

Приложение № 87

к приказу

от 26.08.2022 № 51-П

ПРИНЯТО

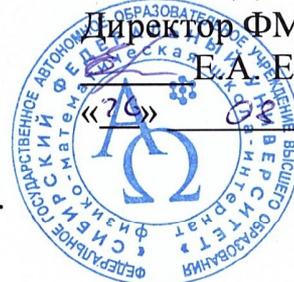
на заседании кафедры  
физики ФМШ СФУ  
Протокол № 10  
от «3» 06 2022 г.

ПРИНЯТО

на заседании  
Ученого совета  
ФМШ СФУ  
Протокол № 5  
от «8» 06 2022 г.

УТВЕРЖДЕНО

Директор ФМШ СФУ  
Е.А. Енгуразова  
2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА  
«ВОЗМОЖНОСТИ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ  
СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ НАНООБЪЕКТОВ»  
(2022-2023 гг.)**

Составитель:

Чиганов А.С., канд. физ.-мат. наук, педагог дополнительного образования

Красноярск 2022

Настоящая рабочая программа разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования и на основе требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования физико-математической школы-интерната ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». В соответствии с учебным планом ФМШ СФУ элективный курс «Возможности сканирующей зондовой микроскопии для визуализации нанообъектов» изучается по выбору обучающихся в 10-11 классах в объеме 2 часов в неделю в течение года обучения, всего 68 часов.

Бурное развитие нанонауки в последние годы оказалось возможным благодаря доступности методов определения строения и структуры нанообъектов. Среди них важнейшая роль принадлежит электронной микроскопии и сканирующей зондовой микроскопии.

Обычный оптический микроскоп, даже самого лучшего качества, не дает возможности разглядеть не только отдельные атомы, но и наночастицы. Сегодня с помощью электронных микроскопов можно добиться увеличения в 90 млн раз и добиться пространственного разрешения в 0,06 нм, что меньше размера большинства атомов.

**Цель курса:** формирование у школьников современного представления о физике.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи:

- познакомиться с понятием «нанотехнологии», особенностями исследования и применения наноматериалов;
- научиться проводить экспериментальную работу при исследовании нанообъектов;
- научиться интерпретировать экспериментальные результаты исследований в области нанотехнологий.

### **Образовательные результаты**

**В результате изучения курса обучающийся должен**

*Знать:*

- физические и химические свойства нанообъектов;
- принципы и особенности спектроскопии;
- области применения наноматериалов и нанотехнологий.

*Уметь:*

- проводить измерения при исследовании нанообъектов;
- интерпретировать полученные результаты.

*Владеть:*

- навыками работы с учебной и научной литературой;
- навыками работы с измерительной аппаратурой;
- основными теоретическими представлениями, позволяющими анализировать результаты экспериментальных исследований нанообъектов.

### **Личностные результаты**

1) готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни; сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;

2) навыки сотрудничества со сверстниками, взрослыми в образовательной, учебно-исследовательской, проектной и других видах деятельности;

3) осознанный выбор будущей профессии и возможностей реализации собственных жизненных планов; отношение к профессиональной деятельности как возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем.

## **Метапредметные результаты**

1) умение 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; выбирать успешные стратегии в различных ситуациях;

2) умение продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, учитывать позиции других участников деятельности, эффективно разрешать конфликты;

3) владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;

4) готовность и способность к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, включая умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников.

## **Содержание курса**

### **Раздел 1 «Нанотехнологии и области применения» - 18 часов.**

Нанотехнологии. История развития нанотехнологий. Применение нанотехнологий в медицине, науке и технике. Методы изменений и инструменты в нанотехнологии. Наноматериалы. Нанотрубки и фуллерены. Ультрадисперсные алмазы. Наноэлектроника.

### **Раздел 2 «Сканирующая зондовая спектроскопия» - 26 часов.**

История создания сканирующих зондовых туннельных и атомно-силовых микроскопов. Электро-силовая (ЭСМ) и магнитно-силовая (МСМ) микроскопия, ближнепольная оптическая микроскопия (БОМ). Основные принципы работы сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ). Артефакты при получении сканов, необходимость их учета.

Конструкция и порядок работы на СЗМ. Установка образца, зондового датчика, подвод датчика к образцу, выбор области и параметров сканирования. Получение изображения в режиме атомно-силовой микроскопии (АСМ).

Представление, обработка и анализ СЗМ-изображений. Программа «Scan Viever». Применение сглаживающих, градиентных, нелинейных фильтров и пр.

Принципы работы СЗМ «NanoEducator» в режиме сканирующей туннельной микроскопией (СТМ). Представление и анализ СТМ-изображений.

Изготовление зондов для СЗМ. Процедура изготовления вольфрамовой заготовки, травление заготовки, установка иглы в пьезокерамическую трубку. Восстановление «затупившегося» зонда.

### **Раздел 3 «Исследование нанообъекта» 24 - часа.**

Сканирование рельефа поверхностей различных объектов: биологических (эритроцитов, бактерий, волоса человека или животных и пр.), дифракционных решеток, радужных голограмм, интегральных микросхем (ПЗУ, микропроцессоров логических ИМС и др.), магнитных носителей информации (диски НЖМД, дискеты, магнитные ленты и пр.) и пр.

Проведение мини-исследования. Защита мини-исследования.

## **Тематическое планирование**

№ п/п	Тема/ содержание	Количество часов	Формы организации учебной деятельности	Формы контроля
<b>1</b>	<b>Нанотехнологии и области применения</b>	<b>18</b>		<b>Контрольная работа</b>
1.1	Понятие нанотехнологии. Краткая история развития нанотехнологии. Нанотехнологии в науке, медицине и технике.	4	Интерактивная лекция	
1.2	Военное применение нанотехнологий	2	Интерактивная лекция Семинар	
1.3	Методы измерений и инструменты в нанотехнологии.	2	Интерактивная лекция	
1.4	Наноматериалы. Нанотрубки и фуллерены. Ультрадисперсные алмазы.	2	Интерактивная лекция	
1.5	Физические и химические свойства нанообъектов.	2	Интерактивная лекция	
1.6	Нанозлектроника.	2	Интерактивная лекция	
1.7	Наномедицина и биотехнология.	2	Интерактивная лекция	
1.8	Нанотехнологии в современной жизни	2	Обобщающий семинар	Подготовка сообщений
<b>2</b>	<b>Сканирующая зондовая спектроскопия</b>	<b>26</b>		
2.1	История создания сканирующих зондовых туннельных и атомно-силовых микроскопов.	2	Интерактивная лекция	
2.2	Электро-силовая (ЭСМ) и магнитно-силовая (МСМ) микроскопия, ближнепольная оптическая микроскопия (БОМ).	2	Интерактивная лекция Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы
2.3	Основные принципы работы сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ). Артефакты при получении сканов, необходимость их учета.	2	Интерактивная лекция	Собеседование по итогам работы
2.4	Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с конструкцией и порядком работы на СЗМ. Установка образца, зондового датчика, подвод датчика к образцу, выбор области и параметров	5	Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы

	сканирования. Получение первого изображения в режиме атомно-силовой микроскопии (АСМ).			
2.5	Представление, обработка и анализ СЗМ-изображений. Программа «Scan Viever». Применение сглаживающих, градиентных, нелинейных фильтров и пр.	5	Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы
2.6	Принципы работы СЗМ «NanoEducator» в режиме сканирующей туннельной микроскопией (СТМ). Представление и анализ СТМ-изображений.	6	Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы
2.7	Изготовление зондов для СЗМ. Процедура изготовления вольфрамовой заготовки, травление заготовки, установка иглы в пьезокерамическую трубку. Восстановление «затупившегося» зонда.	4	Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы
<b>3</b>	<b>Исследование нанообъекта</b>	<b>24</b>		
3.1	Сканирование рельефа поверхностей различных объектов: биологических (эритроцитов, бактерий, волоса человека или животных и пр.), дифракционных решеток, радужных голограмм, интегральных микросхем (ПЗУ, микропроцессоров логических ИМС и др.), магнитных носителей информации (диски НЖМД, дискеты, магнитные ленты и пр.) и пр.	8	Интерактивная лекция Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы
3.2	Работа над мини-исследованием (постановка задачи исследования, выбор образцов, их подготовка для исследования, получение сканов, обработка и представление результатов исследования).	14	Исследовательская деятельность	
3.3	Презентация результатов мини-исследования	2		Презентация
	<b>Итого</b>	<b>68</b>		

### Формы работы

Теоретические занятия предназначены для представления теоретических знаний по учебному курсу проводятся в виде интерактивных лекций. В данном элективном курсе предполагаются практические занятия в виде лабораторных работ. Все темы включают в себя самостоятельную работу, связанную с подготовкой к семинарским и практическим занятиям.

### **Формы контроля**

Текущий контроль теоретических знаний выполняется путем обсуждения со школьниками теоретических вопросов в рамках интерактивных лекций и семинаров.

Текущий контроль практических знаний и умений выполняется в процессе сдачи-приема лабораторных работ.

Заключительная форма контроля – выполнение школьниками собственного мини-исследования, представления и защиты его результатов.

### **Учебно-методические материалы по дисциплине**

#### **Основная литература**

1. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж. и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. – Режим доступа: <https://obuchalka.org/2014051877443/nanotehnologii-dlya-mikro-i-optoelektroniki-martines-duart-dj-m-martin-palma-r-dj-agullo-rueda-f-2009.html>

2. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии: Учеб. пособие для студентов старших курсов вузов. – Режим доступа: [http://ipmras.ru/UserFiles/publications/mironov/RUS\\_Fundamentals\\_SPM.pdf](http://ipmras.ru/UserFiles/publications/mironov/RUS_Fundamentals_SPM.pdf)

3. Смирнов Е.В. Сканирующая микроскопия в измерениях нанообъектов. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 6. URL: <http://engjournal.ru/catalog/nano/hidden/809.html>

4. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии. – Режим доступа: <https://obuchalka.org/20200917125049/materiali-i-metodi-nanotehnologii-starostin-v-v-2012.html>

5. Харрисон У. Теория твердого тела. – Режим доступа: <http://alexandr4784.narod.ru/harrison.html>

#### **Интернет-ресурсы**

1. Интернет-портал Научно-образовательного центра «Бионаноскопия» МГУ имени М.В.Ломоносова – [www.nanoscopy.ru](http://www.nanoscopy.ru)

2. Интернет-портал Нанотехнологического сообщества «Нанометр» - [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)

#### **Периодическая литература**

1. Научно-технический журнал «Наноиндустрия». ЗАО «РИЦ» «Техносфера» ([www.nanoindustry.su](http://www.nanoindustry.su))

#### **Научная библиотека СФУ ([bik.sfu-kras.ru](http://bik.sfu-kras.ru))**

БД «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU»