

Приложение № 29
к приказу
от 09.06.23 № 54/1

ПРИНЯТО
на заседании кафедры
физики ФМШ СФУ
Протокол № 10
от «2» 06 2023 г.

ПРИНЯТО
на заседании
Ученого совета
ФМШ СФУ
Протокол № 9
от «5» 06 2023 г.

УТВЕРЖДЕНО
Директор ФМШ СФУ
Е.А. Енгуразова
«09» 06 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
СРЕДНЕГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА
«НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ»
(2023-2024 гг.)**

Составитель:

Чиганов А.С., кандидат физико-математических наук, учитель физики ФМШ СФУ

Красноярск 2023

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 1 час в неделю в течение года обучения, всего 34 часа

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.

Целесообразным является поддержка курса занятиями в модуле «Нанотехнологии для школьников» программы дополнительного образования «Научная лаборатория».

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;
- знать принципы и особенности спектроскопии;
- знать области применения наноматериалов и нанотехнологий.
- уметь проводить измерения при исследовании нанообъектов;
- уметь интерпретировать полученные результаты.
- владеть навыками работы с учебной и научной литературой;
- владеть навыками работы с измерительной аппаратурой;
- владеть основными теоретическими представлениями, позволяющими анализировать результаты экспериментальных исследований нанообъектов.

Личностные результаты включают в себя:

в сфере гражданского воспитания:

- сформированность гражданской позиции обучающегося как активного и ответственного члена российского общества;
- принятие традиционных национальных, общечеловеческих гуманистических и демократических ценностей;
- представление о видах идентичности, актуальных для становления человечества и общества, для жизни в современном поликультурном мире;
- готовность противостоять идеологии экстремизма, национализма, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам;
- умение взаимодействовать с социальными институтами в соответствии с их функциями и назначением; готовность к гуманитарной и волонтерской деятельности;

в сфере патриотического воспитания:

- сформированность российской гражданской идентичности, патриотизма, уважения к своему народу, чувства ответственности перед Родиной, гордости за свою страну, свой край, свой язык и культуру, прошлое и настоящее многонационального народа России;
- ценностное отношение к государственным символам, историческому и природному наследию, памятникам, традициям народов России, достижениям России в науке, технологиях, труде;

в сфере духовно-нравственного развития:

- сформированность нравственного сознания, этического поведения, способность оценивать ситуации нравственного выбора и принимать осознанные решения, ориентируясь на морально-нравственные ценности и нормы современного российского общества;
- понимание значения личного вклада в построение устойчивого будущего;
- ответственное отношение к своим родителям, представителям старших поколений, осознание значения создания семьи на основе принятия ценностей семейной жизни в соответствии с традициями народов России;
- освоение гуманистических традиций и ценностей, уважение к личности, правам и свободам человека, культурам разных народов;

в сфере эстетического воспитания:

- представление об исторически сложившемся культурном многообразии своей страны и мира;
- эстетическое отношение к миру, современной культуре, включая эстетику быта, научного и технического творчества, спорта, труда, общественных отношений;

в сфере физического воспитания:

- осознание ценности жизни и необходимости ее сохранения;

- представление об идеалах гармоничного физического и духовного развития человека в исторических обществах и в современную эпоху;

в сфере трудового воспитания:

- понимание значения трудовой деятельности как источника развития человека и общества;

- уважение к труду и результатам трудовой деятельности человека;

- формирование интереса к различным сферам профессиональной деятельности;

- мотивация и способность к образованию и самообразованию на протяжении всей жизни;

в сфере экологического воспитания:

- осмысление исторического опыта взаимодействия людей с природной средой, его позитивных и негативных проявлений;

в понимании ценности научного познания:

- сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития исторической науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, способствующего осознанию своего места в поликультурном мире;

- осмысление значения истории как знания о развитии человека и общества, о социальном и нравственном опыте предшествующих поколений;

- совершенствование языковой и читательской культуры как средства взаимодействия между людьми и познания мира;

- овладение основными навыками познания и оценки событий прошлого с позиций историзма, готовность к осуществлению учебной проектно-исследовательской деятельности в сфере истории;

- приобщение к истокам культурно-исторического наследия человечества, интерес к его познанию за рамками учебного курса и школьного обучения.

Работа на программе способствует также развитию *эмоционального интеллекта* школьников, в том числе *самосознания* (включая способность осознавать роль эмоций в отношениях между людьми); *саморегулирования*, включающего самоконтроль, умение принимать ответственность за свое поведение, способность адаптироваться к эмоциональным изменениям и проявлять гибкость, быть открытым новому; *внутренней мотивации*, включающей стремление к достижению цели и успеху, оптимизм, инициативность, умение действовать, исходя из своих возможностей; *эмпатии* (способность понимать другого человека, оказавшегося в определенных обстоятельствах); *социальных навыков* (способность выстраивать конструктивные отношения с другими людьми, регулировать способ выражения своих суждений и эмоций с учетом позиций и мнений других участников общения).

Метапредметные результаты включают в себя следующие умения:

1) в сфере универсальных учебных познавательных действий:

владение базовыми логическими действиями:

- формулировать проблему, вопрос, требующий решения;
- устанавливать существенный признак или основания для сравнения, классификации и обобщения;
- определять цели деятельности, задавать параметры и критерии их достижения;
- выявлять закономерные черты и противоречия в рассматриваемых явлениях;
- разрабатывать план решения проблемы с учетом анализа имеющихся ресурсов;
- вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям;

владение базовыми исследовательскими действиями:

- определять познавательную задачу; намечать путь ее решения и осуществлять подбор материала, объекта;
- владеть навыками учебно-исследовательской и проектной деятельности;
- выявлять характерные признаки явлений;
- раскрывать причинно-следственные связи; сравнивать события, ситуации, определяя основания для сравнения, выявляя общие черты и различия;
- формулировать и обосновывать выводы; соотносить полученный результат с имеющимися знаниями;
- определять новизну и обоснованность полученного результата;
- представлять результаты своей деятельности в различных формах (сообщение, эссе, презентация, реферат, учебный проект и другие);
- объяснять сферу применения и значение проведенного учебного исследования в современном общественном контексте;

работа с информацией:

- осуществлять анализ учебной и внеучебной информации (учебники, источники, научно-популярная литература, интернет-ресурсы и другие);
- извлекать, сопоставлять, систематизировать и интерпретировать информацию;
- различать виды источников информации;
- высказывать суждение о достоверности и значении информации источника (по предложенным или самостоятельно сформулированным критериям);
- рассматривать комплексы источников, выявляя совпадения и различия их свидетельств;

- использовать средства современных информационных и коммуникационных технологий с соблюдением правовых и этических норм, требований информационной безопасности;

- создавать тексты в различных форматах с учетом назначения информации и целевой аудитории, выбирая оптимальную форму представления и визуализации;

2) в сфере универсальных коммуникативных действий:

общение:

- представлять особенности взаимодействия людей в современном мире;

- излагать и аргументировать свою точку зрения в устном высказывании, письменном тексте;

- владеть способами общения и конструктивного взаимодействия, в том числе межкультурного, в школе и социальном окружении;

- аргументированно вести диалог, уметь смягчать конфликтные ситуации;

осуществление совместной деятельности:

- осознавать значение совместной деятельности людей как эффективного средства достижения поставленных целей;

- планировать и осуществлять совместную работу, коллективные учебные проекты, в том числе на региональном материале;

- определять свое участие в общей работе и координировать свои действия с другими членами команды;

- проявлять творчество и инициативу в индивидуальной и командной работе;

- оценивать полученные результаты и свой вклад в общую работу;

3) в сфере универсальных регулятивных действий:

владение приемами самоорганизации своей учебной и общественной работы:

- выявлять проблему, задачи, требующие решения;

- составлять план действий, определять способ решения, последовательно реализовывать намеченный план действий и другие;

владение приемами самоконтроля:

- осуществлять самоконтроль, рефлекссию и самооценку полученных результатов;

- вносить коррективы в свою работу с учетом установленных ошибок, возникших трудностей;

принятие себя и других:

- осознавать свои достижения и слабые стороны в учении, школьном и внешкольном общении, сотрудничестве со сверстниками и людьми старших поколений;

- принимать мотивы и аргументы других при анализе результатов деятельности;

- признавать свое право и право других на ошибку;

- вносить конструктивные предложения для совместного решения учебных задач, проблем.

Содержание курса

Раздел 1 «Нанотехнологии и области применения».

Нанотехнологии. История развития нанотехнологий. Применение нанотехнологий в медицине, науке и технике. Методы измерений и инструменты в нанотехнологии. Наноматериалы. Нанотрубки и фуллерены. Ультратонкие алмазы. Нанoeлектроника.

Раздел 2 «Сканирующая зондовая спектроскопия» .

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 Viewer». 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».

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
1	Нанотехнологии и области применения	9		Контрольная работа
1.1	Понятие нанотехнологии. Краткая история развития нанотехнологии. Нанотехнологии в науке, медицине и технике.	2	Интерактивная лекция	
1.2	Военное применение нанотехнологий	1	Интерактивная лекция Семинар	
1.3	Методы измерений и инструменты в нанотехнологии.	1	Интерактивная лекция	
1.4	Наноматериалы. Нанотрубки и фуллерены. Ультрадисперсные алмазы.	1	Интерактивная лекция	
1.5	Физические и химические свойства нанообъектов.	1	Интерактивная лекция	
1.6	Наноэлектроника.	1	Интерактивная лекция	
1.7	Наномедицина и биотехнология.	1	Интерактивная лекция	
1.8	Нанотехнологии в современной жизни	1	Обобщающий семинар	Подготовка сообщений
2	Сканирующая зондовая спектроскопия	13		
2.1	История создания сканирующих зондовых туннельных и атомно-силовых микроскопов.	1	Интерактивная лекция	
2.2	Электро-силовая (ЭСМ) и магнитно-силовая (МСМ) микроскопия, ближнепольная оптическая микроскопия (БОМ).	1	Интерактивная лекция Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы
2.3	Основные принципы работы сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ). Артефакты при получении сканов, необходимость их учета.	1	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 сканирования. Получение первого изображения в режиме атомно-силовой микроскопии (АСМ).	2	Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы
2.5	Представление, обработка и анализ СЗМ-изображений. Программа «Scan Viewer». Применение сглаживающих,	3	Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы

	градиентных, нелинейных фильтров и пр.			
2.6	Принципы работы СЗМ «NanoEducator» в режиме сканирующей туннельной микроскопией (СТМ). Представление и анализ СТМ-изображений.	3	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.	2	Лабораторная работа	Собеседование по итогам работы
3	Исследование нанообъекта	12		
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.	4	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).	7	Исследовательская деятельность	
3.3	Презентация результатов мини-исследования	1		Презентация
	Итого	34		

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
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
2. Интернет-портал Нанотехнологического сообщества «Нанометр» - www.nanometer.ru

Периодическая литература

1. Научно-технический журнал «Наноиндустрия». ЗАО «РИЦ» «Техносфера» (www.nanoindustry.ru)

Научная библиотека СФУ (bik.sfu-kras.ru)

БД «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU»