МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Шифр	Наименование дисциплины
Б1.В.ДВ.8.3.	Методы и приборы для исследований наноматериалов и наночастиц

Код направления подготовки	08.03.01
Направление подготовки	Строительство
Наименование ОПОП профиль	Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций
Год начала подготовки	2015
Уровень образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная

Разработчики:

должность	ученая степень, звание	подпись	ФИО
доцент	к.т.н.		Соловьев В.Г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры: Технологии вяжущих веществ и бетонов

должность	подпись	ученая степень и звание, ФИО
Зав. кафедрой		Д.т.н., профессор, Баженов Ю.М.

год обновления	2015			
Номер протокола	№ 1			
Дата заседания кафедры ТВВиБ	27.08.15г.			

Рабочая программа утверждена и согласована:

Подразделение / комиссия	Должность	ФИО	подпись	Дата
Методическая комиссия	председатель	Александрова О.В.		
НТБ				
ЦОСП				

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Методы и приборы для исследований наноматериалов и наночастиц» является формирование у студентов полного и ясного представление о современных методах и приборах для исследований наночастиц и наноматериалов, физических принципах и теоретических основах работы данных приборов, а также навыков экспериментальной работы с современной инструментальной техникой и оборудованием для исследования наночастиц и наноматериалов.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
Владение методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированных проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам	ПК-14	**Знает** научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта в области исследований наноматериалов и наночастиц; физические принципы и теоретические основы работы приборов для исследования наночастиц и наноматериалов, порядок и методы поставки и проведения экспериментальных исследований по заданным методикам, нормативные требования к оформлению отчетов по выполненным работам, порядок, содержание и структуру отчетов по выполненным лабораторным и исследовательским работам.	З1
		Умеет интерпретировать и анализировать полученную информацию в ходе выполнения лабораторных и исследовательских работ, составлять отчет по выполненным работам, соответствующий поставленной цели работы	У1
		Имеет навыки работы на современном лабораторном оборудовании для исследования наночастиц и наноматеиалов, позволяющие решать поставленные задачи и получать запланированные результаты.	Н1

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы и приборы для исследований наноматериалов и наночастиц» относится к вариативной части блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций», является дисциплиной по выбору и обеспечивает логическую взаимосвязь с дисциплинами «Строительные материалы», «Процессы и аппараты в технологии строительных материалов», «Вяжущие вещества».

Для освоения данной дисциплины используются знания и умения, приобретенные при изучении таких дисциплин как, «Строительные материалы», «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Процессы и аппараты технологии строительных материалов, «Вяжущие вещества», «Основы нанотехнологий».

Требования к входным знаниям, умениям и владениям студента
Студент должен:

знать:

- теоретические основы существующих методов исследования;
- правила, порядок отбора и подготовки проб для проведения исследований различными методами;
- порядок выполнения и нормативные требования к проведению исследований строительных материалов различными методами;
- математические методы оценки достоверности и точности получаемых результатов.

уметь:

- выбирать методы исследования для определения характеристик строительных материалов, исходя из поставленной перед ним задачи;
- выбирать аппаратуру и методику исследования, при использовании которой обеспечиваются минимальные погрешности получаемых результатов;
- проводить исследования строительных материалов на различной аппаратуре и интерпретировать полученные результаты в соответствии с существующими методиками и требованиями нормативных документов;
- оценить достоверность и точность полученных результатов.

владеть:

- методами исследования строительных материалов;
- методиками аналитической обработки полученных результатов исследования.

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад. часов.

Структура дисциплины:

Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				Контактная работа с обучающимися					Самостоятельная работа	
				Лекции	Практико-ориентированные занятия			КСР		
					Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КП/КР			
1.	Введение.	6	1	1						
2.	Сканирующие элементы зондовых микроскопов	6	2	1					4	
3.	Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия	6	3-4	1	8				4	*Защита лабораторных работ*
4.	Атомно-силовая мик-	6	5-6	2	8				4	*Защита лабора-*

	роскопия									*торных работ*
5.	Магнитная силовая микроскопия	6	7	1					4	
6.	Электрические методики сканирующей зондовой микроскопии	6	8	1					3	*Контрольная работа №1*
7.	Оптические методики сканирующей зондовой микроскопии	6	9	1					3	
8.	Сканирующая зондовая литография	6	10-11	1	8				3	*Защита лабораторных работ*
9.	Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).	6	12	1					3	
10.	Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения (ВРПЭМ).	6	13	1					4	
11.	Растровая электронная микроскопия (РЭМ).	6	14	1					3	
12.	Рентгеновский фазовый и структурный анализ.	6	15	2	8				3	*Защита лабораторных работ*
13.	Сорбционный метод исследования.	6	16	2					2	*Контрольная работа №2*
	Итого		16	16	32				40	*Дифференцированный зачет*

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Содержание лекционных занятий

5.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1.	Введение.	Основные понятия и определения: нанонаука, нанотехнология, наноматериалы, нано¬инженерия, наноструктурированные материалы. Классификация нанообъектов по величине пространственной размерности. Общие закономерности поведения нанообъектов.	1
2.	Сканирующие элементы зондовых микроскопов	История развития сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Общие устройство и принципы работы СЗМ: зондовые датчики, сканирующие элементы, типы взаимодействий, роль обратной связи. Классификация методов СЗМ. Обзор русскоязычной учебно-научной литературы по СЗМ. Типы сканеров, применяемых в СЗМ, основные свойства пьезокерамических материалов, лежащие в основе их изготовления. Устройство триподных, трубчатых, биморфных и гибридных сканеров. Устройства для грубого подвода и перемещения зонда относительно исследуемой поверхности: редукторы перемещений, шаговые электро- и пьезодвигатели.	1

3.	Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия	Физические основы работы сканирующей туннельной микроскопии (СТМ). Функция состояния системы, уравнение Шредингера. Туннельный эффект. Туннельный эффект в квазиклассическом приближении. Зонная структура металлов, энергетическое распределение электронов в металле. Туннельный ток в системах металл-диэлектрик-металл и металл-диэлектрик-полупроводник. Устройство и принцип работы СТМ: туннельный сенсор, требования и методы изготовления туннельных зондов, режимы постоянного тока и постоянной высоты. Ограничения СТМ.	1
4.	Атомно-силовая микроскопия	*Зондовые датчики для атомно-силовой микроскопии.* Основные типы кантилеверов – зондовых датчиков, используемых в атомно-силовой микроскопии (АСМ). Технология изготовления кантилеверов. Потенциал взаимодействия зонда с образцом, зависимость силы взаимодействия от расстояния между зондом и образцом. Режимы работы АСМ: контактная АСМ, бесконтактная и полуконтактная АСМ. *Контактная атомно-силовая микроскопия.* Устройство и принцип работы СЗМ в контактном режиме АСМ, оптический силовойсенсор. Режимы постоянной высоты и постоянной силы, назначение и принципы работы обратной связи. Предельное разрешение в контактном режиме. Недостатки контактной АСМ. Исследование механических свойств материалов с помощью контактной АСМ. Микроскопия сил трения: регистрация латеральных силы взаимодействия зонда и образца, вклады топографии и неоднородности коэффициента трения. Качественная интерпретация результатов микроскопии сил трения. *Бесконтактная и полуконтактная методики атомно-силовой микроскопии* Теория колебаний кантилевера: свободные и вынужденные, линейные и нелинейные колебания кантилевера, моды колебаний. Зависимость амплитуды и фазы вынужденных колебаний кантилевера от расстояния между зондом и образцом. Бесконтактный режим колебаний кантилевера. Полуконтактный режим колебаний кантилевера. Устройство и принцип работы СЗМ в бесконтактном и полуконтактном режимах АСМ. Методы введения обратной связи для контроля расстояния между зондом и образцом.	2
5.	Магнитная силовая микроскопия	Исследование магнитных свойств материалов методом магнитной силовой микроскопии (МСМ): принцип работы СЗМ в режиме МСМ, требования к зондовым датчикам, особенности взаимодействия зонда с магнитным полем образца, проблема топографических артефактов и качество получаемых изображений. Возможные варианты реализации двухпроходных магнитных методик.	1

		Примеры исследования магнитных наночастиц методом МСМ.	
6.	Электрические методики сканирующей зондовой микроскопии	*Контактные электрические методики сканирующей зондовой микроскопии* Исследование электрических свойств материалов с помощью СЗМ. Зондовые датчики для электрических методик измерения. Электромеханическое взаимодействие между кантилевером и образцом в контактном режиме. Сканирующая микроскопия сопротивления растекания. Контактная сканирующая емкостная микроскопия. Силовая микроскопия пьезоэлектрического отклика. Сканирующая микроскопия нелинейной диэлектрической проницаемости. *Двухпроходные электрические методики сканирующей зондовой микроскопии* Реализация электрических двухпроходных методик СЗМ в бесконтактном и полуконтактном режимах. Особенности вынужденных колебаний кантилевера при электростатическом взаимодействии зонда с поверхностью при приложении постоянного и переменного электрического напряжения между зондом и образцом. Электрическая силовая микроскопия. Микроскопия поверхностного потенциала (метод зонда Кельвина). Сканирующая емкостная микроскопия.	1
7.	Оптические методики сканирующей зондовой микроскопии	*Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия* Преимущества методов оптической микроскопии при исследовании материалов. Дифракционный предел пространственного разрешения классической оптической микроскопии. Идея конфокальной оптической микроскопии, повышение пространственного разрешения. Устройство и принцип работы сканирующего лазерного конфокального микроскопа, трехмерное сканирование, горизонтальное и вертикальное разрешение методики в сравнении с классической оптической микроскопией. *Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия* Области ближнего и дальнего поля при прохождении света через субволновую диафрагму, преодоление оптического дифракционного предела, идея сканирующего ближнепольного оптического микроскопа. Устройство, принцип действия, типы используемых зондов и основные режимы работы сканирующего ближнепольного оптического микроскопа. Методика регистрации резонанса поперечных сил для контроля расстояния между зондом и поверхностью, реализация системы обратной связи и регистрации топографии поверхности	1
8.	Сканирующая зондовая литография	Физические основы зондовой литографии в различных режимах СЗМ: СТМ литография, АСМ силовая литография, анодно-окислительная литография, локальное переключение поляризации в сегнетоэлек-	1

		триках, литография с помощью зонда сканирующего ближнепольного оптического микроскопа, наноманипуляции отдельными атомами и молекулами.	
9.	Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).	Основы теории просвечивающей электронной микроскопии. Механизмы формирования контраста. Введение в теорию контраста. Устройство и принцип действия просвечивающего электронного микроскопа. Формирование изображения в просвечивающем электронном микроскопе Геометрия дифракционной картины. Закон Брэгга и обратная решетка. Структурная амплитуда.	1
10.	Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения (ВРПЭМ).	ПЭМ высокого разрешения (ВРПЭМ). Контраст кристаллической решетки. ВРПЭМ в многопучковой геометрии (on-axis). Элементы теории изображения. Функция передачи. Устройство и принцип действия просвечивающих электронных микроскопов высокого разрешения. Контраст муара (moirépatterns). Трансляционный и ротационный муар. Примеры использования контраста муара.	1
11.	Растровая электронная микроскопия (РЭМ).	Физические основы растровой электронной микроскопии. Устройство и принцип работы растрового электронного микроскопа. Взаимодействие электронного пучка с образцом. Неупругое рассеяние и поглощение энергии. Возбуждение рентгеновского излучения. Создание изображения характеристическим рентгеном. Создание изображения отраженными электронами. Вторичные электроны. Факторы, влияющие на вторичную эмиссию. Контраст изображения.	1
12.	Рентгеновский фазовый и структурный анализ.	Спектры испускания рентгеновских лучей. Тормозное излучение и характеристических спектр. Поглощение ренгеновских лучей веществом. Рассеивание рентгеновских лучей. Эффект Комптона. Фотоэффект. Дифракция рентгеновских лучей. Уравнение Вульфа-Брэггов. Качественный фазовый анализ. Использование картотеки JCPDS. Ручной качественный фазовый анализ. Анализ с использованием указателя Ханавальта. Анализ с использованием указателя Финка. Количественный рентгеновский анализ. Метод внутреннего стандарта. Метод внешнего стандарта. Погрешности метода РФА. Элементы кристаллографии. Группы симметрии. Решётки Бравэ. Элементы симметрии. Индексы плоскостей. Индицирование рентгенограммы. Программы McMaille и Celref. Генерация рентгеновского излучения.	2
13.	Сорбционный метод исследования.	Физическая адсорбция. Основные понятия и определения. Адсорбция как самопроизвольныйпроцесс, приводящий к различию в концентрациях компонентов вповерхностном слое и в фазе. Адсорбция в границе раздела твердое тело–газ. Определение удельной поверхности твердых тел. Удельная поверхность твердого тела (Sуд). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной	2

		структуры. Связь величины Sуд с емкостью монослоя. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эммета, Теллера (БЭТ). Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ. Анализ изотерм адсорбции. Стандартные изотермы адсорбции. Критерии выбора стандартных изотерм. Анализ изотерм адсорбции с помощью *t*-графиков: кривые зависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки. Расчет величины удельной поверхности по *t*-графикам.	
			16

5.1.2 Очно-заочная форма обучения – не предусмотрена.
5.1.3 Заочная форма обучения – не предусмотрена.

5.2. Лабораторный практикум
5.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание лабораторной работы	Кол-во акад. часов
1	Полуконтактная атомно-силовая микроскопия	Определение основных параметров датчика силового взаимодействия прибора NanoEducator и параметров СЗМ эксперимента. Получение топографии поверхности и фазового контраста исследуемого образца.	8
2	Сканирующая туннельная микроскопия	Изучение принципов работы датчика туннельного тока в приборе NanoEducator и измерение его основных параметров. Получение топографии поверхности исследуемого образца в режиме постоянного туннельного тока.	8
3	Силовая нанолитография	Знакомство с силовой нанолитографией. Получение практических навыков выполнения динамической силовой литографии.	8
4	Рентгеновский фазовый и структурный анализ	Знакомство с методами рентгенофазового анализа. Методика и порядок расшифровки термограмм и дифрактограмм.	8
			32

5.3 Перечень практических занятий

Практические занятия учебным планом не предусмотрены

5.3. Групповые консультации по курсовым работам/курсовым проектам
– не предусмотрены.

5.4. Самостоятельная работа
5.4.1. Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Сканирующие элемен-	Защита СЗМ от механических вибраций. Пас-	4

	ты зондовых микроскопов	сивные и активные виброизолирующие системы. Защита от акустических шумов. Стабилизация термодрейфа положения зонда над поверхностью.	
2	Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия	Реализация атомарного разрешения в сканирующем туннельном микроскопе. «Наблюдаемые» физические величины в СТМ. Измерение характеристики ток-расстояние и локальной работы выхода. СТМ спектроскопия: измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта и распределения плотности электронных состояний. Примеры использования СТМ для исследования наноматериалов.	4
3	Атомно-силовая микроскопия	Особенности силового взаимодействия кантилеверов с поверхностью: упругие взаимодействия (задача Герца), капиллярные силы, сила Ван-дер-Ваальса, адгезионные силы, электростатическое и магнитное взаимодействие. Закон Гука и отклонения кантилевера под действием вертикальной (нормальной), продольной и поперечной сил. Тензор обратной жесткости кантилевера. Эффективная масса и собственная частота механических колебаний кантилевера. Модуляционные методики на базе контактной АСМ. Микроскопия модуляции силы и атомно-силовая акустическая микроскопия: измерение пространственного распределения микротвердости, упругих констант, адгезионных свойств. Метод отображения фазы. Преимущества бесконтактной и полуконтактной АСМ. Стратегия выбора оптимальных параметров колебаний кантилевера и режима сканирования при исследовании различного типа объектов.	4
4	Магнитная силовая микроскопия	Квазистатические методики МСМ. Колебательные методики МСМ.	4
5	Электрические методики сканирующей зондовой микроскопии	Факторы, определяющие пространственное разрешение, достижимое в контактных электрических методиках СЗМ. Примеры СЗМ исследований кинетики нанодоменов в сегнетоэлектриках.Особенности подбора параметров измерения на первом и втором проходах сканирования в различных методиках. Факторы, определяющие пространственное разрешение, достижимое в двухпроходных электрических методиках СЗМ.	3
6	Оптические методики сканирующей зондовой микроскопии	Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия комбинационного рассеяния: физические основы, техническая реализация и аналитические возможности. Безапертурная сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Эффект гигантского усиления сигнала комбинационного рассеяния вблизи острия проводящего	3

		зонда.	
7	Сканирующая зондовая литография	Векторная и растровая зондовая литографии. Примеры нанолитографии в различных средах с использованием СЗМ.	3
8	Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).	Практические основы ПЭМ. Индицирование электронограмм. Изображение и дифракция от сверхрешётки. Дифракционная картина. Фазовый контраст.	3
9	Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения (ВРПЭМ).	Френелевский контраст. Контраст стенок доменов. Лоренцевская просвечивающая электронная микроскопия. Абсорбционный контраст.	4
10	Растровая электронная микроскопия (РЭМ).	Альтернативные способы создания изображения – катодолюминисценция, наведенный ток. Подготовка образцов для исследования в РЭМ. Напыление покрытия. Фрактография. Стереоскопическое изображение. Измерение параллакса.	3
11	Рентгеновский фазовый и структурный анализ	Понятие микрорентгеноспектрального анализа (или рентгеновского микроанализа). Спектрометрия с волновой дисперсией. Устройство рентгеновского спектрометра с волновой дисперсией. Спектрометрия с энергетической дисперсией. Устройство рентгеновского спектрометра с энергетической дисперсией.	3
12	Сорбционный метод исследования.	Влияние микро- и мезопористости на форму *t*-графиков. Оценка распределения пор по размерам. Оценка микропористости образца по адсорбционным данным. Практические рекомендации по использованию адсорбции газов для определения удельной поверхности и распределения пор по размерам.	2
			40

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Курс включает в себя лекционные и лабораторные занятия. В процессе освоения дисциплины предусмотрена также самостоятельная работа студента, которая направлена на изучение теоретического материала, а также выполнение заданий, поставленных перед студентами на лабораторных занятиях.

Для полного освоения дисциплины студентам необходимо выполнить следующие действия:

1. Посетить курс вводных лекций, на которых будут раскрыты основные темы изучаемой дисциплины, даны рекомендации по самостоятельной подготовке, справочные материалы для изучения, а также индивидуальные задания к лабораторным занятиям. При прослушивании лекции курса, рекомендуется составить краткий конспект лекций.

2. Самостоятельно подготовиться к проведению каждого лабораторного занятия в требуемом объеме: изучить необходимый теоретический материал, порядок действий и методики, осваиваемые на лабораторных занятиях. Для более полного усвоения материала

рекомендуется составить краткий конспект лекций при изучении теоретического материала в рамках самостоятельной работы.

3. На лабораторных занятиях: освоить в ходе выполнения лабораторных работ методы исследования наночастиц и наноматериалов, освоить работу с современным испытательным оборудованием.

4. Выполнить, оформить и защитить индивидуальные задания, выполненные в ходе лабораторных работ.

5. Ответить на поставленные вопросы и решить поставленные задачи в рамках двух промежуточных контрольных работ.

В самостоятельной работе используются учебные материалы, указанные в разделе 8.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции по ФГОС	Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)*												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПК-14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций

Код компетенции по ФГОС	Показатели освоения (Код показателя освоения)	Форма оценивания				Обеспеченность оценивания компетенции
		Текущий контроль			Промежуточная аттестация	
		Контрольная работа №1	Контрольная работа №2	Защита лабораторных работ	Дифференцированный зачет	
1	2	3	4	6	7	8
ПК-14	З1	+	+	+	+	+
	У1			+	+	+
	Н1			+		+
ИТОГО		+	+	+	+	+

7.2.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме дифференцированного зачета

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
З1	Обучающийся не	Обучающийся имеет	Теоретическое содер-	Обучающийся глубоко и

	знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки	знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала	жание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос	прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал из литературы
У1	Обучающийся с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы	Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности	Обучающийся правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	Обучающийся свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, правильно обосновывает принятое решение

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

7.3.1. Текущий контроль

В течение семестра проводятся контрольные работы, на которых осуществляется текущий контроль освоения дисциплины.

Примерные вопросы к контрольным работам:

1. Классификация нанообъектов по величине пространственной размерности.
2. Классификация методов сканирующей зондовой микроскопии.
3. Общее устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.
4. Физические основы и ограничения сканирующей туннельной микроскопии.
5. Устройство и принцип работы сканирующего туннельного микроскопа.
6. Методики измерений, основанные на сканирующей туннельной микроскопии.
7. Физические основы реализации атомно-силовой микроскопии.
8. Устройство и принцип работы сканирующего зондового микроскопа.
9. Устройство и принцип работы сканирующего зондового микроскопа в бесконтактном и полуконтактном режимах атомно-силовой микроскопии.
10. Основы магнитной силовой микроскопии.
11. Преимущества методов оптической микроскопии по сравнению с другими типами микроскопии.
12. Лазерная конфокальная микроскопия.
13. Основы работы сканирующего ближнепольного оптического микроскопа.
14. Физические основы литографии.
15. Обработка результатов сканирующей зондовой микроскопии.
16. Рентгеновское излучение.
17. Рентгенофазовый анализ.
18. Методика расшифровка дифрактограм.
19. Дифференциально-термический анализ.
20. Методики расшифровки термограм.
21. Взаимодействия электронов с веществом.
22. Традиционная сканирующая электронная микроскопия.
23. Низковакуумная сканирующая электронная микроскопия.

24.Сканирующая электронная микроскопия в режиме естественной среды.
25.Сканирующая электронная микроскопия в режиме наведённого тока.
26.Высоковакуумная сканирующая электронная микроскопия.
27.Оже-электронная спектроскопия.
28.Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия.
29.Возможность сканирующей просвечивающей электронной микроскопии.
30. Теория БЭТ.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в ФГБОУ ВО НИУ МГСУ. Промежуточная аттестация проводится в виде дифференцированного зачета

Вопросы к дифференцированному зачету:

1. Основные понятия и определения: нанонаука, нанотехнология, наноматериалы, наноинженерия, наноструктурированные материалы. Общие закономерности поведения нанообъектов.
2. Сравнительные характеристики различных микроскопических методов (оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия).
3. Общее устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов: зондовые датчики, сканирующие элементы, типы взаимодействия, роль обратной связи.
4. Основные типы сканирующих элементов и механизмов подвода и перемещения зонда относительно поверхности образца. Методы защиты сканирующих зондовых микроскопов от механических вибраций, акустического воздействия и термических дрейфов.
5. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии. Туннельный эффект в квази-классическом приближении. Туннельный ток в системах металл-диэлектрик-металл и металл-диэлектрик-полупроводник. Ограничения сканирующей туннельной микроскопии.
6. Устройство и принцип работы сканирующего туннельного микроскопа. Режимы постоянного тока и постоянной высоты, реализация атомарного разрешения, методы изготовления зондов.
7. Сканирующая туннельная спектроскопия и другие методики измерений, основанные на сканирующей туннельной микроскопии: измерение локальной работы выхода и распределения плотности электронных состояний, измерение кривых подвода и оценка качества зондов.
8. Кантилеверы – зондовые датчики для атомно-силовой микроскопии: основные типы, технология изготовления, геометрические и механические свойства.
9. Потенциал взаимодействия зонда с образцом в атомно-силовой микроскопии. Зависимость силы взаимодействия от расстояния между зондом и образцом – контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы атомно-силовой микроскопии.
10. Особенности силового взаимодействия зонда с поверхностью – основные типы взаимодействия. Динамика кантилевера под действием нормальных, продольных и поперечных сил. Основные типы взаимодействия зонда с поверхностью.
11. Устройство и принцип работы сканирующего зондового микроскопа в режиме контактной атомно-силовой микроскопии. Режимы постоянной высоты и постоянной силы, реализация атомарного разрешения. Ограничения методики контактной атомно-силовой микроскопии.
12. Исследование механических свойств материалов с помощью контактной атомно-силовой микроскопии. Микроскопия сил трения. Микроскопия модуляции силы. Атомно-силовая акустическая микроскопия.

13. Теория механических колебаний кантилевера. Зависимость амплитуды и фазы вынужденных колебаний кантилевера от расстояния между зондом и образцом. Бесконтактный и полуконтактный режимы колебаний кантилевера.
14. Устройство и принцип работы сканирующего зондового микроскопа в бесконтактном и полуконтактном режимах атомно-силовой микроскопии. Метод отображения фазы. Преимущества и недостатки бесконтактной и полуконтактной методик по сравнению с контактной атомно-силовой микроскопией.
15. Параметры, влияющие на качество и пространственное разрешение изображений, получаемых с помощью сканирующей зондовой микроскопии, источники искажений и артефактов. Искажения, обусловленные несовершенством сканирующих элементов, и методы их компенсации. Влияние формы зондов на качество изображений, эффект конволюции.
16. Исследование магнитных свойств материалов методом магнитной силовой микроскопии. Особенности взаимодействия зонда, имеющего магнитное покрытие, с магнитным полем образца, проблема топографических артефактов и качество получаемых изображений.
17. Реализация двухпроходных магнитных методик. Квазистатические и колебательные методики магнитной силовой микроскопии.
18. Исследование электрических свойств материалов с помощью сканирующей зондовой микроскопии. Зондовые датчики для электрических методик измерения. Электромеханическое взаимодействие между кантилевером и образцом в контактном режиме. Факторы, определяющие пространственное разрешение, достижимое в контактных электрических методиках.
19. Контактные электрические методики сканирующей зондовой микроскопии: сканирующая микроскопия сопротивления растекания и контактная сканирующая емкостная микроскопия. Основные принципы реализации, измеряемые величины, примеры использования.
20. Контактные электрические методики сканирующей зондовой микроскопии: силовая микроскопия пьезоэлектрического отклика и сканирующая микроскопия нелинейной диэлектрической проницаемости. Основные принципы реализации, измеряемые величины, примерыиспользования.
21. Реализация электрических двухпроходных методик сканирующей зондовой микроскопии в бесконтактном и полуконтактном режимах. Особенности вынужденных колебаний кантилевера при электростатическом взаимодействии зонда с поверхностью при приложении постоянного и переменного электрического напряжения между зондом и образцом. Электрическая силовая микроскопия.
22. Микроскопия поверхностного потенциала (метод зонда Кельвина). Сканирующая емкостная микроскопия. Основные принципы реализации, измеряемые величины, примеры использования.
23. Преимущества методов оптической микроскопии по сравнению с другими типами микроскопии. Дифракционный предел пространственного разрешения классической оптической микроскопии. Идея конфокальной оптической микроскопии, повышение пространственного разрешения.
24. Принцип действия и реализация сканирующей лазерной конфокальной микроскопии, трехмерное сканирование, горизонтальное и вертикальное разрешение методики в сравнении с классической оптической микроскопией.
25. Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия комбинационного рассеяния: физические основы, техническая реализация и аналитические возможности.
26. Области ближнего и дальнего поля при прохождении света через субволновую диафрагму, преодоление оптического дифракционного предела, идея сканирующего ближнепольного оптического микроскопа.

27. Устройство, принцип действия, типы используемых зондов и основные режимы работы сканирующего ближнепольного оптического микроскопа.
28. Безапертурная сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Эффект гигантского усиления сигнала комбинационного рассеяния вблизи острия проводящего зонда.
29. Физические основы литографии в различных режимах сканирующей зондовой микроскопии. Векторная и растровая зондовая литографии.
30. Обработка результатов сканирующей зондовой микроскопии. Основные типы данных, получаемых при измерениях с помощью сканирующей зондовой микроскопии и варианты их представления. Методы коррекции изображений на примере обработки результатов измерения топографии поверхности.
31. Количественный анализ изображений сканирующей зондовой микроскопии. Использование преобразования Фурье и функции автокорреляции для определения геометрических характеристик периодических и квазирегулярных структур. Проведение статистического анализа изображений: определение шероховатости, статистика зерен, фрактальный анализ.
32. Взаимодействия электронов с веществом. Область взаимодействия электронов: влияние атомного номера, зависимость от энергии пучка, зависимость от угла наклона. Длина пробега электронов.
33. Отраженные электроны: влияние атомного номера, зависимость от энергии пучка, зависимость от угла наклона, угловое распределение, распределение по энергиям, пространственное распределение, глубина выхода.
34. Вторичные электроны: влияние параметров пучка и образца.
35. Рентгеновское излучение. Непрерывное рентгеновское излучение. Характеристическое рентгеновское излучение.
36. Оже-электроны и катодолюминесценция.
37. Термоэлектронная и автоэлектронная эмиссия.
38. Устройство сканирующего электронного микроскопа.
39. Электромагнитные линзы. Хроматические аберрации. Сферические аберрации. Астигматизм.
40. Механизмы и природа формирования контрастов в СЭМ. Интерпретация изображений.
41. Изображения в СЭМ. Влияние ускоряющего напряжения. Влияние размера апертуры. Влияние рабочего расстояния. Влияние наклона образца.
42. Детекторы сигналов в СЭМ. Характеристики и их влияние на формирование изображений.
43. Традиционная сканирующая электронная микроскопия.
44. Низковакуумная сканирующая электронная микроскопия.
45. Сканирующая электронная микроскопия в режиме естественной среды.
46. Сканирующая электронная микроскопия в режиме наведённого тока.
47. Высоковакуумная сканирующая электронная микроскопия.
48. Оже-электронная спектроскопия.
49. Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия.
50. Возможность сканирующей просвечивающей электронной микроскопии.
51. Основные преимущества СЭМ перед другимиметодами микроскопии.
52. Основные недостатки СЭМ.
53. Возможности СЭМ для получения наноструктур.
54. Использование СЭМ для исследования наноструктур.
55. Использование СЭМ для исследования наноструктуры материалов.
56. Возможности СЭМ дляи сследование кинетики процессов.
57. Почему необходимо учитывать преломление рентгеновских лучей при малоугловом рассеянии?

58. Как рассчитать период сверхрешетки?
59. Интерпретация метода МУР при помощи построения Эвальда.
60. С чем связано преимущество исследования нулевого узла обратной решетки?
61. Объяснить необходимость монохроматизации первичного пучка.
62. Приближение Гинье.
63. Особенности ультрадисперсных (наноразмерных) систем. Роль поверхности в таких системах.
64. Адсорбция в границе раздела твердое тело – газ. Особенности процесса. Методы определения количества адсорбированного вещества.
65. Принципы весового и объемного методов определения количества адсорбированного (сорбированного) вещества. Единицы измерения количества адсорбированного газа или пара на твердойповерхности.
66. Изотермы, изобары, изостеры, изопикны адсорбции. Виды графических зависимостей.
67. Типы изотерм адсорбции по классификации С. Брунауэра, Л.Деминга, У. Деминга.
68. Адсорбционные силы. Специфическая и неспецифическая адсорбция. Типы адсорбентов и адсорбатов по классификации Киселева.
69. Реальные твердые тела. Энергетическая и геометрическая неоднородность твердой поверхности.
70. Внешняя и внутренняя поверхности твердого тела. Пористые и непористые тела с большой удельной поверхностью
71. Удельная поверхность твердого тела (Syд). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры. Связь величины Syд с емкостью монослоя.
72. .Теория мономолекулярной адсорбции Лангмюра. Предпосылки теории. Вывод уравнения адсорбции. Линейная форма уравнения Лангмюра. Определение констант уравнения. Расчет величины удельной поверхности из адсорбционных данных с помощью уравнения Лангмюра.
73. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Возможности и недостатки теории.
74. Теория БЭТ. Уравнение БЭТ в линейной форме. Определение удельной поверхности твердого тела методом БЭТ.
75. Определение величины удельной поверхности методом БЭТ. Требования к адсорбатам.
76. Определение величины удельной поверхности методом БЭТ Проверка надежности определения емкости монослоя по ур.БЭТ.
77. Условия, применения метода БЭТ для определения величины удельной поверхности твердых тел.
78. Метод определения величины удельной поверхности по одной точке на изотерме адсорбции.
79. Использование стандартных изотерм адсорбции для анализа адсорбционных данных. Критерии выбора стандартных изотерм.
80. Анализ изотерм адсорбции с помощью *t*-графиков: кривые зависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки. Расчет величины удельной поверхности по *t*-графикам. Влияние микро-имезопористости на форму *t*-графиков.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в ФГБОУ ВО НИУ МГСУ.

- Аттестационные испытания проводятся преподавателем (или комиссией преподавателей – в случае модульной дисциплины), ведущим лекционные занятия по данной дисциплине, или преподавателями, ведущими практические и лабораторные занятия (кроме устного экзамена). Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре (структурному подразделению).
- Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, имеющие нарушения опорно-двигательного аппарата, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.
- Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя справочной и нормативной литературой, калькуляторами.
- Время подготовки ответа при сдаче зачета/экзамена в устной форме должно составлять не менее 40 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.
- При подготовке к устному экзамену экзаменуемый, как правило, ведет записи в листе устного ответа, который затем (по окончании экзамена) сдается экзаменатору.
- При проведении устного экзамена экзаменационный билет выбирает сам экзаменуемый в случайном порядке.
- Экзаменатору предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях.
- Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц	Количество экземпляров печатных изданий	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину
1	2	3	4	5
Основная литература:				
		ЭБС АСВ		
	Методы и приборы для исследований наноматериалов и наночастиц	Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс]: лабораторный практикум по нанотехнологиям. Учебное пособие/ Е.Д. Мишина [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 185 с.—	Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/24139.— ЭБС «IPRbooks»	

		Каныгина О.Н. Физические методы исследования веществ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Каныгина О.Н., Четверикова А.Г., Бердинский В.Л.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 141 с.—	Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33663.— ЭБС «IPRbooks»	
		Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий [Электронный ресурс]: методы и применение/ — Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 606 с.—	Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/24329.— ЭБС «IPRbooks».	
Дополнительная литература:				
		НТБ МГСУ		
	Методы и приборы для исследований наноматериалов и наночастиц	Методы исследования материалов: Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий [Text] / Л. И. Тушинский [и др.]. - М. : Мир, 2004. - 384 с. : ил. - ISBN 5-03-003572-9.	2	10
		Испытание и исследование строительных материалов [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. В. Юдина ; Ижевский гос. техн. ун-т. - Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2005. - 234 с. : ил. - Библиогр.: с. 231 (19 назв.). - ISBN 5-7526-0247-5	2	10
		Наноматериалы [Текст] : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - 2-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, [2012]. - 365 с. : ил., табл. - (Нанотехнологии). - Библиогр.: с. 363 (12 назв.). - ISBN 978-5-9963-0345-8	30	10
	Методы и приборы для исследований наноматериалов и наночастиц	Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы [Текст] : монография / Р. А. Андриевский. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 252 с. : ил., табл. - (Нанотехнологии). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-9963-0622-0	30	10
		ЭБС АСВ		

		Кларк Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов [Электронный ресурс]: монография/ Кларк Э.Р., Эберхард К.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2007.— 376 с.—	Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/ 12728.— ЭБС «IPRbooks»	
		Рыжонков Д.И. Наноматериалы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.— 365 с.—	Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/ 4593.— ЭБС «IPRbooks»	
		Метрологическое обеспечение нанотехнологий и продукции наноиндустрии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ О.Д. Анашина [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2011.— 591 с.—	Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/ 33401.— ЭБС «IPRbooks»	

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	http://www.edu.ru/index.php
Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/defaultx.asp?
Электронная библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Федеральная университетская компьютерная сеть России	http://www.runnet.ru/
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	http://www.vestnikmgsu.ru/
Научно-техническая библиотека МГСУ	http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/
раздел «Кафедры» на официальном сайте МГСУ	http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Организация деятельности обучающегося

1. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения, помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.

2. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.

3. Изучение научной, учебной, нормативной и другой литературы.

4. Определение вопросов, терминов, материала, который вызывает трудности, поме-

тить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

5. Уделить внимание следующим основным понятиям (наночастицы, наноматериалы, физические основы метода исследования, взаимодействие веществ и частиц, структура материалов) и др.
6. Просмотр рекомендуемой литературы.
7. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.
8. При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема	Информационные технологии	Степень обеспеченности (%)
1	Введение.	Основные понятия и определения: нанонаука, нанотехнология, наноматериалы, нано¬инженерия, наноструктурированные материалы. Классификация нанообъектов по величине пространственной размерности. Общие закономерности поведения нанообъектов.	Слайд презентации	**100**
2	Сканирующие элементы зондовых микроскопов	История развития сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Общие устройство и принципы работы СЗМ: зондовые датчики, сканирующие элементы, типы взаимодействий, роль обратной связи. Классификация методов СЗМ. Обзор русскоязычной учебно-научной литературы по СЗМ. Типы сканеров, применяемых в СЗМ, основные свойства пьезокерамических материалов, лежащие в основе их изготовления.	Слайд презентации	**100**
3	Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия	Физические основы работы сканирующей туннельной микроскопии (СТМ). Функция состояния системы, уравнение Шредингера. Туннельный эффект. Туннельный эффект в квазиклассическом приближении. Зонная структура металлов, энергетическое распределение электронов в металле. Туннельный ток в системах металл-диэлектрик-металл и металл-	Слайд презентации	**100**

		диэлектрик-полупроводник. Устройство и принцип работы СТМ.		
4	Атомно-силовая микроскопия	*Зондовые датчики для атомно-силовой микроскопии.* Основные типы кантилеверов – зондовых датчиков, используемых в атомно-силовой микроскопии (АСМ). Режимы работы АСМ: контактная АСМ, бесконтактная и полуконтактная АСМ. *Контактная атомно-силовая микроскопия.* Устройство и принцип работы СЗМ в контактном режиме АСМ, оптический силовойсенсор. *Бесконтактная и полуконтактная методики атомно-силовой микроскопии* Теория колебаний кантилевера: свободные и вынужденные, линейные и нелинейные колебания кантилевера, моды колебаний. Устройство и принцип работы СЗМ в бесконтактном и полуконтактном режимах АСМ.	Слайд презентации	**100**
5	Магнитная силовая микроскопия	Исследование магнитных свойств материалов методом магнитной силовой микроскопии (МСМ): принцип работы СЗМ в режиме МСМ, требования к зондовым датчикам, особенности взаимодействия зонда с магнитным полем образца, проблема топографических артефактов и качество получаемых изображений. Примеры исследования магнитных наночастиц методом МСМ.	Слайд презентации	**100**
6	Электрические методики сканирующей зондовой микроскопии	*Контактные электрические методики сканирующей зондовой микроскопии* Исследование электрических свойств материалов с помощью СЗМ. Зондовые датчики для электрических методик измерения. Электромеханическое взаимодействие между кантилевером и образцом в контактном режиме. *Двухпроходные электрические методики сканирующей зондовой микроскопии* Реализация электрических двухпроходных методик СЗМ в бесконтактном и полуконтактном режимах. Микроскопия поверхностного потенциала (метод зонда Кельвина).	Слайд презентации	**100**

		Сканирующая емкостная микроскопия.		
7	Оптические методики сканирующей зондовой микроскопии	*Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия* Преимущества методов оптической микроскопии при исследовании материалов. Дифракционный предел пространственного разрешения классической оптической микроскопии. *Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия* Области ближнего и дальнего поля при прохождении света через субволновую диафрагму, преодоление оптического дифракционного предела, идея сканирующего ближнепольного оптического микроскопа. Устройство, принцип действия, типы используемых зондов и основные режимы работы сканирующего ближнепольного оптического микроскопа.	Слайд презентации	**100**
8	Сканирующая зондовая литография	Физические основы зондовой литографии в различных режимах СЗМ: СТМ литография, АСМ силовая литография, анодно-окислительная литография, локальное переключение поляризации в сегнетоэлектриках, литография с помощью зонда сканирующего ближнепольного оптического микроскопа, наноманипуляции отдельными атомами и молекулами.	Слайд презентации	**100**
9	Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).	Основы теории просвечивающей электронной микроскопии. Механизмы формирования контраста. Введение в теорию контраста. Устройство и принцип действия просвечивающего электронного микроскопа. Формирование изображения в просвечивающем электронном микроскопе Геометрия дифракционной картины. Закон Брэгга и обратная решетка. Структурная амплитуда.	Слайд презентации	**100**
10	Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения (ВРПЭМ).	ПЭМ высокого разрешения (ВРПЭМ). Контраст кристаллической решетки. ВРПЭМ в многопучковой геометрии (on-axis). Элементы теории изображения. Функция передачи. Устройство и принцип действия просвечивающих электронных микроскопов	Слайд презентации	**100**

