

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета МГУ
имени М.В.Ломоносова



В.В. Белокуров

м.п.

« 28 » *ноября* 2024 г.



ПРОГРАММА

повышения квалификации

Сканирующая зондовая микроскопия

(заочная с применением ДОТ, 36 часов)

Москва
2024

1. Цель реализации программы

Обучающий курс «Сканирующая зондовая микроскопия» - это широкий набор оборудования, обучающих программ и презентаций для экспериментального изучения наноскопии, наиболее эффективный способ обучения нанотехнологиям.

Сканирующая зондовая микроскопия зарекомендовала себя как уникальный инструмент для решения задач в области физики, химии, биологии, материаловедения и микроэлектроники.

Сканирующий зондовый микроскоп (СЗМ) - многофункциональный прибор для анализа морфологии и свойств образцов с нанометровым разрешением. Наблюдения можно проводить в естественных для биологических объектов средах - на воздухе и в жидкостях. Высокое пространственное разрешение СЗМ позволяет подробно изучить структуру поверхности, увидеть с высоким качеством, недостижимом в других методах высокого разрешения – оптической и электронной микроскопии, детали молекулярной организации образцов. Методы сканирующей зондовой микроскопии успешно применяются не только для исследования биомакромолекул. С их помощью могут быть легко исследованы и более крупные биологические объекты, такие как вирусные частицы, отдельные бактериальные клетки и даже клетки различных тканей.

Слушатели курса:

- получают первоначальные знания нанотехнологии
- научатся работать со сканирующим зондовым микроскопом
- научатся работать в программном обеспечении FemtoСкан Онлайн

2. Формализованные результаты обучения

Слушатели приобретут следующие знания и умения:

- а) Получат основные навыки работы в ПО FemtoScan Online
- б) Освоят панель инструментов для управления микроскопом
- в) Узнают основные режимы работы микроскопа
- г) Научатся запускать процессов сканирования
- д) Освоят основные операции работы с изображениями:
 - цветовые шкалы
 - усреднение по строкам
 - выравнивание поверхности
 - применение различных фильтров
 - Фурье-спектр изображения
 - трехмерное представление поверхности
 - построение сечений и измерение высот объектов
 - функция нахождения объектов

Универсальные компетенции:

а) общенаучные:

способность анализировать и оценивать проблемы при решении социальных и профессиональных задач (М-ОНК-1);

способность демонстрировать углубленные знания в области естественных наук (М-ОНК-2);

б) инструментальные

способность использовать базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач, соблюдать основные требования информационной безопасности (М-ИК-2).

способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять своё научное мировоззрение (М-ИК-3).

3. Содержание программы

Учебный план программы повышения квалификации «Сканирующая зондовая микроскопия»

Категория слушателей (требования к слушателям) – обладающие высшим образованием и первоначальными навыками работы с научно-исследовательскими приборами в микроскопии

Нормативный срок освоения программы составляет: 36 часов, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы слушателей.

Форма обучения – заочная с применением дистанционных технологий.

№ п/п	Наименование разделов	Всего, час.	Дистанционно		самостоят. работа	Очно практич. и лаборат. занятия
			лекции	практич. и лаборат. занятия		
1	Введение. Теоретическая часть	5	5			
2	Практическая часть	21	4	8	4	5
3	Итоговая аттестация Зачет	10	10			

Учебно-тематический план программы повышения квалификации «Сканирующая зондовая микроскопия»

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего, час.	Дистанционно			Очно практич. занятия
			лекции	практич. и лаборат. занятия.	самостоят. работа	
1	2	3	4	5	6	
1	Теоретическая часть					
1.1	Введение. Принципиальная схема СЗМ. Система позиционирования. Зонд и система определения его состояния. Система обратной связи	1	1			
1.2	Сканирование поверхности: с использованием обратной связи, без использования обратной связи	1	1			

1.3	Общая методика измерений. Подготовка образца и микроскопа. Измерение поверхности и подстройка параметров Обработка результата и интерпретация полученных данных. Метрология и калибровочные меры	1	1			
1.4	ТЕРМИНОЛОГИЯ: кантилевер, зонд, держатель, головка, столик СЗМ ФЕМТОСКАН: общий вид, механическая часть, электронный блок, сканирующие головки, атомно-силовая, туннельная микроскопии	1	1			
1.5	ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ МИКРОСКОПА ПРИ РАБОТЕ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ - Атомно-силовая микроскопия - Резонансная атомно-силовая микроскопия - Сканирующая капиллярная микроскопия - Туннельная микроскопия	1	1			
2.	Практическая часть					
2.1	Измерения данных в ПО	6	1	2	1	2
	а. Клиентская программа FemtoScan Online б. Панель инструментов управления микроскопом с.. Окно параметров сканирования — основное рабочее окно д. Основные режимы работы микроскопа е. Запуск процессов сканирования ф. Основные операции работы с изображениями і. цветовые шкалы іі. усреднение по строкам ііі. выравнивание поверхности іv. применение различных фильтров					

	v. Фурье-спектр изображения vi. трехмерное представление поверхности vii. построение сечений и измерение высот объектов viii. функция нахождения объектов Измерения в режиме АСМ а. Подготовка образца б. Установка кантилевера в держатель с. Установка держателя в головку d. Настройка лазера i. На кантилевер по дифракции ii. На край (иглу) по отраженному пятну iii. На фотодиод по сигналу в окне фотодиода е. Установка образца на сканирующий столик f. Установка головки над образцом g. Начальные установки управляющих параметров h. Подвод к поверхности i. Снятие кривых зависимости силы от расстояния j. Выбор рабочей точки к. Сканирование поверхности l. Режим измерения латеральных сил m. Определение упругих свойств поверхности n. Обработка полученных изображений					
2.2	Исследование вирусов	5	1	2	1	1
	a. Вирусы растений как средство доставки для вакцины б. X вирус картофеля с. Вирус табачной мозаики и калибровочные эталоны d. Вирус мозаики альтернантеры					

	е. Характеризация вирусов по данным АСМ и ПЭМ f. вирус гриппа А g. вирус клещевого энцефалита					
2.3	Исследование бактерий и грибов	5	1	2	1	1
	а. Исследование влияния биоцидных веществ на бактерии и грибы <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Staphylococcus epidermidis</i>, <i>Neisseria flavescens</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, <i>Candida albicans</i>, <i>Aspergillus niger</i> <i>Fusarium gr.</i> <i>E.coli</i> и др. б. Определение параметров бактериальных клеток: характер адсорбции на подложке, количество частиц в поле зрения, определение средней и максимальной высоты, средней и среднеквадратичной шероховатости, геометрических размеров клеток в колонии и отдельно расположенных					
2.4	Исследование клеток	5	1	2	1	1
	а. Сканирующая капиллярная микроскопия в исследовании живых систем б. Эритроциты, эхиноциты, акантоциты по данным АСМ и СКМ с. Опухолевые клетки: исследование влияние цитотоксических веществ цисплатина и нокодазола на морфологию клеток д. Влияние ламина А на опухолевые клетки е. Стволовые клетки по данным СКМ					
	Зачет	10		10		
	ИТОГО	36	9	18	4	5

4. Материально-технические условия реализации программы

Для проведения занятий требуется следующее оборудование:

- Компьютерный класс с установленным ПО ФемтоСкан
- Файлы с тестовыми моделями, эскизами и т.д.
- Сканирующие зондовые микроскопы ФемтоСкан, 5 шт
- Расходные материалы для зондовой микроскопии – кантилеверы, подложки из графита и слюды

Для дистанционных занятий достаточно наличия у пользователей компьютера и ПО ФемтоСкан Онлайн. Доступ к ПО предоставляется в рамках занятий.

5. Учебно-методическое обеспечение программы

Для проведения занятий потребуются следующие методические материалы:

- А. В. Большакова, Е. В. Дубровин, А. Д. Протопопова, И.В. Яминский / Пять нобелевских уроков (практикум для старшеклассников по сканирующей зондовой микроскопии) / — Центр перспективных технологий Центр перспективных технологий, Москва, 2013. — С. 94.
- Яминский И. В., Багров Д. В. Основы атомно-силовой микроскопии. — НОУДПО "Институт АйТи" Москва, 2011. — С. 128. Учебно-методическое обеспечение для подготовки бакалавров по программам высшего профессионального образования направления подготовки "Нанотехнология" с профилем подготовки "Нанобиотехнологии".
- А. В. Большакова, Е. В. Дубровин, О. И. Киселева и др. / Пособие для практикума по сканирующей зондовой микроскопии — Центр перспективных технологий Москва, 2011. — С. 119.
- Дубровин Е. В., Мешков Г. Б., Яминский И. В. Сканирующая зондовая микроскопия: получение трехмерных изображений. Начальное знакомство с методом исследования поверхности материалов и нанообъектов. — МГУ им. М.В. Ломоносова МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009. — С. 26.
- И. В. Яминский, А. С. Филонов, О. И. Киселева и др. / Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров. — Научный мир Москва, 1997. — С. 88.

6. Требования к результатам обучения

В рамках образовательной программы будут предусмотрены короткие тесты и небольшие самостоятельные работы для регулярной проверки и закрепления навыков, полученных на занятиях. После полного освоения программы, слушатели будут выполнять личную проектную работу. За каждую работу преподаватель будет выставять оценки по пятибалльной системе.

Слушателям предлагается обработать изображения определенного образца и интерпретировать результаты с обоснованием полученных параметров.

Критерии оценки работы:

- способность идентифицировать объект сканирования,

- использование функционала программы для определения конкретных параметров изображения и образца,
- качество обработки изображения,
- способность интерпретировать полученные результаты.

Итоговая проектная работа оценивается следующим образом:

5 баллов – изображения обработаны и улучшены с помощью инструментария программного обеспечения, слушатель может рассказать, как производилось сканирование и интерпретировать полученные результаты

4 балла - изображения обработаны и улучшены с помощью инструментария программного обеспечения, допустимо, что использовались не все инструменты ПО для улучшения изображения, слушатель может интерпретировать полученные результаты

3 балла - произведена попытка обработать и улучшить изображения с помощью инструментария программного обеспечения, слушатель может прокомментировать полученные результаты

2 балла – произведена попытка обработать и улучшить изображения с помощью инструментария программного обеспечения, слушатель не может прокомментировать полученные результаты

7. Составители программы

Яминский Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, руководитель курса, сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ.

yaminsky@nanoscopy.ru

Ахметова Ассель Иосифовна, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ.

akhmetovaai@my.msu.ru