

## Пояснительная записка

Актуальность:

Особенностью окружающего нас мира является гармоничная взаимосвязь разнообразных природных явлений, разгадкой которых человечество занимается на протяжении всего своего существования. Для того чтобы понять суть сложных законов природы и научиться использовать их в своей деятельности ученые, создавая науку о природе, вынуждены были разбить единую картину мира на отдельные фрагменты, такие как: физика, математика, химия, биология, информатика и много других. Это было вынужденное и в некотором смысле искусственное деление.

Пришло время, собирать отдельные разделы науки снова в единое целое. Появляются новые синтетические разделы: молекулярная биология, биофизика, биоинформатика и тому подобные. К такой дисциплине относится и недавно появившаяся новая область – нанотехнологии.

Идея программы:

Создание условий для совместного научного и учебно-исследовательского творчества учащихся 8-11 классов и учителей предметов естественнонаучного цикла при решении проблем организации внеурочной деятельности в гимназии.

Задачи:

- 1) Популяризация современных научно-технических достижений, привлечение учащихся к изучению естественнонаучных дисциплин.
- 2) Получение практического навыка экспериментальной работы учащимися на современном наукоемком оборудовании.
- 3) Формирование комплекса фундаментальных представлений о междисциплинарной области научных знаний.
- 4) Изучение физических основ функционирования современных наукоемких устройств промышленной и информационной электроники.
- 5) Ознакомление с современными экспериментальными методами и средствами исследования наноразмерных материалов
- 6) Получение практического навыка работы в полевых условиях с оборудованием для экологического комплексного экспресс анализа природных объектов.
- 7) Проведение экспериментальной учебно-исследовательской работы с ее дальнейшей презентацией школьному научному сообществу (ШАНС) и т.д.

## 8) Профессиональная ориентация учащихся.

Для осуществления поставленных задач можно использовать следующие современные технологические приемы:

-Метод проектов – способ эффективного выстраивания какого-либо типа деятельности от задумки до получения итогов, форма организации обучения, при которой, учащиеся приобретают знания в процессе планирования и выполнения практических заданий-проектов.

-Исследовательская деятельность учащихся – образовательная технология, использующая в качестве главного средства учебное исследование. Исследовательская деятельность предполагает выполнение учащимися учебных исследовательских задач с заранее неизвестным решением, направленных на создание представлений об объекте или явлении окружающего мира, под руководством специалиста - учителя-предметника, научного сотрудника или родителя.

Выделяют несколько видов учебных исследовательских работ, которые будут востребованы во время организации внеурочной деятельности:

- Проблемно-реферативные,
- Экспериментальные,
- Натуралистические и описательные,
- Исследовательские.

Гармонично встроиться в программу: «Нанотехнологии в проектно-исследовательской деятельности старшеклассников» может экскурсионная работа. Образовательное пространство Санкт-Петербурга позволяет организовать экскурсии в научно-образовательные учреждения, в которых развиваются те или иные направления нанотехнологий. Например, в РГПУ им.

А.И.Герцена существует программа для школьников, в рамках которой преподаватели Вуза читают лекции и проводят занятия в лаборатории. Особое внимание уделяется развитию научно-исследовательской деятельности школьников, в том числе по тематике нанотехнологий. Нанотехнологическая лаборатория существует также на базе Технологического университета и СПбГУ.

Такая экскурсионная работа может не только носить познавательный характер и гармонично дополнить проект, но и помочь гимназистам в выборе будущей профессии.

В программу могут быть вовлечены учащиеся разных возрастных категорий 8-11 классов, но не младше. Так как одной из целей ставится интеграция знаний

учащихся о природе и обществе, проект должен быть построен на интегративной основе и знакомить гимназистов с комплексными проблемами и задачами, решение которых требует синтеза знаний по ряду предметов. Также для проведения исследовательской деятельности на наукоемком оборудовании требует повышенной ответственности и готовности к самообразовательной деятельности:

-самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также использование других источников информации;

-обучение различным способам работы с информацией;

-сочетание лекционных занятий с лабораторными и практическими работами, семинарами, дискуссиями;

-Проведение творческих конкурсов, встреч, презентаций и т.д.

Программа курса «Нанотехнологии в проектно-исследовательской деятельности старшекласников» рассчитана на 68 часов, 2 часа в неделю.

Ожидаемые результаты:

-расширение представлений школьников о физической картине мира на примере знакомства со свойствами нанообъектов

-реализация межпредметных связей по предметам естественнонаучного цикла

-развитие практических умений учащихся, формирование навыков работы с наукоемким современным оборудованием.

-развитие исследовательских умений в области нанотехнологий

-профессиональная ориентация учащихся, проявивших интерес к предметам естественно-научного цикла.

-повышение доли актуализированной практико-ориентированной деятельности учащихся в учебно-воспитательном процессе

-повышение квалификации педагогов в части расширения области компетенции.

Программа курса содержит три модуля

Модуль первый знакомит учащихся с нанотехнологией, ее возможностями и областями применений. Практические занятия на тренажере и непосредственно на самом наукоемком оборудовании проводятся после проведения техники безопасности.

Итогом прохождения модуля можно считать приобретение практических самостоятельных навыков работы учащихся на наукоемком оборудовании.

Модуль второй позволяет учащимся раскрыть широкие возможности исследований биологических объектов химических процессов и физических явлений. Так же здесь учащиеся знакомятся с особенностями подготовки объектов для исследования. Занятия исследовательского характера проводятся под контролем педагога по предложенным темам.

Итогом прохождения модуля могут стать отчеты по учебным исследованиям и выводы.

Модуль третий - это самостоятельные научно-исследовательские работы на темы, которые выбирают сами учащиеся.

Итогом прохождения модуля является исследовательская работа или проект, отчет о которой представляется на научно-практической конференции гимназии, района и т.д.

## 1. Введение в нанотехнологию

### 1.1 История нанотехнологий

### 1.2 Специфика свойств наночастиц

### 1.3 Методы исследования наноструктур.

### 1.4 Перспективы использования нанотехнологий

### 1.5 Этические проблемы использования нанотехнологий

## 2. Работа на виртуальном тренажере Nanoeducator LE

### 2.1 Теоретическая часть

А) Сканирующая туннельная микроскопия. Туннельный эффект.

Б) Пространственное разрешение СТМ

В) Защита от механических вибраций

Г) Система стабилизации туннельного тока

Д) Пьезосканеры

Е) Общая схема управления СТМ

Ж) СТМ-зонд

З) Атомно-силовой микроскоп

И) Формат СЗМ данных, способы обработки и представления результатов эксперимента.

К) Конструкция сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator LE

Л) Универсальный датчик туннельного тока и силового взаимодействия

М) Сканер

Н) механизм автоматизированного подвода зонда к образцу.

## 2.2 Экспериментальная часть

Основные правила безопасности.

Часть 1. Проведение эксперимента на виртуальном тренажере в режиме ССМ

Часть 2. Проведение эксперимента на виртуальном тренажере в режиме СТМ

Часть 3. Проведение эксперимента на виртуальном тренажере в режиме силовой литографии

3. Исследование резонансных характеристик зондового датчика и сканера СЗМ Nanoeducator LE

### 3.1 Теоретическая часть

А) Общая конструкция сканирующего зондового микроскопа

Б) Пьезоэлектрический двигатель. Сканеры.

В) Универсальный датчик туннельного тока и силового взаимодействия

### 3.2 Экспериментальная часть

Часть 1. Измерение резонансной частоты датчика

Часть 2. . Измерение резонансной частоты сканера

4. Получение 1-го ССМ изображения в полуконтактном режиме. Определение параметров тестовой решетки TGZ

### 4.1 Теоретическая часть

А) Конструкция сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator LE

Б) Система обратной связи

В) Механизм автоматизированного подвода зонда к образцу(захват обратной связи)

#### 4.2 Экспериментальная часть

Часть 1. Проведение ССМ эксперимента

Часть 2. Анализ и обработка полученных результатов.

#### 5. Изготовление зондов для сканирующей зондовой микроскопии

##### 5.1 Теоретическая часть

А) Методы создания зондов

Б) Характеристика профиля зонда

В) Электрохимическое травление вольфрама

Г) Формирование профиля зонда

Е) Определение формы зондов

Ж) Устройство для изготовления зондов для приборов Nanoeducator LE

##### 5.2 Экспериментальная часть.

Часть 1. Формирование нового СЗМ зонда

Часть 2. Диагностика формы вершины изготовленных зондов

Часть 3. Виртуальный эксперимент по исследованию влияния формы зонда на СЗМ изображение.

#### 6. Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии

##### 6.1 Теоретическая часть

А) Основы сканирующей микроскопии и спектроскопии.

Б)Туннельная спектроскопия

В) V и Z –модуляции

Г) Факторы, влияющие на качество изображения СТМ

Д) Конструкция датчика туннельного тока сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator LE

## 6.2 Экспериментальная часть

Часть 1. Проведение эксперимента в режиме СТМ

Часть 2. Токовая спектроскопия

Часть 3. Определение максимальных и минимальных токов, измеряемых прибором.

7. Создание микро- и наноструктур методом СЗМ литографии.

7.1 Теоретическая часть

А) Физические основы зондовой нанотехнологии

Б) Виды сканирующей зондовой литографии

В) СТМ литография

Г) локальное анодное оксидирование

Д) Силовая литография

7.2 Экспериментальная часть

Часть 1. Проведение растровой динамической силовой литографии на приборе Nanoeducator LE

Часть 2. Создание авторских микро- и наноструктур

8.Arteфакты в сканирующей зондовой микроскопии.

8.1 Теоретическая часть

А) Arteфакты в сканирующей зондовой микроскопии.

Б) Основные компоненты СЗМ изображений, связанные с формой зонда.

8.2 Экспериментальная часть

Часть 1. Определение свойств сканера и его нелинейности.

Часть 2. Arteфакты СЗМ изображения, связанные с формой зонда.

9. Обработка и количественный анализ СЗМ изображений

9.1 Теоретическая часть

А) Улучшение качества СЗМ изображений

Б) Основные методы фильтрации изображений.

В) Количественный анализ СЗМ изображений.

## 9.2 Экспериментальная часть

Часть 1. Анализ ранее полученного изображения

Часть 2. Получение нового изображения, обработка и анализ.

10. Применение сканирующей зондовой микроскопии в исследовательской проектной деятельности .

### 10.1 Теоретическая часть

А) Методы исследования морфологии биологических объектов

Б) Подготовка образцов для СЗМ исследования

### 10.2 Экспериментальная часть

Часть 1. Подготовка образцов

Часть 2. Проведение СЗМ исследований подготовленных образцов

Часть 3. Анализ СЗМ изображений бактерий

11. Применение сканирующей зондовой микроскопии в исследовательской проектной деятельности естественнонаучного направления.

### 11.1 Изучение микрофлоры воды с помощью СЗМ

А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта

Б) Аналитическая часть: методы исследования морфологии биологических объектов; факторы , влияющие на качество СЗМ.

В) Подготовка препаратов

Г) Выводы. Подготовка отчета

### 11.2 Природа окраски насекомых

А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта

Б) Аналитическая часть: природа окрашивания материалов, структура крыла бабочки, природа интерференции света.

В) Подготовка образцов

Г) Изучение структуры крыла бабочки с помощью оптической микроскопии

Д) Изучение структуры крыла бабочки с помощью СЗМ

Е) Выводы. Подготовка отчета

11.3 Эффект лотоса. Явления сверхгидрофобности и самоочистки в природе.

А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта

Б) Аналитическая часть: Эффект лотоса.

В) Подготовка образцов

Г) Изучение структуры поверхности лепестка розы с помощью оптической микроскопии

Д) Изучение структуры поверхности лепестка розы с помощью зондовой микроскопии

Е) Выводы. Подготовка отчета

11.4 Бумага как элемент материальной культуры.

А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта

Б) Аналитическая часть: История создания материалов для записи и хранения информации. Фотобумага.

В) Подготовка образцов

Г) Изучение структуры поверхности различных сортов бумаги с помощью сканирующей зондовой микроскопии.

Д) Выводы. Подготовка отчета.

11.5 Элементы плоской оптики (радужная голограмма, голограмма изготовленная по технологии DOT-MATRIX)

А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта

Б) Аналитическая часть:

Что такое голограмма? История голограммы.

Элементы плоской оптики.

Типы плоских голограмм. Процесс производства голограмм.

В) подготовка образца

Г) Изучение голограммы с помощью оптической микроскопии

Д) Изучение голограммы с помощью зондовой микроскопии

Е) Выводы. Подготовка отчета.

12. Исследовательские проекты гимназистов естественнонаучного направления.

12.1 Аналитическая часть

А) Основные требования к учебным исследовательским проектам

Б) Виды учебных исследовательских работ

В) Структура научного исследования.

12.2 Темы для школьных исследовательских проектов

Сканирующая зондовая литография.

Методы записи и хранения информации.

Биологическая жидкость. Кровь.

Стали.

Волновые свойства света.

Молочнокислые бактерии.

Влияние внешних факторов на структуру волоса.

Минерал шунгит.

