

**ПРОГРАММА**  
**курса внеурочной деятельности**  
**«Атомно-силовая**  
**микроскопия»**  
**10–11 классы**  
**32 часа**

## **I. Планируемые результаты освоения учебного курса**

### **Личностные:**

- формирование мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки;
- готовность и способность к самостоятельной ответственной деятельности;
- понимание сущности методов познания, используемых в естественных науках;
- умение делать обоснованные заключения на основе научных фактов и имеющихся данных с целью получения достоверных выводов;
- осознанный выбор будущей профессии и возможностей реализации собственных жизненных планов.

### **Метапредметные:**

- самостоятельно определять цели деятельности и составлять планы деятельности;
- самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность;
- использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности;
- формировать научный тип мышления, владеть научной терминологией, ключевыми понятиями и методами;
- выявлять закономерности и противоречия в рассматриваемых явлениях, формулировать выводы и заключения;
- выбирать успешные стратегии в различных ситуациях;
- применять навыки познавательной деятельности в повседневной жизни.

### **Предметные:**

- понимать возможности и ограничения работы с объектами нанометрового масштаба;
- осуществлять самостоятельный выбор подходящего режима сканирования и типа измерения в зависимости от типа образца;
- использовать различные методы подготовки наноразмерных образцов;
- обслуживать атомно-силовой микроскоп, выполнять при необходимости очистку и смену кантилевера;
- применять атомно-силовую микроскопию в различных режимах, самостоятельно задавая параметры эксперимента с помощью специализированного программного обеспечения;
- обрабатывать и экспортировать полученный в ходе эксперимента массив данных, используя специализированное программное обеспечение;
- анализировать данные о микроструктуре исследуемых объектов;
- выявлять и учитывать при анализе экспериментальных данных наиболее распространенные артефакты;
- делать выводы о результатах проведенного эксперимента и представлять их в ходе обсуждения.

## **II. Содержание учебного курса**

### **Модуль 1. Базовые представления о наноразмерных объектах**

#### **Базовые представления о наноразмерных объектах**

Нанообъекты и наноматериалы. Размерность наносистем. Особенности систем, содержащих наноразмерные объекты. Классификация наноразмерных объектов. Способы получения наноразмерных, в т. ч. наноструктурированных, объектов. Синтез «снизу вверх» и «сверху вниз». Самоорганизация. Уникальность физических и химических свойств систем, содержащих наноразмерные объекты.

## **Исследование и использование наноразмерных объектов**

Междисциплинарность исследований в области получения и изучения наноразмерных объектов. Методы изучения наноразмерных объектов. Ограниченность оптической микроскопии: дифракционный предел. Электронная микроскопия и рентгенодифракционные методы анализа: возможности и недостатки. Сканирующая зондовая микроскопия. Прикладные направления науки, использующие свойства наноразмерных объектов. Нанотехнологии. Наноинженерия. Наноэлектроника. Наномедицина.

### **Модуль 2. Метод атомно-силовой микроскопии**

#### **Атомно-силовая микроскопия как подход к изучению наноразмерных объектов**

История метода атомно-силовой микроскопии. Профилометрия. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия (АСМ). Принципиальные возможности и ограничения атомно-силовой микроскопии. Устройство атомно-силового микроскопа и варианты его конструкции. Элементы атомно-силового микроскопа: кантилевер, система подвода кантилевера, столик, лазер, фотодиод, система обратной связи. Роль пьезокерамики. Шаговые электродвигатели.

#### **Базовые принципы атомно-силовой микроскопии**

Принцип работы атомно-силового микроскопа. Потенциал Леннард-Джонса. Движение кантилевера по осям в ходе эксперимента. Возможные изменяемые параметры при постановке эксперимента по АСМ. Контактный и полуконтактный режим. Методы постоянной силы и постоянной высоты. Особенности нанообъектов, требующих для исследования применения полуконтактного режима. Электросиловая микроскопия. Магнитно-силовая микроскопия. Режим спектроскопии. Бесконтактный режим.

#### **Программное обеспечение для работы с атомно-силовым микроскопом**

Установка программного обеспечения. Интерфейс пользователя. Управляющие окна. Ввод и изменение значений параметров. Окна анализа изображений. Панели инструментов. Редактирование и сохранение изображений. Различные пакеты программного обеспечения для визуализации массива данных, полученного методом АСМ.

