.1[1] - уметь регистрировать спектры</p>

			<p>флуоресценции; регистрировать спектры диффузного отражения и поглощения; регистрировать спектры комбинационного рассеяния; регистрировать флуоресцентные изображения; В-ПК-5.1[1] - владеть методами регистрации и анализа спектров флуоресценции, диффузного отражения и поглощения; спектров комбинационного рассеяния света; спектрально-разрешенных изображений</p>
<p>Проводить научные исследования в области взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями, в том числе, содержащими фотосенсибилизаторы</p>	<p>Биологические ткани, в том числе, содержащие фотосенсибилизаторы</p>	<p>ПК-5.5 [1] - Способен рассчитывать распространение света в биологических тканях с применением специализированных компьютерных программ</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-5.5[1] - Знать закономерности распространения света в рассеивающих и поглощающих средах; уравнения Максвелла; решение Ми для уравнений Максвелла при рассеянии света на сферических частицах; приближение Рэлея для описания рассеяния; решение уравнений Максвелла для рассеяния на цилиндрических частицах; оптические спектры поглощения биологических молекул; тепловые эффекты</p>

		<p>оптического излучения, закон диффузии излучения и тепла; механизм возникновения флуоресценции; механизмы физиологического действия фотодинамической терапии; механизмы физиологического действия гипертермии;</p> <p>У-ПК-5.5[1] - уметь рассчитывать распространение света в биологических тканях с помощью численных и аналитических методов; учитывать влияние поглощения, многократного рассеяния и геометрии измерения на результаты измерения оптических спектров и изображений; осуществлять математическое планирование фотодинамического воздействия; восстанавливать информацию об оптических свойствах биологических тканей по результатам спектроскопических измерений;</p> <p>В-ПК-5.5[1] - владеть навыком моделирования распространения света в биологических тканях численными</p>
--	--	---

			и аналитическими методами
--	--	--	---------------------------

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Общее понятие методов диагностики и роль сверхвысокого вакуума; способы получения и контроля вакуума.	1-8	4/20/0	КСт-5 (25)	25	КСт-7	3-ПК-5.1, У-ПК-5.1, В-ПК-5.1, 3-ПК-5.5, У-ПК-5.5, В-ПК-5.5, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2
2	Оже электронная спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, просвечивающая и растровая электронная микроскопия.	8-16	4/20/0	Т-11 (25)	25	Т-15	В-ПК-5.5, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, 3-ПК-5.1, У-ПК-5.1, В-ПК-5.1, 3-ПК-5.5, У-ПК-5.5
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		8/40/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	Э	3-ПК-5.1, У-ПК-5.1, В-ПК-5.1, 3-ПК-5.5, У-ПК-5.5, В-ПК-5.5, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2

	<i>4 Семестр</i>						
1	Методы сканирующей зондовой микроскопии.	1-8	0/15/0	КСТ-1 (25)	25	КСТ-8	3-ПК-5.1, У-ПК-5.1, В-ПК-5.1, 3-ПК-5.5, У-ПК-5.5, В-ПК-5.5, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2
2	Методы сканирующей зондовой микроскопии.	9-15	0/15/0	Т-1 (25)	25	Т-15	3-ПК-5.1, У-ПК-5.1, В-ПК-5.1, 3-ПК-5.5, У-ПК-5.5, В-ПК-5.5, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2
	<i>Итого за 4 Семестр</i>		0/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 4 Семестр				50	30	У-УК-2, В-УК-2, 3-ПК-5.1, У-ПК-5.1, В-ПК-5.1, 3-ПК-5.5, У-ПК-5.5, В-ПК-5.5, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
КСТ	Круглый стол
Т	Тестирование
З	Зачет
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	8	40	0
1-8	Общее понятие методов диагностики и роль сверхвысокого вакуума; способы получения и контроля вакуума.	4	20	0
1 - 2	Тема 1 Общее понятие методов диагностики. Зондирующие пучки и частицы. Переизлученные образцом частицы. Необходимость проведения диагностики и анализа микро и наноструктур в контролируемых условиях сверхвысокого вакуума	Всего аудиторных часов		
		1	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Тема 2. Основные понятия техники сверхвысокого вакуума. Основы понятия молекулярно–кинетической теории газа. Адсорбция газа на поверхности твердого тела и ее роль в вакуумной технике. Уравнение течения газа. Режимы течения газа. Основное уравнение вакуумной техники. Материалы СВВ камер и изделий.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Тема 3. Классификация и типы насосов. Важнейшие характеристики насосов. Некоторые типичные виды насосов, часто используемых в настоящее время. Принципы работы некоторых видов современных вакуумметров. Принципы построения СВВ камер для создания и анализа микро и наноструктур.	Всего аудиторных часов		
		1	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Тема 4 Масс-спектрометрия и основные виды масс-спектрометров. Принципы работы магнитного, времяпролетного, квадрупольного и монополярного масс-спектрометров. Приборы для регистрации электронов, ионов и фотонов - ВЭУ и ФЭУ. Интерпретация масс-спектрометров с учетом относительной интенсивности линий чистых газов. Общие представления о методах течеискания. Электронная пушка. Источник ионов. Ионная пушка и основы электростатической электронной оптики. Принцип и техника масс-спектрометрии вторичных ионов. Послойный анализ микро и наносистем.	Всего аудиторных часов		
		1	7	0
		Онлайн		
		0	0	0
8-16	Оже электронная спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, просвечивающая и растровая электронная микроскопия.	4	20	0
9 - 10	Тема 6. Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ). Аналогия с оптическим микроскопом и Де Бройлевская длина волны электрона. Виток с током и магнитная электронная оптика. Принципиальная схема получения изображения в ПЭМ. Система виброизоляции. Пространственное разрешение ПЭМ. Накальные и холодные эмиттеры электронов в ПЭМ. Требования к	Всего аудиторных часов		
		1	6	0
		Онлайн		
		0	0	0

	образцам ПЭМ и держатели образцов. Специальные методы подготовки образцов для ПЭМ. Взаимодействие высокоэнергетичных электронов с образцом в ПЭМ. Особенности работы на реальном ПЭМ. Пример ПЭМ изображений. Режим электронографии – дифракции электронов высокой энергии в ПЭМ.			
11 - 13	Тема 5. Оже электронная спектроскопия (ЭОС). Схема оже-процесса в терминах атомных уровней энергии. Типы анализаторов электронов: «цилиндрическое зеркало», полусферический, 127°-ный секторный цилиндрический. Глубина и площадь анализа при оже-спектроскопии. Универсальная кривая длины пробега электронов от энергии в материалах. Блок-схема электронного оже-спектрометра. Изменение чувствительности ОЭС сигнала в зависимости от химического элемента. Виды оже-спектров и количественное определение состава образца на основании оже-спектроскопии. Типичные параметры, возможности и разрешение оже электронной спектроскопии. Сканирующий ОЭС анализатор в комбинации с ионной пушкой. Послойный оже-анализ. Аппаратная реализация оже-спектроскопии в СВВ установке на примере спектрометра “ОРС-200” и “ОРС-103” фирмы “RIBER” (Франция). Преимущества электронной оже-спектроскопии.	Всего аудиторных часов		
		2	7	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 16	Тема 7. Растровый электронный микроскоп (РЭМ). Блок-схема и увеличение в РЭМ. Особенности образцов для РЭМ исследований. Типы сигналов, регистрируемых в РЭМ: вторичные электроны, обратно рассеянные электроны (оже-спектроскопия), ток образца, характеристическое рентгеновское излучение, катодолуминесценция, прошедшие через образец электроны. Разрешение в РЭМ. Карты распределения элементов на образце. Эффекты затенения при наклонном падении пучка. Сравнение особенностей ПЭМ и СЭМ.	Всего аудиторных часов		
		1	7	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>4 Семестр</i>	0	30	0
1-8	Методы сканирующей зондовой микроскопии.	0	15	0
1 - 4	Тема 1. Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением (ФЭСУР). Законы сохранения и диаграмма электронных уровней энергии. Блок-схема эксперимента по фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением. Аппаратная реализация спектроскопии на примере спектрометра SES200 фирмы “Scienta” (Швеция). Понятие о поверхностных состояниях электронов. Примеры дисперсионных зависимостей энергии поверхностных электронов от волнового вектора $E(k_{ })$ на поверхности меди Cu(111), полученных методом ФЭСУР. Сравнение методов анализа: ФЭСУР и ЭОС.	Всего аудиторных часов		
		0	7	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	Тема 2.	Всего аудиторных часов		

	Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) и сканирующая туннельная спектроскопия (СТС). Принципиальная схема СТМ. Энергетическая диаграмма туннельного контакта иглы и образца Природа туннельного тока и его простейшая формула. Пространственное разрешение СТМ. Чувствительность туннельного тока к локальной плотности электронов образца. Схема сканера и виброизоляция СТМ. Пьезокерамическая трубка - универсальный сканирующий элемент. Обратная связь для стабилизации туннельного тока. Влияние формы иглы на получаемое СТМ изображение. Иглы для СТМ. Сканер реального СТМ "GPI-300". Примеры атомарного разрешения на металлах и полупроводниках в СТМ "GPI-300".	0	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Методы сканирующей зондовой микроскопии.	0	15	0
9 - 12	Тема 3. Различные режимы работы СТМ. Сканирующая туннельная спектроскопия (СТС). СТМ литография. Цифровое и аппаратное дифференцирование (с помощью синхронного детектора) $I=f(U_{tun})$ Параметры спектроскопии на СТМ "GPI-300". Криогенные СТМ.	Всего аудиторных часов		
		0	7	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 15	Тема 4. Атомно-силовой микроскоп (АСМ). Принципиальная схема АСМ. Детекторы отклонения кантилевера АСМ. Сила взаимодействия зонда с образцом. Контактная и бесконтактная мода и другие режимы работы АСМ. Регистрация латеральной силы. Кантилеверы для АСМ. Пространственное разрешение СТМ. Спектроскопия в АСМ. Различные примеры АСМ изображений. Примеры реальных АСМ. Сравнение АСМ и СТМ.	Всего аудиторных часов		
		0	8	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
1 - 2	Тема 1 Общее понятие методов диагностики. Зондирующие пучки и частицы. Переизлученные образцом частицы. Необходимость проведения диагностики и анализа микро и наноструктур в контролируемых условиях сверхвысокого вакуума

3 - 4	<p>Тема 2</p> <p>Основные понятия техники сверхвысокого вакуума. Основы понятия молекулярно-кинетической теории газа. Адсорбция газа на поверхности твердого тела и ее роль в вакуумной технике. Уравнение течения газа. Режимы течения газа. Основное уравнение вакуумной техники. Материалы СВВ камер и изделий.</p>
5 - 6	<p>Тема 3</p> <p>Классификация и типы насосов. Важнейшие характеристики насосов. Некоторые типичные виды насосов, часто используемых в настоящее время. Принципы работы некоторых видов современных вакуумметров. Принципы построения СВВ камер для создания и анализа микро и наноструктур.</p>
7 - 8	<p>Тема 4</p> <p>Масс-спектрометрия и основные виды масс-спектрометров. Принципы работы магнитного, времяпролетного, квадрупольного и монополярного масс-спектрометров. Приборы для регистрации электронов, ионов и фотонов - ВЭУ и ФЭУ. Интерпретация масс-спектрометров с учетом относительной интенсивности линий чистых газов. Общие представления о методах течеискания. Электронная пушка. Источник ионов. Ионная пушка и основы электростатической электронной оптики. Принцип и техника масс-спектрометрии вторичных ионов. Послойный анализ микро и наносистем.</p>
9 - 10	<p>Тема 5</p> <p>Оже электронная спектроскопия (ЭОС). Схема оже-процесса в терминах атомных уровней энергии. Типы анализаторов электронов: «цилиндрическое зеркало», полусферический, 127°-ный секторный цилиндрический. Глубина и площадь анализа при оже-спектроскопии. Универсальная кривая длины пробега электронов от энергии в материалах. Блок-схема электронного оже-спектрометра. Изменение чувствительности ОЭС сигнала в зависимости от химического элемента. Виды оже-спектров и количественное определение состава образца на основании оже-спектроскопии. Типичные параметры, возможности и разрешение оже электронной спектроскопии.</p> <p>Сканирующий ОЭС анализатор в комбинации с ионной пушкой. Послойный оже-анализ. Аппаратная реализация оже-спектроскопии в СВВ установке на примере спектрометра “ОРС-200” и “ОРС-103” фирмы “RIBER” (Франция). Преимущества электронной оже-спектроскопии.</p>
11 - 13	<p>Тема 6.</p> <p>Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ). Аналогия с оптическим микроскопом и Де Бройлевская длина волны электрона. Виток с током и магнитная электронная оптика. Принципиальная схема получения изображения в ПЭМ. Система виброизоляции. Пространственное разрешение ПЭМ. Накальные и холодные эмиттеры электронов в ПЭМ. Требования к образцам ПЭМ и держатели образцов. Специальные методы подготовки образцов для ПЭМ. Взаимодействие высокоэнергетичных электронов с образцом в ПЭМ. Особенности работы на реальном ПЭМ. Пример ПЭМ изображений. Режим электронографии – дифракции электронов высокой энергии в ПЭМ.</p>
14 - 16	<p>Тема 7</p> <p>Растровый электронный микроскоп (РЭМ). Блок-схема и увеличение в РЭМ. Особенности образцов для РЭМ исследований. Типы сигналов, регистрируемых в РЭМ: вторичные электроны, обратно рассеянные электроны (оже-спектроскопия), ток образца, характеристическое рентгеновское излучение, катодоллюминесценция, прошедшие через образец электроны. Разрешение в РЭМ. Карты распределения элементов на образце. Эффекты затенения при наклонном падении пучка. Сравнение особенностей ПЭМ и СЭМ.</p>
	4 Семестр

1 - 4	<p>Тема 1. Фотозлектронная спектроскопия с угловым разрешением (ФЭСУР). Законы сохранения и диаграмма электронных уровней энергии. Блок-схема эксперимента по фотозлектронной спектроскопии с угловым разрешением. Аппаратная реализация спектроскопии на примере спектрометра SES200 фирмы “Scienta” (Швеция). Понятие о поверхностных состояниях электронов. Примеры дисперсионных зависимостей энергии поверхностных электронов от волнового вектора $E(k)$ на поверхности меди Cu(111), полученных методом ФЭСУР. Сравнение методов анализа: ФЭСУР и ЭОС.</p>
5 - 8	<p>Тема 2. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) и сканирующая туннельная спектроскопия (СТС). Принципиальная схема СТМ. Энергетическая диаграмма туннельного контакта иглы и образца Природа туннельного тока и его простейшая формула. Пространственное разрешение СТМ. Чувствительность туннельного тока к локальной плотности электронов образца. Схема сканера и виброизоляция СТМ. Пьезокерамическая трубка - универсальный сканирующий элемент. Обратная связь для стабилизации туннельного тока. Влияние формы иглы на получаемое СТМ изображение. Иглы для СТМ. Сканер реального СТМ “GPI-300”. Примеры атомарного разрешения на металлах и полупроводниках в СТМ “GPI-300”.</p>
9 - 12	<p>Тема 3. Различные режимы работы СТМ. Сканирующая туннельная спектроскопия (СТС). СТМ литография. Цифровое и аппаратное дифференцирование (с помощью синхронного детектора) $I=f(U_{tun})$ Параметры спектроскопии на СТМ “GPI-300”. Криогенные СТМ.</p>
13 - 15	<p>Тема 4. Атомно-силовой микроскоп (АСМ). Принципиальная схема АСМ. Детекторы отклонения кантилевера АСМ. Сила взаимодействия зонда с образцом. Контактная и бесконтактная мода и другие режимы работы АСМ. Регистрация латеральной силы. Кантилеверы для АСМ. Пространственное разрешение СТМ. Спектроскопия в АСМ. Различные примеры АСМ изображений. Примеры реальных АСМ. Сравнение АСМ и СТМ.</p>

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Основной вид учебной работы – лекционно-практический. Отдельное внимание уделяется аудиторной консультативной деятельности в ходе лекционного процесса в виде диалога: дополнительные вопросы студентов – пояснение лекционного материала преподавателем. Также преподаватель сам задает вопросы студентам, чтобы проверить усвоение материала и вовлечь студентов в обсуждение изучаемой темы. При необходимости преподаватель дает дополнительное пояснение материала.

Детализация описаний сложных биологических, химических, физических процессов и систем проводится с использованием наглядных графических материалов: таблиц, диаграмм, иллюстраций, презентаций.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-5.1	З-ПК-5.1	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
	У-ПК-5.1	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
	В-ПК-5.1	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
ПК-5.5	З-ПК-5.5	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
	У-ПК-5.5	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
	В-ПК-5.5	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
УК-1	З-УК-1	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
	У-УК-1	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
	В-УК-1	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
УК-2	З-УК-2	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
	У-УК-2	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1
	В-УК-2	Э, КСт-7, Т-15, КСт-5, Т-11	ЗО, КСт-8, Т-15, КСт-1

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89			B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64		F	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.38 Л25 Квантовая электроника : курс лекций, Ларкин А.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
2. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Троян В.И. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Троян В.И. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Курс "Методы диагностики и анализа микро- и наносистем" рассчитан на один семестр, преподается в 3-м и 4-м семестрах магистратуры и разделен на три раздела:

1. Общее понятие методов диагностики и роль сверхвысокого вакуума; способы получения и контроля вакуума
2. Электронная оже-спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, просвечивающая и растровая электронная микроскопия
3. Методы сканирующей зондовой микроскопии

Промежуточный контроль реализуется по итогам обсуждения заявленных тем на Круглом столе.

По завершении каждого семестра студентам будет предложено пройти Обязательный Текущий Контроль (ОТК), проводимый в виде теста.

По результатам ответов на вопросы теста студентам начисляются баллы.

Тестовые задания приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Методы диагностики и анализа микро- и наносистем»

На решение тестовых заданий студенту отводится 10 минут.

Если студент не набирает 50% баллов по результатам теста, то задание считается незасчитанным и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе.

Таким образом, к экзамену студент может максимально набрать 50 баллов.

Экзамен/зачет проводится в виде ответов на вопросы экзаменационного билета. Максимальное время подготовки ответа - 50 минут.

Экзаменационные вопросы и билеты приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Методы диагностики и анализа микро- и наносистем»

По результатам экзамена студент может получить максимально 50 баллов.

Баллы, полученные за экзамен суммируются с баллами, полученными по результатам Обязательного Текущего Контроля.

Итого, максимальное количество баллов, которые может получить студент по данной дисциплине составляет 100.

Итоговая оценка промежуточного контроля по дисциплине определяется на основании набранных баллов по следующей таблице:

Отлично (А) - 90-100 баллов

Хорошо (D, C, B) - 70-89 баллов
Удовлетворительно (E, D) - 60-69 баллов
Неудовлетворительно (F) - менее 60 баллов

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Курс "Методы диагностики и анализа микро- и наносистем" рассчитан на один семестр, преподается в 3-м и 4-м семестрах магистратуры и разделен на три раздела:

1. Общее понятие методов диагностики и роль сверхвысокого вакуума; способы получения и контроля вакуума
2. Электронная оже-спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, просвечивающая и растровая электронная микроскопия
3. Методы сканирующей зондовой микроскопии

Промежуточный контроль реализуется по итогам обсуждения заявленных тем на Круглом столе.

По завершении каждого семестра студентам будет предложено пройти Обязательный Текущий Контроль (ОТК), проводимый в виде теста.

По результатам ответов на вопросы теста студентам начисляются баллы.

Тестовые задания приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Методы диагностики и анализа микро- и наносистем»

На решение тестовых заданий студенту отводится 10 минут.

Если студент не набирает 50% баллов по результатам теста, то задание считается незасчитанным и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе.

Таким образом, к экзамену студент может максимально набрать 50 баллов.

Экзамен/зачет проводится в виде ответов на вопросы экзаменационного билета. Максимальное время подготовки ответа - 50 минут.

Экзаменационные вопросы и билеты приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Методы диагностики и анализа микро- и наносистем»

По результатам экзамена студент может получить максимально 50 баллов.

Баллы, полученные за экзамен суммируются с баллами, полученными по результатам Обязательного Текущего Контроля.

Итого, максимальное количество баллов, которые может получить студент по данной дисциплине составляет 100.

Итоговая оценка промежуточного контроля по дисциплине определяется на основании набранных баллов по следующей таблице:

Отлично (A) - 90-100 баллов
Хорошо (D, C, B) - 70-89 баллов

Удовлетворительно (E, D) - 60-69 баллов
Неудовлетворительно (F) - менее 60 баллов

Автор(ы):

Юров Владимир Юрьевич, д.ф.-м.н.