

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО КНИТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР
Бурмистров А.В.

(подпись)

« 02 » 04 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Электронная микроскопия

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия
(шифр) (наименование)

Профиль подготовки Органические и неорганические наноматериалы

Квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет Институт нефти, химии и нанотехнологий,
факультет наноматериалов и нанотехнологий

Кафедра-разработчик рабочей программы Плазмохимических и нанотехнологий
высокомолекулярных материалов

Курс; семестр 4; 7

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	36	1
Практические занятия	18	0,5
Лабораторные занятия		
Контроль самостоятельной работы		
Самостоятельная работа	54	1,5
Форма аттестации: зачет		
Всего	108	3

Казань, 2019 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 923 от 19.09.2017) по направлению 28.03.02 «Наноинженерия» для профиля подготовки «Органические и неорганические наноматериалы», на основании учебного плана набора обучающихся 2019 г. Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:

Зав. кафедрой ПНТБМ



Э.Ф. Вознесенский

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПНТБМ, протокол № 15 от 02.07.2019 г.

Зав. кафедрой ПНТБМ



Э.Ф. Вознесенский

УТВЕРЖДЕНО

Начальник УМЦ



Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Электронная микроскопия» является ознакомление с физическими принципами методов электронной микроскопии, с областями применения методов электронной микроскопии, с основными видами оборудования для электронной микроскопии.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электронная микроскопия» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательного процесса, и формирует у бакалавров по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» по профилю подготовки «Органические и неорганические наноматериалы» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Электронная микроскопия» бакалавр по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Математика
- б) Физика
- в) Материаловедение наноматериалов и наносистем
- г) Введение в наноинженерию

Дисциплина «Электронная микроскопия» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) Композиционные наноматериалы
- б) Наноструктурные волокнистые высокомолекулярные материалы
- в) Нанометрология

Знания, умения, навыки и компетенции, полученные при освоении дисциплины «Электронная микроскопия», могут быть использованы при прохождении преддипломной практики и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия».

3. Компетенции и индикаторы достижения компетенций обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ПК-8 Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции наноиндустрии

ПК-8.1 Знает принципы работы с инструментами и лабораторным оборудованием для исследования образцов инновационной продукции наноиндустрии; требования, предъявляемые к качеству опытных образцов наноструктурированных материалов; методические и нормативные материалы в области производства инновационной продукции наноиндустрии

ПК-8.2 Умеет применять различные методы оценки структуры и свойств наноструктурированных материалов; обрабатывать, анализировать и систематизировать результаты лабораторных испытаний

ПК-8.3 Владеет навыками подготовки образцов наноструктурированных материалов и инструментов к проведению лабораторных исследований; исследования качества инновационной продукции наноиндустрии; составления отчетов по результатам исследований на соответствие установленным требованиям в техническом задании

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать:

- а) физические принципы РЭМ, ПЭМ, ПРЭМ микроскопии, СХПЭЭ и ЭДРА спектроскопии;
- б) области применения методов Электронной микроскопии и спектроскопии;
- в) конструкцию приборов для электронной микроскопии.
- 2) Уметь:
- а) Выбирать методы электронно-микроскопических исследований исходя из физико-химических свойств и строения объектов;
- б) Обрабатывать и анализировать данные электронно-микроскопических методов исследований
- 3) Владеть:
- а) Физическими принципами электронной микроскопии
- б) Навыками анализа и обработки РЭМ, ПЭМ, СХПЭЭ, ЭДРА-данных
- в) Навыками применения микроскопического и спектроскопического оборудования

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекция	Практические занятия	КСР	СРС	
1	Растровая электронная микроскопия	7	9	4,5		11	Контрольная работа, доклад, отчет по практической работе
2	Просвечивающая электронная микроскопия	7	8	4,5		11	Контрольная работа, доклад, отчет по практической работе
3	Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов	7	7	4,5		11	Контрольная работа, доклад, отчет по практической работе
4	Рентгеновская энергодисперсионная спектроскопия	7	7	4,5		11	Контрольная работа, доклад, отчет по практической работе
5	Аналитические приставки для электронных микроскопов	7	5	-		10	Контрольная работа, доклад, отчет по практической работе
			36	18		54	
Форма аттестации							Зачет

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций и используемых инновационных образовательных технологий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенций
1	Растровая электронная микро-	1	1 Растровая электронная микроскопия	Визуализация вторичных электронов	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3

	скопия		(РЭМ, СЭМ, SEM) 1.1. Особенности визуализации сигналов в РЭМ	Визуализация электронов обратного рассеяния	
		1	1.2. Особенности метода растровой электронной микроскопии	Фокусировка электронного луча. Разрешение РЭМ. Сферическая аберрация. Хроматическая аберрация. Астигматизм линз. Конфигурации РЭМ по расположению образца	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		1	1.3. Составные части растровых электронных микроскопов	Электронная пушка. Линзовая система. Детекторы вторичных сигналов в РЭМ. Сцинтилляционный детектор. Полупроводниковый детектор. Детектор излучения катодолюминесценции. Регистрация рентгеновского излучения	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		1	1.4. Формирование контраста в РЭМ	Контраст, определяемый атомным составом мишени. Топографический контраст. Контраст каналирования электронов. Магнитный контраст. Потенциальный (вольтовый) контраст.	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		2	1.5. Методы обработки видеосигнала в РЭМ	Обращение контраста. Дифференциальное усиление. Нелинейное усиление (гамма-режим обработки). Дифференцирование сигнала. Y-модуляция	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		2	1.6. Методы пробоподготовки в РЭМ	Подготовка поверхности. Напыление покрытия. Метод реплик	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		1	1.7. Специальные методы растровой электронной микроскопии	Сканирующая электронная микроскопия в нормальных условиях	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
2	Просвечивающая электронная микроскопия	1	2. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) 2.1 Основы метода ПЭМ	Принципы и области применения метода ПЭМ	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		1	2.2 Взаимодействие между электронами и материалом в ПЭМ	Рассеяние электронов. Поперечное сечение рассеяния. Средняя длина свободного пробега. Дифракция электронов	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		1	2.3. Составные части просвечивающих электронных микроскопов	Электронная пушка. Пушка с термоэлектронной эмиссией. Пушка с полевой эмиссией. Холодноэмиссионная полевая электронная пушка. Термополевая электронная пушка. Высоковольтный генератор и ускоритель. Линзовая система осветителя и дефлектор. Держатели образцов. Формирующая линзовая система. Объективная линза. Система увеличивающих линз. Система регистрации изображений.	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		2	2.4. Виды контраста в ПЭМ	Контраст уплотнений. Дифракционный контраст. Кон-	ПК-8.1, ПК-8.2,

				траст контуров изгиба. Контраст вариаций толщины образца. Контраст дефектов кристалла. Фазовый контраст: съемка решеток	ПК-8.3
		2	2.5. Методы пробоподготовки в аналитической просвечивающей электронной микроскопии	Метод дробления. Электрополировка. Химическое травление. Ультрамикротомия. Ионное травление. Метод ионного травления фокусированным ионным пучком. Вакуумное напыление	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		1	2.6. Специальные методы просвечивающей электронной микроскопии.	Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия (СПЭМ)	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
3	Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов	2	3. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов (СХПЭЭ) 3.1. Спектрометры СХПЭЭ	Дисперсия электронов по энергии. Оптика спектрометра. Последовательное и параллельное детектирование спектра	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		2	3.2. Особенности анализа методом СХПЭЭ	Ускоряющее напряжение. Приемный угол спектрометра. Режимы анализа. Пределы обнаружения при анализе методом СХПЭЭ	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		2	3.3. Анализ спектров СХПЭЭ	Сопоставление теоретических и экспериментальных спектров. Оценка толщины образца по спектрам СХПЭЭ	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		1	3.4. Методы энергетической фильтрации электронов	Энергетический фильтр Кастена-Генри. Энергетический фильтр омега-типа. Энергетический фильтр секторного типа. Энергетический фильтр гамма-типа. Энергетическая фильтрация и получение спектральных изображений. Элементное картирование в СХПЭЭ. Спектральное изображение	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
4	Рентгеновская энергодисперсионная спектроскопия	3	4. Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (ЭДРА, ЭДС, EDS, EDX, EDSX) 4.1. Эмиссия характеристического рентгеновского излучения	Принципы и области применения метода ЭДРА, отличие от метода СХПЭЭ	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		2	4.2. Рентгеновские детекторы и принцип их действия	Детектор с бериллиевым окном. Детекторы с ультратонким окном. Детектирование рентгеновского излучения	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
		2	4.3. Анализ элементного состава образцов методом ЭДРА	Картирование элементного состава. Предел обнаружения энергодисперсионного рентгеновского спектрометра. Количественный анализ. Метод ALCHEMI	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
5	Аналитические	5	5. Приставки к электронным	Электронная дифракция.	ПК-8.1, ПК-8.2,

	приставки для электронных микроскопов		тронным микроскопам для различных аналитических методов	Электронная дифракция в нанопучке. Электронная дифракция в сходящемся пучке. Лоренцева микроскопия. Электронная голография. Анализ доменной структуры	ПК-8.3
--	---------------------------------------	--	---	---	--------

6. Содержание практических занятий

Целью проведения практических занятий по дисциплине «Электронная микроскопия» является освоение практических навыков работы с результатами растровой и электронной микроскопии, спектроскопии СХПЭЭ и ЭДРА.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема семинара, практического занятия, лабораторного практикума	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенций
1	Растровая электронная микроскопия	4,5	Практика работы с результатами РЭМ микроскопии	Анализ РЭМ изображений. Определение размеров объектов. Идентификация объектов. Измерения по изображению. Составление описаний (разбор конкретных ситуаций, результаты работы студенческих исследовательских групп).	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
2	Просвечивающая электронная микроскопия	4,5	Практика работы с результатами ПЭМ микроскопии	Анализ ПЭМ изображений. Определение размеров объектов. Идентификация объектов. Измерения по изображению. Составление описаний (разбор конкретных ситуаций, результаты работы студенческих исследовательских групп).	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
3	Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов	4,5	Практика работы с результатами СХПЭЭ спектроскопии	Анализ СХПЭЭ спектров. Определение элементного состава образца. Составление описаний (разбор конкретных ситуаций, результаты работы студенческих исследовательских групп).	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
4	Рентгеновская энергодисперсионная спектроскопия	4,5	Практика работы с результатами ЭДРА спектроскопии	Анализ ЭДРА спектров. Определение элементного состава образца. Составление описаний (разбор конкретных ситуаций, результаты работы студенческих исследовательских групп).	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3

7. *Содержание лабораторных занятий*

Учебным планом по программе бакалавров 28.03.02 «Наноинженерия» проведение лабораторных занятий по дисциплине «Электронная микроскопия» не предусмотрено.

8. *Самостоятельная работа бакалавра*

Задания и темы, выносимые на самостоятельную работу бакалавра, а также трудоемкость в часах, форма СРС и контроля указаны в таблице

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенций
1	Основные мировые производители РЭМ-техники	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
2	Модели РЭМ-приборов фирмы Carl Zeiss NTS GmbH (Германия)	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
3	Модели РЭМ-приборов фирмы FEI Company (США)	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
4	Модели РЭМ-приборов фирмы Hitachi (Япония)	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
5	Модели РЭМ-приборов фирмы JEOL (Япония)	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
6	Модели РЭМ-приборов фирмы Tescan (Чехия)	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
7	Основные мировые производители средств пробоподготовки для РЭМ	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
8	Известные модели РЭМ-приборов, работающие при атмосферном давлении	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
9	Основные мировые производители ПЭМ-техники	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
10	Модели ПЭМ-приборов фирмы Carl Zeiss NTS GmbH (Германия)	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
11	Модели ПЭМ-приборов фирмы JEOL (Япония)	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
12	Основные мировые производители средств пробоподготовки для ПЭМ	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
13	Известные модели РЭМ и ПЭМ-приборов, оснащенных спектрометрами СХПЭЭ	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
14	Конструкции и основные производители энергетических фильтров для СХПЭЭ спектрометров	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
15	Известные модели РЭМ и ПЭМ-приборов, оснащенных спектрометрами ЭДРА	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
16	Рентгенофлуоресцентный анализ	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3
17	Электронно-зондовый микроанализ	2,5	Написание и защита	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3

			реферата	
18	Оже-спектроскопия	2,5	Написание и защита реферата	ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3

8.1 Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КРС	Индикаторы достижения компетенций

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Электронная микроскопия» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в положении о рейтинговой системе КНИТУ.

Преподавание дисциплины осуществляется при очной форме обучения в 7 семестре и заканчивается зачетом.

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Контрольная работа	12	30	50
Реферат	1	10	20
Творческое задание	1	20	30
Итого:		60	100

Пересчет рейтинга в шкалу оценки: $0 \leq R < 60$ - не зачтено, $60 \leq R \leq 100$ – зачтено.

10. Оценочные средства для определения результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

11.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Электронная микроскопия» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Кол-во экз.
Вознесенский, Э.Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии/ Э.Ф.Вознесенский, И.Ш.Абдуллин; Ф.С. Шарифуллин.- Казань: 2014.- 182, [2] с. ISBN: 978-5-7882-1545-7.	70 экз. в УНИЦ КНИТУ
Цирельсон, В. Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. Г. Цирельсон. — 2-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 496 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). ISBN 978-5-9963-1098-2	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/view/book/3150/page1/ Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
Каплан, И.Г. Межмолекулярные взаимодействия. Физическая картина, методы расчета и модельные потенциалы [Электронный ресурс] / И. Г. Каплан ; пер. с англ. — Эл. изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знания, 2012.—394 с. : ил. ISBN 978-5-9963-1385-3	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/view/book/8690/page1/ Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Часть 1/ФилимоноваН.И., КольцовБ.Б. - Новосиb.: НГТУ, 2013. - 134 с.: ISBN 978-5-7782-2158-1	ЭБС «Znaniy.com» http://znaniy.com/bookread2.php?book=546601 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
Лыгина, Т.З. Физико-химические и адсорбционные методы исследования неорганических природных минеральных сорбентов учебное пособие / Т.З.Лыгина, О.А.Михайлова. - Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2009. - 80 с.	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/view/book/13348/page1/ Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
Физико-химические методы исследования: Учебник для бакалавров / В. И. Криштафович, Д. В. Криштафович, Н. В. Еремеева. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2015. — 208 с. ISBN 978-5-394-02417-7	ЭБС «КнигаФонд» http://www.knigafund.ru/books/174215/read Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

11.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
Поленов, Ю.В. Физико-химические основы нанотехнологий: руководство к практическим занятиям / Ю.В.Поленов, Е.В.Егорова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2009.- 68 с.	ЭБС «Лань» https://e.lanbook.com/reader/book/4510/#1 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

гий: руководство к практическим занятиям / Ю.В.Поленов, Е.В.Егорова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2009.- 68 с.	https://e.lanbook.com/reader/book/4510/#1 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
Шабатина, Т. И. Нанохимия и наноматериалы : учеб. пособие/Т. И. Шабатина, А.М. Голубев. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 63, [1]с. :ил. ISBN 978-5-7038-3965-2	ЭБС «Лань» https://e.lanbook.com/reader/book/58569/#1 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

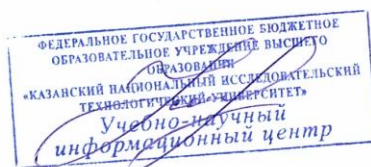
11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины Б1.В.ДВ.10.01 Электронная микроскопия используются электронные источники информации:

1. ЭБС «Лань» – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>
2. ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/>
3. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ - Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



11.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – доступ свободный <http://docs.cntd.ru/>
2. Сайт Science Direct <https://www.sciencedirect.com>

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине «Электронная микроскопия» оснащены оборудованием: конфокальный лазерный сканирующий микроскоп, растровый электронный микроскоп.

Технические средства обучения: проектор, экран, ноутбук, принтер, Wi-Fi роутер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ.

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины: Справочная система нормативно-технической информации «Техэксперт» (Договор с Пользователем ИСС №165-Д-6831/17 от 28.12.2017), Справочная правовая система «Консультант Плюс» (Договор №17/2028/Б от 28.04.2017), Автоматизированная библиотечно-информационная система (АБИС) «Руслан» (Договор №01-12/2017 от 18.12.2017), Офисные и деловые программы ABBYY FineReader 9.0 проф от 19.11.2008 № AF90-3S1V01-102, MS Office 2007 Professional Russian от 16.10.2008 лицензия № 44684779

13. Образовательные технологии

В ходе изучения дисциплины «Электронная микроскопия» используются следующие образовательные технологии:

- ✓ Модульно – рейтинговая технология с укрупнением блоков теоретического материала;
- ✓ Диалоговые технологии (устные опросы, опрос «вопрос-ответ»);
- ✓ Компьютерные технологии (Защита реферата с презентацией).

Учебным планом направления подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» по дисциплине «Электронная микроскопия» предусмотрено проведение занятий в интерактивной форме в количестве 9 часов.

В процессе проведения практических занятий используются: мастер-класс специалистов (9 часов).