

Приложение № 54
к приказу
от «21» 06 2024 г. № 30/К-У

ПРИНЯТО
на заседании кафедры
физики ФМШ СФУ
Протокол № 8
от «03» 06 2024 г.

ПРИНЯТО
на заседании Ученого
совета ФМШ СФУ
Протокол № 7
от «06» 06 2024 г.

УТВЕРЖДЕНО
Директор ФМШ СФУ
Е.А. Енгуразова
«21» 06 2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАНОЛАБОРАТОРИЯ»**

Составитель:
Чиганов А.С., к.ф.-м.н., педагог дополнительного образования ФМШ СФУ

Красноярск 2024

Настоящая рабочая программа разработана в соответствии с Федеральной образовательной программой среднего общего образования, требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования, Федеральной образовательной программой среднего общего образования, Основной образовательной программы среднего общего образования физико-математической школы-интерната ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». Программа дополнительного образования «Нанолaborатория» реализуется в 10 или 11 классах в объеме 2 часа в неделю в течение года обучения, всего 68 часов.

Прохождение программы «Нанолaborатория» направлено на достижение следующих целей:

- развитие навыков исследования, проектирования, использования производственного оборудования и их применения для решения различных задач;
- формирование у учащихся представления о деятельности технической направленности, инженерной деятельности и научно-техническом творчестве;
- овладение навыками декомпозиции и решения инженерных задач;
- развитие способности творчески подходить к проблемным ситуациям;
- приобретение опыта решения реальных практических задач и внедрения технических решений в свою повседневную жизнь;
- участие в научных конференциях с исследовательскими работами.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Знать:

- основные типы кристаллических решеток, о структуре и симметрии кристаллов, типах связей в кристаллах;
- основные методы выращивания кристаллов, исследования и характеристики твердых тел;
- области применения наноматериалов и нанотехнологий;
- основные виды взаимодействий, определяющие магнитные свойства объекта;
- основные методы исследования магнитных нанообъектов;
- перспективные области применения магнитных наноматериалов.

Уметь:

- проводить измерения при исследовании нанообъектов;
- проводить простые расчеты магнитных параметров симметричных низкомерных объектов;
- интерпретировать экспериментальные результаты и предсказывать простые качественные характеристики наноразмерных частиц.

Владеть:

- навыками работы с учебной и научной литературой;
- навыками работы с измерительной аппаратурой;
- основными теоретическими представлениями, позволяющими анализировать результаты экспериментальных исследований нанообъектов;
- навыками выбора оптимальных методик и оборудования для

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 ПРОГРАММЫ

Модуль 1 «Изучение кристаллов» - 20 часов. Введение в физику твердого тела. Основные понятия о структуре и симметрии кристаллов. Анизотропия и симметрия кристаллов. Основные типы кристаллических решеток. Группы симметрии и основные операции симметрии. Типы связей в кристаллах. Основные представления о росте кристаллов. Методы выращивания кристаллов.

Модуль 2 «Знакомство с нанотехнологиями» – 25 часов. История развития инструментов и методов исследования. Как развивались нанотехнологии. Разница в размерах (нано-, микро-, макро-). Как размеры могут влиять на свойства материала. Превращения углерода. Графен. Классификация нанообъектов по геометрической размерности. 1-D нанообъекты. Синтез, классификация, свойства и области применения наночастиц.

Практическая работа. Приготовление квантовых точек из цитрусового сока. 2-D нанообъекты. Тонкие плёнки. Виды микроскопии высокого разрешения. Электронная микроскопия. Виды микроскопии высокого разрешения. Зондовая микроскопия.

Практическая работа. Получение топологии поверхности объектов методом сканирующей зондовой микроскопии.

Модуль 3 «Сканирующая зондовая микроскопия» – 50 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 СММ-2000 в режиме сканирующей туннельной микроскопией (СТМ). Представление и анализ СТМ-изображений.

Изготовление зондов для СЗМ.

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.

Модуль 4 «Наноразмерный магнетизм» –41 час.

Особенности физических свойств объектов наноразмерного диапазона. Классификация. Проекты устройств компьютерной логики, памяти, датчиков и устройств спинтроники на основе магнитных наноэлементов. Современные проблемы и перспективы применения магнитных наноэлементов.

Магнитные наночастицы в биомедицине. Современные технологии использования нанобъектов в лечебном деле, хирургии и пр. Приоритетные задачи и проекты применения нанобъектов в медицине.

Введение в физику магнитных явлений. Основные магнитные характеристики (понятия, категории): магнитная индукция, напряженность поля, намагниченность, проницаемость, восприимчивость...

Магнитные взаимодействия: обменная энергия, магнитная анизотропия, магнитостатическое взаимодействие...Классификация магнетиков.

Структура намагниченности ферромагнетиков, магнитные домены.

Процессы квазистатического перемагничивания. Гистерезис.

Магнитные вихри. Математический формализм описания эволюции намагниченности вихревой структуры.

Динамические свойства намагниченности уединенных наночастиц и их массивов.

Методы и результаты наблюдения вихревых структур и их свойств. Магнитные измерения: силовая микроскопия, ФМР.

Экзотические направления использования магнитных свойств нанобъектов. Идеи нетрадиционного применения магнетиков в разных отраслях деятельности человека. Материалы будущего.

№	Тема/ содержание	Количество часов
	Модуль 1 «Изучение кристаллов»	
1	Модуль 1 «Изучение кристаллов»	20
1.1	Введение в физику твердого тела	2
1.2	Основные понятия о структуре и симметрии кристаллов. Анизотропия и симметрия кристаллов. Основные типы кристаллических решеток.	2
	Группы симметрии и основные операции симметрии.	2
1.3	Типы связей в кристаллах.	2
	Основные представления о росте кристаллов.	2

	Краткие сведения о методах выращивания кристаллов.	2
	Практические работы	8
2	Модуль 2 «Знакомство с нанотехнологиями»	25
2.1	История развития инструментов и методов исследования. Как развивались нанотехнологии.	2
2.2	Разница в размерах (нано-, микро-, макро-). Как размеры могут влиять на свойства материала. Превращения углерода. Графен.	4
2.3	Классификация нанообъектов по геометрической размерности. 1-D нанообъекты. Синтез, классификация, свойства и области применения наночастиц.	4
2.4	Приготовление квантовых точек их цитрусового сока.	4
2.5	2-D нанообъекты. Тонкие плёнки.	4
2.6	Виды микроскопии высокого разрешения. Электронная микроскопия.	2
2.7	Виды микроскопии высокого разрешения. Зондовая микроскопия.	2
2.8	Получение топологии поверхности объектов методом сканирующей зондовой микроскопии.	3

3	Модуль 3 Сканирующая зондовая микроскопия	50
3.1	История создания сканирующих зондовых туннельных и атомно-силовых микроскопов.	2
3.2	Основные принципы работы сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ). Артефакты при получении сканов, необходимость их учета.	2
3.3	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.	4
3.4	Принципы работы СЗМ «NanoEducator» в режиме сканирующей туннельной микроскопией (СТМ). Представление и анализ СТМ-изображений.	6
3.5	Получение первого изображения в режиме атомно силовой микроскопии (АСМ).	2

3.6	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.	12
3.7	Работа над мини- исследованием (постановка задачи исследования, выбор образцов, их подготовка для исследования, получение сканов, обработка и представление результатов исследования).	18
3.8	Презентация результатов мини-исследования	4
4	Модуль 4 «Наноразмерный магнетизм»	36
4.1	Особенности физических свойств объектов наноразмерного диапазона. Классификация. Проекты устройств компьютерной логики, памяти, датчиков и устройств спинтроники на основе магнитных наноэлементов. Современные проблемы и перспективы применения магнитных наноэлементов.	2
4.2	Магнитные характеристики материалов	8
	Введение в физику магнитных явлений. Основные магнитные характеристики (понятия, категории): магнитная индукция, напряженность поля, намагниченность, проницаемость, восприимчивость	
	Магнитные взаимодействия: обменная энергия, магнитная анизотропия, магнитостатическое взаимодействие. Классификация магнетиков	
	Структура намагниченности ферромагнетиков, магнитные домены. Процессы квазистатического перемагничивания. Гистерезис.	
	Статические свойства магнитной структуры. Итоговое занятие	
4.3	Магнетизм нанообъектов с вихревой структурой намагниченности	12

	Особые метастабильные состояния намагниченности. Магнитные вихри. Математический формализм описания эволюции намагниченности вихревой структуры	
	Методы и результаты наблюдения вихревых структур и их свойств. Магнитные измерения: силовая микроскопия, ФМР	
4.4	Вызовы и перспективные мировые направления исследований в области магнетизма	14
	Экзотические направления использования магнитных свойств нанобъектов. Экзотические направления использования магнитных свойств нанобъектов. Идеи нетрадиционного применения магнетиков в разных отраслях деятельности человека. Материалы будущего.	
Итого		136

ФОРМЫ РАБОТЫ

Теоретические занятия предназначены для представления теоретических знаний по программе. Проводятся в виде интерактивных лекций.

В данной программе предполагается два вида практических занятий: работа с учебным оборудованием и программирование. Все темы включают в себя самостоятельную работу. Самостоятельная работа предусматривает несколько видов деятельности ученика: работу с литературой, работу на компьютере, выполнение практических заданий.

В рамках мастерской также обеспечивается выполнение практической части работы обучающихся в рамках подготовки ими своего Индивидуального проекта, подготовка работ к участию в выставках и конкурсах.

ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

Текущий контроль теоретических знаний выполняется путем опроса. Предусмотрен выходной тест для выявления уровня знаний.

Текущий контроль практических знаний выполняется в процессе сдачи-приема практических заданий. Сдача задания включает в себя демонстрацию технического решения и ответов на вопросы сокурсников.

Заключительная форма контроля – презентация обучающимися своей практической работы в рамках защиты Индивидуального проекта или широкого спектра конкурсов технической направленности.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Литература и источники

1. Кобаяси Н. Ведение в нанотехнологию. – 2005.
2. Фейнман Р. Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики //Российский химический журнал. – 2002. – Т. 46. – №. 5. – С. 4-6.
3. Гейм А К "Случайные блуждания: непредсказуемый путь к графену" УФН 181 1284–1298 (2011) DOI: 10.3367/UFNr.0181.201112e.1284.
4. Мартинес-Дуарт Д. М., Мартин-Палма Р. Д., Агулло-Руеда Ф. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. – 2009.
5. Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологий. – 2012.
6. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Техносфера //Москва. – 2004.
7. Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П. Основы физики твердого тела //М.: Физматлит. – 2001.