#### ***Практическая работа №1***

Запуск и работа с программным обеспечением в режиме симуляции эксперимента.

#### **Исключение и учет внешних воздействий на ход эксперимента**

Защита прибора в ходе эксперимента от внешних воздействий. Антивибрационная защита. Возможное влияние звуковых волн. Защита от электростатических воздействий. Распознавание повреждения кантилевера и его замена.

Учет постоянной составляющей высоты образца. Учет наклона образца. Устранение искажений, связанных с неидеальной работой системы обратной связи. Фильтрация изображений, получаемых методом АСМ. Методы реконструкции формы поверхности на основании анализа массива данных, полученного методом АСМ. Калибровка атомно-силового микроскопа.

#### ***Практическая работа №2***

Получение изображения поверхности калибровочной наноструктуры в контактном режиме.

**Устройство кантилевера и его выбор для реализации различных методик АСМ.**

Кантилевер, его геометрические параметры. Силовая константа кантилевера. Материал кантилевера. Игла кантилевера (зонд). Методы получения иглы. Выбор материала для иглы и ее покрытия в зависимости от реализуемой методики. Сравнение

кантилеверов для контактного и полуконтактного режимов. Резонансная частота колебаний кантилевера. Установка и замена кантилевера.

### ***Практическая работа №2***

Получение изображения поверхности CD-штампа в контактном режиме.

### ***Практическая работа №3***

Получение изображения поверхности бактериальных колоний в полуконтактном режиме.

### **Спектроскопия в методе АСМ**

Понятие о спектроскопии. Кривые зависимости силы от расстояния. Кривые зависимости амплитуды от расстояния. Кривые зависимости тока зонда от напряжения зонда. Линия и сетка. Модуляция фиксированной длины. Модуляция до заданного значения.

### ***Практическая работа №4***

Получение кривых зависимости силы отрыва зонда в режиме спектроскопии.

### **Электросиловая и магнитно-силовая микроскопия**

Понятие о разновидностях метода АСМ. Теоретические основы электросиловой микроскопии. Принцип метода магнитно-силовой микроскопии. Дополнительная информация о структуре образцов, которую возможно получить методами электросиловой и магнитно-силовой микроскопии.

### ***Практическая работа №5***

Получение изображения поверхности образца высокоориентированного пирографита в различных режимах.

### **Создание и подготовка наноструктурированных образцов**

Методы получения образцов для изучения с помощью метода АСМ. Понятие о направленном синтезе наночастиц. Создание наноструктурированных материалов и покрытий. Выбор подложки образца. Подготовка образца к анализу методом АСМ.

### ***Практическая работа №6***

Подготовка и получения изображения поверхности стекла, покрытой стеклянными наносферами.

## **Модуль 3. Нанотехнологии в окружающем мире**

### **Нанообъекты в технике**

Нанотехнологии и современная техносфера. Примеры наноразмерных объектов в быту и производстве. Проблема производства процессоров. Закон Мура. Проблема записи больших объемов информации. Проблема передачи информации. Проблема получения, передачи и сохранения энергии. Пути решения технических проблем с использованием наноразмерных объектов.

### ***Практическая работа №7***

Получение и анализ изображения поверхности электронного чипа.

### **Нанообъекты в химии и биологии**

Характерные размеры молекул и макромолекул. Применение метода АСМ для понимания структуры и свойств химических соединений. Характерные размеры органелл и биомолекул. Возможности, открываемые методом АСМ для современной биологии. Приложения нанотехнологии в современной медицине.

### ***Практическая работа №8***

Получение и анализ поверхности, покрытой углеродными нанотрубками.

### ***Практическая работа №9***

Получение и анализ изображения поверхности среза кожи.

### ***Урок-дискуссия***

Метод АСМ в развитии современной науки и технологии.

### III. Тематическое планирование

№	Темы	Количество часов
1	Базовые представления о наноразмерных объектах	4
2	Метод атомно-силовой микроскопии	20
3	Нанотехнологии в окружающем мире	8
	<b>Итого часов</b>	<b>32</b>

Программа курса внеурочной деятельности «Атомно-силовая микроскопия» предусматривает следующие формы и виды деятельности:

- семинар;
- практика;
- олимпиада.

#### **Перечень используемого оборудования:**

- Аппаратно-программный комплекс нанотехнологий (СЗМ);
- Антивибрационный стол.

Перечень оборудования может быть расширен и дополнен.