12. Представление исследовательских проектов на школьной научно-исследовательской конференции.

Контроль результативности курса

-Для диагностики результативности работы по программе могут быть применены методы отслеживания как текущих результатов так и итоговых показателей ( количество и уровень выполненных творческих работ, обоснованный выбор профессии, уровень и структура успеваемости за год по разным предметам)

-Жесткие нормативы по оценке уровня знаний и умений учащихся отсутствует ввиду факультативного характера курса. Тестовые задания по итогам разделов могут служить тестовым контролем усвоенного материала.

-Умения и навыки учащихся могут быть отслежены в системе практической деятельности учащихся по результатам выполнения исследовательских и проектных работ, отчетов.

#### Учебно-тематический план

№ Тема Количество часов Содержание (форма организации)

1.

Введение в нанотехнологию 2 Лекция: История нанотехнологий. Специфика свойств наночастиц. Методы исследования наноструктур. Перспективы использования нанотехнологий. Этические проблемы использования нанотехнологий.

#### Модуль первый

Комплекс лабораторных работ на наукоемком оборудовании Nanoeducator LE (36 часов)

2.

Лабораторная работа №1 Работа на виртуальном тренажере Nanoeducator LE 4 2.1.Теоретическая часть А) Сканирующая туннельная микроскопия. Туннельный эффект. Б) Пространственное разрешение СТМ В) Защита от механических вибраций Г) Система стабилизации туннельного тока Д) Пьезосканеры Е) Общая схема управления СТМ Ж) СТМ-зонд З) Атомно-силовой микроскоп И) Формат СЗМ данных, способы обработки и представления результатов эксперимента. К) Конструкция сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator LE Л) Универсальный датчик туннельного тока и силового взаимодействия М) Сканер Н) механизм автоматизированного подвода зонда к образцу. 2.2 Экспериментальная часть Основные правила безопасности. Часть 1. Проведение эксперимента на виртуальном тренажере в режиме ССМ Часть 2. Проведение эксперимента на виртуальном тренажере в режиме СТМ Часть 3. Проведение эксперимента на виртуальном тренажере в режиме силовой литографии

3. Лабораторная работа №2 Исследование 4 3.1 Теоретическая часть А) Общая конструкция сканирующего зондового микроскопа Б) Пьезоэлектрический двигатель. Сканеры.

резонансных характеристик зондового датчика и сканера СЗМ Nanoeducator LE В) Универсальный датчик туннельного тока и силового взаимодействия 3.2

Экспериментальная часть Часть 1. Измерение резонансной частоты датчика  
Часть 2. . Измерение резонансной частоты сканера

4. Лабораторная работа №3 Получение 1-го ССМ изображения в полуконтактном режиме. Определение параметров тестовой решетки TGZ 4 4.1 Теоретическая часть А) Конструкция сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator LE Б) Система обратной связи В) Механизм автоматизированного подвода зонда к образцу(захват обратной связи) 4.2 Экспериментальная часть Часть 1. Проведение ССМ эксперимента Часть 2. Анализ и обработка полученных результатов.

5. Лабораторная работа №4 Изготовление зондов для сканирующей зондовой микроскопии 4 5.1 Теоретическая часть А) Методы создания зондов Б) Характеристика профиля зонда В) Электрохимическое травление вольфрама Г) Формирование профиля зонда Е) Определение формы зондов Ж) Устройство для изготовления зондов для приборов Nanoeducator LE 5.2 Экспериментальная часть. Часть 1. Формирование нового СЗМ зонда Часть 2. Диагностика формы вершины изготовленных зондов Часть 3. Виртуальный эксперимент по исследованию влияния формы зонда на СЗМ изображение.

6. Лабораторная работа №5 Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии 4 6.1 Теоретическая часть А) Основы сканирующей микроскопии и спектроскопии. Б)Туннельная спектроскопия В) V и Z –модуляции Г) Факторы, влияющие на качество изображения СТМ Д) Конструкция датчика туннельного тока сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator LE 6.2 Экспериментальная часть Часть 1. Проведение эксперимента в режиме СТМ Часть 2. Токовая спектроскопия Часть 3. Определение максимальных и минимальных токов, измеряемых прибором.

7. Лабораторная работа №6 Создание микро- и наноструктур методом СЗМ литографии. 4 7.1 Теоретическая часть А) Физические основы зондовой нанотехнологии Б) Виды сканирующей зондовой литографии В) СТМ литография Г) локальное анодное оксидирование Д) Силовая литография 7.2 Экспериментальная часть Часть 1.Проведение растровой динамической силовой литографии на приборе Nanoeducator LE Часть 2. Создание авторских микро- и наноструктур

8. Лабораторная работа №7 Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии. 4 8.1 Теоретическая часть А) Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии. Б) Основные компоненты СЗМ изображений, связанные с формой зонда. 8.2 Экспериментальная часть Часть1. Определение свойств сканера и его нелинейности.

Часть 2. Артефакты СЗМ изображения, связанные с формой зонда.

9. Лабораторная работа №8 Обработка и количественный анализ СЗМ изображений 4 9.1 Теоретическая часть А) Улучшение качества СЗМ

изображений Б) Основные методы фильтрации изображений. В) Количественный анализ СЗМ изображений. 9.2 Экспериментальная часть Часть 1. Анализ ранее полученного изображения Часть 2. Получение нового изображения, обработка и анализ.

10. Лабораторная работа №9 Применение сканирующей зондовой микроскопии в исследовательской проектной деятельности естественнонаучного направления. 4 10.1 Теоретическая часть А) Методы исследования морфологии биологических объектов Б) Подготовка образцов для СЗМ исследования 10.2 Экспериментальная часть Часть 1. Подготовка образцов Часть 2. Проведение СЗМ исследований подготовленных образцов Часть 3. Анализ СЗМ изображений бактерий

Модуль второй

Применение сканирующей зондовой микроскопии в исследовательской проектной деятельности

естественнонаучного направления (10 часов)

11. Изучение микрофлоры воды с помощью СЗМ 2 А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта Б) Аналитическая часть: методы исследования морфологии биологических объектов; факторы, влияющие на качество СЗМ. В) Подготовка препаратов Г) Выводы. Подготовка отчета

12. Природа окраски насекомых 2 А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта Б) Аналитическая часть: природа окрашивания материалов, структура крыла бабочки, природа интерференции света. В) Подготовка образцов Г) Изучение структуры крыла бабочки с помощью оптической микроскопии Д) Изучение структуры крыла бабочки с помощью СЗМ Е) Выводы. Подготовка отчета

13. Эффект лотоса. Явления сверхгидрофобности и самоочистки в природе. 2 А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта Б) Аналитическая часть: Эффект лотоса. В) Подготовка образцов Г) Изучение структуры поверхности лепестка розы с помощью оптической микроскопии Д) Изучение структуры поверхности лепестка розы с помощью зондовой микроскопии Е) Выводы. Подготовка отчета

14. Бумага как элемент материальной культуры. 2 А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта Б) Аналитическая часть: История создания материалов для записи и хранения информации. Фотобумага. В) Подготовка образцов Г) Изучение структуры поверхности различных сортов бумаги с помощью сканирующей зондовой микроскопии. Д) Выводы. Подготовка отчета.

15. Элементы плоской 2 А) Цели проекта, план проекта, содержание проекта

оптики (радужная голограмма, голограмма изготовленная по технологии DOT-MATRIX) Б) Аналитическая часть: Что такое голограмма? История голограммы. Элементы плоской оптики. Типы плоских голограмм. Процесс производства голограмм.

### Модуль третий

Самостоятельные исследовательские проекты гимназистов естественнонаучного направления

( 20 часов)

16. Аналитическая часть: 1) Основные требования к учебным исследовательским проектам 2) Виды учебных исследовательских работ 3) Структура научного исследования. 2

17. Работа с источниками информации 4

18. Практические занятия на оптическом и атомно-силовом микроскопе (в том числе выездной практикum для подготовки материалов исследования) 8

19. Образовательные экскурсии 4 РГПУ им. А.И.Герцена, кафедра физики; СПбГТИ Технологический Университет; СПбГУ ИТМО, образовательный центр нанотехнологий.

20. Презентация исследовательских работ на школьной научно-исследовательской конференции. 2

### Литература :

1.Тренажер сканирующей зондовой микроскопии Nanoeducator LE, учебное пособие «НТ-СПб», 2013 Copyright. NT- SPb.

2. Лабораторные работы для нанотехнологического комплекса Nanoeducator LE, учебное пособие, NT- SPb.

3. Цифровой оптический микроскоп, описание работы, учебное пособие. «НТ-СПб», 2013 Copyright. NT- SPb

4. Междисциплинарные исследовательские проекты на базе нанотехнологического комплекса Nanoeducator LE, методическое пособие для преподавателя. NT- SPb, 2013.