		высокого разрешения. Контраст муара (moirépatterns). Трансляционный и ротационный муар. Примеры использования контраста муара.		
11	Растровая электронная микроскопия (РЭМ).	Физические основы растровой электронной микроскопии. Устройство и принцип работы растрового электронного микроскопа. Взаимодействие электронного пучка с образцом. Неупругое рассеяние и поглощение энергии. Возбуждение рентгеновского излучения. Создание изображения характеристическим рентгеном.	Слайд презентации	**100**
12	Рентгеновский фазовый и структурный анализ.	Спектры испускания рентгеновских лучей. Тормозное излучение и характеристических спектр. Поглощение ренгеновских лучей веществом. Рассеивание рентгеновских лучей. Эффект Комптона. Фотоэффект. Дифракция рентгеновских лучей. Уравнение Вульфа-Брэггов. Качественный фазовый анализ. Использование картотеки JCPDS. Ручной качественный фазовый анализ. Анализ с использованием указателя Ханавальта. Анализ с использованием указателя Финка. Количественный рентгеновский анализ. Метод внутреннего стандарта. Метод внешнего стандарта. Погрешности метода РФА. Элементы кристаллографии. Группы симметрии.	Слайд презентации	**100**
13	Сорбционный метод исследования.	Физическая адсорбция. Основные понятия и определения. Адсорбция как самопроизвольныйпроцесс, приводящий к различию в концентрациях компонентов вповерхностном слое и в фазе. Адсорбция в границе раздела твердое тело–газ. Определение удельной поверхности твердых тел. Удельная поверхность твердого тела (Sуд). Соотношения между удельной поверхностью и размером частиц твердых тел разной структуры. Связь величины Sуд с емкостью монослоя. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эмметта, Теллера (БЭТ). Уравнение БЭТ в линейной форме. Приложение уравнения к экспериментальным данным. Определение удельной поверхности твердого	Слайд презентации	**100**

		тела методом БЭТ. Анализ изотерм адсорбции. Стандартные изотермы адсорбции. Критерии выбора стандартных изотерм. Анализ изотерм адсорбции с помощью *t*-графиков: кривые зависимости величины адсорбции от толщины адсорбционной пленки. Расчет величины удельной поверхности по *t*-графикам.		

11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

Не используется

11.3. Перечень информационных справочных систем

Информационно-библиотечные системы

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	http://www.edu.ru/index.php
Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/defaultx.asp?
Электронная библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Федеральная университетская компьютерная сеть России	http://www.runnet.ru/
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	http://www.vestnikmgsu.ru/
Научно-техническая библиотека МГСУ	http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/
раздел «Кафедры» на официальном сайте МГСУ	http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):

Учебные занятия по дисциплине «Методы и приборы для исследований наноматериалов и наночастиц» проводятся в следующих оборудованных учебных кабинетах, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением:

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование оборудования	№ и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий
1	2	3	4

1	Лекционные занятия	Стационарные/мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории/аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда 129337, г, Москва, Ярославское шоссе, д. 26
2	Лабораторные занятия	Класс с учебными сканирующими зондовыми микроскопами NanoEducator	КМК 101, НОЦ НТ МГСУ
		Комплект оборудования для формования испытания образцов бетонов, включающий: Влагомер МГ4У универсальный , Измеритель прочности строительных материалов ИПМ-1Э (3...100 МПа) электронный, Прибор НПР-1, Термометр цифровой универсальный ТЦ-1У, Прибор Вика ОГЦ-1 , Сосуд для отмучивания щебня и гравия, Сосуд для отмучивания песка, Устройство ОВС, Форма цилиндрическая 150х150 мм (ФЦ150), Форма для бетонных образцов 150х150х150 одногнездная (ФК150), Форма куба для бетонных и растворных образцов 70,7х70,7х70,7 трехгнездная (3ФК70,7) Автоматическая сервогидравлическая система 50-С8422 МСС8 Климатическая камера WK3-190/70 Прибор для определения морозостойкости бетона БЕТОН-ФРОСТ Ультразвуковой прибор (дефектоскоп) ПУЛЬСАР-1.2 Прибор для определения активности цемента ЦЕМЕНТ-ПРОГНОЗ Вакуумный измеритель проницаемости бетона ВИП-1 Шкаф нормального твердения образцов цементного раствора CURACEM Комплект оборудования для измерения усадки цементных образцов Controls Мельница вибрационная МВ-0,01 Мельница шаровая 40-МЛ	010 УЛК Учебная лаборатория «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

		Электронные весы GF - 2000 Двухдиапазонные электронные весы GP-32K Шлифовальная установка PSM.4 Камера универсальная пропарочная КУП-1 Комплект оборудования для формования и испытания образцов бетонов и растворов CONTROLS, включающий: Бетоносмеситель СК-ЦБ-10, Формы призмы 70*70*280 - 6 шт, Формы кубы 70*70*70 - 10 шт, Формы призмы100*100*400 - 6 шт AUTOMIX Автоматический программируемый растворосмеситель Встряхивающее устройство для уплотнения образцов призм цемента Встряхивающий стол 800х800 мм, Многокоординатный встряхиватель для сит Ø 300 мм, Набор сит Ø 300 мм Пресс для испытания строительных материалов П50 Измеритель содержания воздуха в растворах, объем 1 л., V-образная воронка для испытания СУБ, Устройство с L-образным ящиком для СУБ, Устройство с J-образным кольцом для СУБ, Прибор для определения расплыва СУБ	010 УЛК Учебная лаборатория «Технологии вяжущих веществ и бетонов».

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования с учетом рекомендаций и примерной основной образовательной программой высшего образования по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций».