

Комитет образования и науки администрации города Новокузнецка
Муниципальное бюджетное учреждение
дополнительного образования
Центр детского (юношеского) технического творчества «Меридиан»

РАССМОТРЕНО:
на заседании
методического совета
Протокол № 04
«26» июня 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:
на заседании
педагогического совета
Протокол № 02
«26» июня 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ:
директор МБУ ДО
Центр «Меридиан»
О.Ю. Попов
Приказ № 75-1
«10» августа 2020 г.



Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа

«Материаловедение и нанотехнологии»

естественнонаучной направленности

базового уровня

Возраст учащихся: 12-18 лет

Срок реализации: 1 год (144 часа)

Автор-составитель: Михно А.Р.,
педагог дополнительного образования

Новокузнецкий городской округ

2020

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Материаловедение и нанотехнологии» относится к программам **естественнонаучной направленности базового уровня**.

Нормативные документы, на основании которых разработана программа:

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Распоряжение Правительства РФ от 4 сентября 2014 г. № 1726-р «Концепция развития дополнительного образования детей»;
- Приказ Министерства просвещения РФ от 9 ноября 2018 г. № 196 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;
- Распоряжение Министерства просвещения РФ от 17 декабря 2019 г. № Р-139 «Об утверждении методических рекомендаций по созданию детских технопарков «Кванториум» в рамках региональных проектов, обеспечивающих достижение целей, показателей и результатов федерального проекта «Успех каждого ребенка» национального проекта «Образование»;
- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 04.07.2014 № 41 «Об утверждении СанПиН 2.4.4.3172-14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы ОО ДОД»;
- Приказ Департамента образования и науки Кемеровской области от 05.05.2019 г. № 740 «Об утверждении Правил персонифицированного финансирования дополнительного образования детей»;
- Устав МБУ ДО «Центр детского (юношеского) технического творчества «Меридиан».

Актуальность программы. Интерес к наноразмерным системам, то есть системам, один из компонентов которых имеет размер, лежащий в диапазоне (1–100) нм хотя бы по одному из измерений, обусловлен появлением новых качеств, которые не удается реализовать ни на атомно-молекулярном уровне, ни на макроскопическом объемном уровне вещества. Вопросы создания и применения наноразмерных материалов становятся все более актуальными по мере развития тенденции минимизации технических и информационно-технических систем и обретения ими принципиально новых функциональных характеристик.

На данном этапе технического развития чрезвычайно важными и перспективными являются технологии синтеза и производства наноматериалов. Накопившийся опыт по синтезу наночастиц и созданию материалов на их основе, а также прогресс методов и инструментов их диагностики позволяет провести обобщение и наметить пути поиска новых решений в этой инновационной области знаний. Для предсказания, оценивания и управления свойствами конечных произведенных нанотехнологичных продуктов, а также определения области их работы чрезвычайно важно понимать как механизмы, лежащие в основе формирования наноматериалов и наноразмерных систем, так и протекающие в них процессы, обуславливающие особенности работы наносистем.

Программа составлена по учебным материалам, предоставленным федеральными тьюторами детских технопарков «Кванториум» по направлению «Наноквантум», на основе сборника «Наноквантумтулkit» коллектива авторов: Мухин М., Мухин И., Голубок А. (М.: Фонд новых форм развития образования, 2019 – 116 с.).

Педагогическая целесообразность. Программа курса построена таким образом, чтобы углубить и расширить представления и знания учащихся средних и старших

классов в области современного материаловедения и нанотехнологий, познакомить с интересными перспективными материалами и их свойствами, новыми технологиями, выйти далеко за рамки школьной программы, освоить новые навыки и даже получать результаты, имеющие научный интерес. Расширяются теоретические и практические знания по работе с высокотехнологичным оборудованием, о профессиях будущего из «Атласа новых профессий».

Цель программы: формирование устойчивого интереса учащихся к познанию современного материаловедения, нанотехнологий и их практическое использование при создании наукоёмкой продукции через проектно-исследовательскую деятельность.

Задачи программы:

- закрепить терминологию и основные понятия, связанные с наноматериалами и нанотехнологиями;
- дать представление об основных методах получения наноматериалов и наноструктур, перспективах их развития;
- формировать системные знания о технологиях получения наноразмерных систем и их практической реализации на предприятиях для повышения устойчивости и конкурентоспособности инновационного бизнеса;
- формировать системные знания о физических основах, инструментальных принципах и диагностических возможностях методов современной нанодиагностики;
- развивать интерес к новейшим технологиям, культуру инновационной, научно-исследовательской и проектной деятельности;
- стимулировать познавательную активность и творческую инициативу обучающихся посредством включения их в проектную и исследовательскую деятельность;
- выработать навыки продуктивного общения, командной работы и публичных выступлений;
- воспитывать организационно-волевые качества личности, такие как организованность, дисциплинированность, самостоятельность и ответственность.

Обучение по данной программе основано на следующих **принципах**: научности, сознательности, доступности, наглядности, последовательности, связи теории с практикой, вариативности.

К основным **отличительным особенностям** настоящей программы можно отнести следующие аспекты:

- кейсовая система обучения;
- исследовательская и проектная деятельность;
- направленность на развитие универсальных (soft) компетенций.

В ходе решения кейсов (задач из реальной жизни, практических ситуаций и проблем) учащиеся осваивают все этапы проведения научного исследования: постановку задачи, формулировку гипотезы, методики измерений, формулировки и подтверждение выводов, верификацию результатов, основы статистической обработки результатов. У школьников формируются знания о методах и технологиях получения нанопорошков, нанослоев, наногетероструктур и наноструктурированных материалов, в основе которых лежат различные физические и физико-химические процессы, с акцентом на практическое применение полученных знаний в промышленности и других сферах деятельности. Программа предполагает развитие культуры исследовательской деятельности и разработки инновационных проектов.

Каждый кейс составляется в зависимости от темы и конкретных задач, которые предусмотрены программой, с учетом возрастных особенностей детей, их индивидуальной подготовленности.

Программа «Материаловедение и нанотехнологии» рассчитана на 144 часа, реализуется как **углубленный модуль** по направлению Наноквантума. По итогам

освоения данной программы у школьников формируются базовые знания и навыки для дальнейшего обучения по другим программам углубленного и проектного модуля в Наноквантуме.

Занятия проводятся по 6 часов в неделю (2 раза в неделю по 3 академических часа или 3 раза в неделю по 2 академических часа) на базе Кванториума в учебном кабинете с необходимым оборудованием, техническим и ресурсным обеспечением в соответствии с перечнем, указанным в сборнике «Наноквантум туллит».

Данная программа предназначена для обучающихся 12-18 лет. Количество детей в группе от 7 до 15 человек. Реализация программы допускает разновозрастной состав учащихся, что способствует социальному развитию детей, формированию умения работать в разновозрастном коллективе.

Обучение проводится в формате лекций, объяснений и демонстраций для усвоения теоретического материала. После основных лекционных занятий проводятся практические занятия для эффективного закрепления полученных теоретических знаний, а также для формирования базовых навыков. Для проверки полученных знаний целесообразно проводить публичные защиты результатов, полученных на практиках, а также выступления перед группой учащихся на заранее подготовленные темы.

Формы и методы работы индивидуальные, групповые и фронтальные: лекции, проектная деятельность, кейс-метод, дискуссии, мозговой штурм, групповые обсуждения, круглый стол, лабораторно-практическая работа, исследование, эксперимент, практикумы, интеллектуальные и деловые игры, анализ практических ситуаций, решение кейсов и проблемных ситуаций, участие в профильных мероприятиях, работа с различными источниками информации, выставки, творческие отчеты, презентация, индивидуальные и групповые консультации и др.

В ходе работы над проектом или решением кейса обязательно осуществляется презентация работы команды, текущих и выполненных проектов, в том числе с привлечением родительского сообщества и размещением в сети «Интернет». Разделы кейса легко масштабируются во времени (можно без каких-либо сложностей увеличить или уменьшить время на обсуждение этих вопросов), и позволяют скорректировать фактическое время под запланированное.

Планируемые результаты

Предметные и предпрофессиональные результаты (hard компетенции)

В результате освоения программы учащиеся

будут знать:

- терминологию и основные понятия, связанные с наноматериалами и нанотехнологиями;
- основные методы получения наноматериалов и наноструктур;
- свойства наноматериалов;
- строение наноразмерного объекта и размерные эффекты;
- перспективы развития методов получения наноматериалов и наноструктур;
- методы и технологии получения наноразмерных систем и их практической реализации на предприятиях для повышения устойчивости и конкурентоспособности инновационного бизнеса;
- физические основы, инструментальные принципы и диагностические возможности методов сканирующей зондовой микроскопии, спектроскопии и литографии;

будут уметь:

- пользоваться лабораторным оборудованием: микроскопы оптический и инвертированный, рентгенофлуоресцентный анализатор, весы лабораторные, аналитические, прецизионные; спектрофотометр, центрифуга, магнитная

мешалка, сканирующий зондовый микроскоп, технологическая установка изготовления наноигл;

- пользоваться вспомогательным оборудованием: диспергатор, дистиллятор, ультразвуковая мойка, водяная баня, сушильный шкаф, рефрактометр и т.п., простыми измерительными приборами (цифровой мультиметр, рН метр и т.п.), набором лабораторной посуды, общелабораторными принадлежностями и реактивами.
- работать с персональным компьютером (ноутбук) с выходом в сеть Интернет на уровне пользователя, знать основные программы (MSWord, MSPowerPoint, браузеры).

Личностные и метапредметные результаты (soft компетенции)

Личностные

- умение генерировать идеи указанными методами;
- умение взаимодействовать с другими членами учебной группы и проектной команды;
- умение аргументированно отстаивать свою точку зрения;
- умение искать информацию в свободных источниках и структурировать ее;
- умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи;
- навыки командной работы;
- умение грамотно устно и письменно формулировать свои мысли;
- критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы.

Метапредметные

регулятивные универсальные учебные действия:

- умение принимать и сохранять учебную задачу;
- умение планировать последовательность этапов проектирования для достижения цели;
- умение определять первоочередные задачи;
- умение эффективно использовать имеющиеся ресурсы;
- умение осуществлять итоговый и пошаговый контроль по результату;
- способность правильно организовывать рабочее место и время для достижения поставленных целей;

познавательные универсальные учебные действия:

- умение находить, анализировать и использовать релевантную информацию;
- продуктивное использование технической литературы для поиска решений;
- изложение мысли в четкой логической последовательности, отстаивание своей точки зрения, анализ ситуации и самостоятельный выбор ответа на вопросы путем логических рассуждений;
- умение устанавливать аналогии, причинно-следственные связи;

коммуникативные универсальные учебные действия:

- умение работать в команде (работа в общем ритме, эффективное распределение задач, работа в условиях ограничений, стрессоустойчивость и др.);
- умение слушать и слышать собеседника, аргументированно отстаивать свою точку зрения;
- навыки публичного выступления и презентации результатов.

Формы контроля и подведение итогов реализации программы

На занятиях используются: входной и текущий контроль, промежуточная и итоговая аттестация.

Входной контроль предполагает собеседование, в ходе которого определяется наличие у учащегося опыта выполнения лабораторных работ.

Текущий контроль осуществляется посредством наблюдения за деятельностью учащихся на каждом занятии и фиксации их умений во время работы над проектами и проблемами кейсов. Отмечается активность участия учащихся в профильных мероприятиях, степень самостоятельности при работе над проектом и творческими заданиями, самостоятельный поиск и разработка интересных тем для доклада (или мини-проекта) по направлению Наноквантума.

Промежуточная и итоговая аттестация предполагает публичное представление инженерных и исследовательских проектов, презентацию работы проектной команды, а также экспертную оценку финальных публичных выступлений участников команд с последующим обсуждением результатов их работы, творческое портфолио, участие в профильных конкурсах и мероприятиях.

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Раздел / тема	Количество часов			Формы контроля/аттестации
		всего	теория	практика	
1.	Введение	3	1	2	Собеседование
2.	Введение в терминологию нанотехнологий	36	12	24	Решение кейса, практические работы, публичные выступления
	2.1. Терминология и основные понятия в нанотехнологиях	6	2	4	
	2.2. Свойства наноматериалов	12	4	8	
	2.3. Строение наноразмерного объекта и размерные эффекты	18	6	12	
3.	Основные методы и технологии производства наноструктурированных материалов	54	17	37	Решение кейса, практические работы, публичные выступления
	3.1. Нанопорошки	6	1	5	
	3.2. Компактированные наноматериалы	6	1	5	
	3.3. Твердые, сверхтвердые и ультратвердые нанопокрyтия	12	2	10	
	3.4. Методы газофазной и молекулярно-лучевой эпитаксии	12	4	8	
	3.5. Методы синтеза наноматериалов	12	4	8	
	3.6. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез	6	2	4	
4.	Основы сканирующей зондовой микроскопии, спектроскопии и литографии	27	6	21	Решение кейса, практические работы

	4.1. Сканирующая зондовая микроскопия	6	2	4	
	4.2. Сканирующая туннельная микроскопия	6	2	4	
	4.3. Сканирующая силовая микроскопия	6	2	4	
	4.4. Измерение характеристик объектов различной природы	6	2	4	
	4.5. Оптические методы исследования и манипуляции с нанобъектами	3	1	2	
5.	Основные методы нанодиагностики материалов	9	3	6	Практические работы
6.	Подготовка проектных работ	12	-	12	Проекты
7.	Заключительное занятие	3	-	3	Презентация, защита проекта
	Всего	144	42	102	

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Раздел 1. Введение – 3 часа.

Общие понятия, термины, возникновение, история развития нанотехнологий. Нанобъекты вокруг нас. Задачи и перспективы развития наноматериалов и нанотехнологий, их использование в различных областях человеческой деятельности. Правила организации рабочего места и техника безопасности в лаборатории. Правила работы с оборудованием Наноквантума.

Практическая работа. Знакомство и собеседование с участниками (индивидуальная презентация, знакомство в малых группах, игры и т.д.). Знакомство с лабораторией. Демонстрация оборудования, инструментов, прикладных материалов. Упражнения на овладение навыками работы в группе, навыками ведения дискуссии и выдвижения гипотез, поиска и анализа информации, проведению физического эксперимента и обработке полученных данных. Просмотр видеоматериалов. Инструктаж по ТБ, пожарной безопасности и правилам поведения. Работа с кейсом «Изучаем в наномире» (нанотехнологии в строительстве, медицине, сельском хозяйстве и др.).

Раздел 2. Введение в терминологию нанотехнологий – 36 часов.

Тема 2.1. Терминология и основные понятия в нанотехнологиях - 6 часов.

Терминология и основные понятия, связанные с нанотехнологиями. Наносостояние. Причины возникновения. Роль поверхности, размеров и количества атомов в формировании наносостояния. Законы физики и химии в микромире. Взаимодействие элементарных частиц, химические связи, фотоэффект, поле и вещество, дуализм, квантовая механика. Основные эффекты, проявляющиеся при переходе материалов в наносостояние (изменение параметров внутренней структуры, тепловых, электрических, магнитных, оптических, химических свойств). Стандарт и цели стандартизации. Принятые и планируемые к принятию стандарты в нанотехнологиях.

Практическая работа. Работа с молекулярным конструктором. Просмотр видеоматериалов. Практикум и работа с кейсом «Особенности материалов в наносостоянии». Составление глоссария с терминами и определениями. Лабораторная работа «Экспериментируем в мире нанотехнологий».

Тема 2.2. Свойства наноматериалов – 12 часов.

Отличительные особенности материалов, находящихся в наносостоянии. Классификация наноматериалов. Примеры наноматериалов и их применения. Структура и свойства наносистем. Примеры наносистем и их применения. Наноустройства. Структура периодической таблицы химических элементов Д.И.Менделеева. Химические реактивы и их хранение.

Практическая работа. Практикум «Составление химических формул», «Решение задач на приготовление растворов в химической лаборатории и в быту», «Моделирование явлений в окружающем мире и способы предотвращения стихийных бедствий с использованием нанотехнологий и др. Практикум и работа с кейсом «Свойства наноматериалов» (отличительные особенности наносостояний материалов и основные параметры, определяющие свойства нанообъектов; особенности структуры и свойства β -BN в наносостоянии (нанотрубки, нанокапсулы, нанокластеры, наночастицы); основными свойствами диэлектрических и проводящих материалов в микро-и нанослоях и факторы, влияющие на эти свойства). Выполнение физических экспериментов и решение практических задач с использованием оборудования нанокванториума, которое предлагается для решения проблемы кейса.

Тема 2.3. Строение наноразмерного объекта и размерные эффекты – 18 часов.

Наноразмерный объект как промежуточное звено между отдельным атомом или молекулой и объемным материалом. Классификация наноразмерных объектов и систем на их основе. 0D, 1D и 2D наноразмерные объекты. Типы наноразмерных систем. 1D, 2D и 3D наноразмерные системы. Фрактальность наноразмерных систем. Зависимость физико-химических свойств от размера. Природные и искусственные наноразмерные объекты и системы. Перспективные направления развития нанотехнологий. Нанохимия. Нанореакторы как инструмент синтеза и исследования химических свойств наноразмерных объектов. Наноккомпозиты. Методы и технологии получения наноматериалов.

Практическая работа. Работа с молекулярным конструктором. Упражнения на моделирование молекул органических веществ. Лабораторная работа «Экспериментируем в мире нанотехнологий» (работа с компьютером, лабораторным оборудованием, реактивами; классификация посуды для химического анализа). Поиск информации по теме в свободных источниках и ее структурирование. Практикум и работа с кейсом «Термодинамика монослойной пленки» (теоретическое определение параметров устойчивости наносистем методами термодинамического описания; выявление зависимости стабильного поведения и функционирования наносистемы от внешних факторов). Практикум «Нанохимия в задачах», «Работа на высокотехнологичном оборудовании для расчета результатов» и др.

Раздел 3. Основные методы и технологии производства наноструктурированных материалов – 54 часа.

Тема 3.1. Нанопорошки – 6 часов.

Методы и оборудование получения нанообъектов. Физико-химические основы получения нанопорошков испарением-конденсацией, в процессе газозафазных реакций, кристаллизацией из расплава. Применение и выбор процессов для синтеза нанопорошков различной химической природы и физической структуры.

Практическая работа. Практикум «Практикуем в наномире» (моделирование природных явлений с использованием нанотехнологий). Упражнения на развитие умений

искать информацию в свободных источниках и структурировать ее, умений генерировать идеи, комбинировать и видоизменять их.

Тема 3.2. Компактированные наноматериалы – 6 часов.

Структура и свойства компактированных наноматериалов. Физико-химические основы получения компактированных наноматериалов. Применение процессов компактированных наноматериалов для получения изделий из нанопорошков методом спекания. Разновидности методик и оборудования. Методы и оборудование получения нанообъектов механическим диспергированием, механосинтезом, детонационным синтезом, электровзрывом и методом твердофазного разложения.

Практическая работа. Практикум «Расчет энергии, затрачиваемой при диспергировании материалов до заданного размера частиц», «Оценка параметров структуры компактированных наноматериалов в зависимости от внешних технологических факторов», «Расчет энергии, затрачиваемой при диспергировании материалов до заданного размера частиц» (продолжение работы). Упражнения на развитие умений искать информацию в свободных источниках и структурировать ее, умений генерировать идеи, комбинировать и видоизменять их. Практикум «Нанохимия в задачах», «Работа на высокотехнологичном оборудовании для расчета результатов» и др.

Тема 3.3. Твердые, сверхтвердые и ультратвердые нанопокртия – 12 часов.

Физико-химические основы получения нанопорошков твердых, сверхтвердых и ультратвердых нанопокртий. Процессы нанесения твердых, сверхтвердых и ультратвердых нанопокртий для создания модифицированных поверхностных слоев. Разновидности методик и оборудования. Основные методы контроля гранулометрического состава нанообъектов и их морфологических особенностей. Принципы выбора методов контроля применительно к различным нанообъектам. Правила взвешивания и работы с лабораторными весами.

Практическая работа. Практикум «Определение распределения наночастиц по размерам». Изучение технологического оборудования и основных методов получения нанопорошков, нанослоев, компактных наноматериалов и др. Упражнения на развитие умений искать информацию в свободных источниках и структурировать ее, умений генерировать идеи, комбинировать и видоизменять их. Упражнения на отработку умений работы с лабораторными весами, вычисление массовой доли элемента в различных веществах.

Тема 3.4. Методы газофазной и молекулярно-лучевой эпитаксии – 12 часов.

Методы очистки наноматериалов и получения высокочистых веществ, их физико-химические основы. Применение процессов очистки материалов для различных веществ в различных агрегатных состояниях. Процессы газофазной (ГФЭ) и молекулярно-лучевой эпитаксии (МПЭ) для формирования наногетероструктур. Планарные технологии, физические закономерности, определяющие свойства многокомпонентных полупроводниковых соединений A_3B_5 , A_2B_6 и гетероструктур на их основе при МПЭ. Технологические методы и условия получения гетероструктур методами МПЭ. Методы ГФЭ. Основные процессы, протекающие при ГФЭ. Аппаратное оформление технологии ГФЭ. Разновидности методик и оборудования.

Практическая работа. Практикум и решение кейса «Методы зонной очистки». Определение и комплектация состава основного технологического и диагностического оборудования для выполнения поставленной задачи. Упражнения на развитие умений искать информацию в свободных источниках и структурировать ее, умений генерировать идеи, комбинировать и видоизменять их. Изготовление моделей молекул неорганических веществ из конструктора.

Тема 3.5. Методы синтеза наноматериалов – 12 часов.

Сверхкритическое состояние. Основы гидротермальной технологии синтеза наночастиц. Физико-химические особенности зародышеобразования и роста кристаллов в гидротермальных условиях. Совмещение гидротермального метода с акустическими и микроволновыми технологиями. Коллоидное состояние и дисперсные системы. Наножидкости. Метод осаждения и соосаждения из растворов. Седиментация как метод повышения выхода наночастиц. Золь-гель технология. Физический и химический гель. Синтез наночастиц в микрогетерогенных системах и их физико-химические свойства. Использование электрохимических процессов для получения наночастиц и нанопокровов. Криохимическая технология. Метод испарения и конденсации. Электроэрозия. Атомно-молекулярное наслаивание. Плазмохимический синтез и его разновидности. Микродуговой способ синтеза. Взрыв как способ синтеза наночастиц.

Практическая работа. Изучение техники безопасности при работе с аммиаком. Лабораторная работа по осаждению серебра, получение пленки Ag. Самостоятельный поиск и разработка интересных тем для доклада (или мини-проекта), имеющих отношение к тематике.

Тема 3.6. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез – 6 часов.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез наноматериалов. Лазерная обработка, абляция материалов. Метод термического разложения в применении к получению наноматериалов. Электровзрыв проводников как способ получения наночастиц металлов и оксидов металлов. Механическое и ультразвуковое диспергирование. Твердофазный синтез нанокристаллов в стеклянной матрице. Пористые стекла. Механохимическая активация. Сонохимические технологии. Методы пластической деформации. Нанолитография.

Практическая работа. Практикум и решение кейса «Химический синтез и физико-химический анализ водной дисперсии наночастиц золота».

Раздел 4. Основы сканирующей зондовой микроскопии, спектроскопии и литографии – 27 часов.

Тема 4.1. Сканирующая зондовая микроскопия – 6 часов.

Перспективы развития отрасли «электронная оптика» и применения знаний, полученных на основе анализа микромира. Методы исследования свойств поверхностей. Основная идея сканирующего зондового микроскопа (СЗМ). Физические основы, инструментальные принципы, аппаратно-программное обеспечение, пространственное разрешение, типы СЗМ. Пьезосканер. Стабилизация наноконтакта зонда с образцом с помощью следящей системы (СС). Аналоговая и цифровая СС. Режим постоянного взаимодействия и постоянной высоты. Компромисс между точностью и устойчивостью слежения. Принцип защиты наноконтакта от вибраций, акустических шумов и тепловых дрейфов. Основные СЗМ, измерительные моды, фирмы-производители.

Практическая работа. Практикум по сканированию образцов и обработке изображений. Составление сравнительной таблицы по типам СЗМ. Выполнение практических и учебно-исследовательских работ с СЗМ.

Тема 4.3. Сканирующая туннельная микроскопия – 6 часов.

Туннельный эффект. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ), ее применение. Энергетическая диаграмма контакта металл – диэлектрик – металл. Пространственное разрешение СТМ. Туннельный ток в случае потенциального барьера прямоугольной и треугольной формы. Режим постоянного туннельного тока и постоянной

высоты. Упругая и неупругая туннельная спектроскопия. Локальная туннельная спектроскопия металлов, полупроводников, сверхпроводников, органических молекул. СТМ спектроскопия атомного разрешения. Эффекты одноэлектронного туннелирования.

Практическая работа. Практикум «Визуализация методом СТМ микро-и наноструктуры поверхности образца мастер-диска, используемого при изготовлении DVD-дисков».

Тема 4.4. Сканирующая силовая микроскопия – 6 часов.

Силовая микроскопия. Энергия межатомного взаимодействия. Ветви отталкивания и притяжения. Потенциал Леннарда-Джонса. Модель Герца для упругого контакта двух сфер. Упругий контакт плоскости и сферы. Способ измерения локального силового взаимодействия. Кантилеверы и их параметры. Выбор кантилеверов для исследования объектов различной природы. Пьезорезонансные датчики силового взаимодействия. Контактная, бесконтактная и полуконтактная измерительные моды. Амплитуда, частота и фаза колебаний в полуконтактном режиме. Получение кривых подвода в различных режимах, измерение средней силы взаимодействия. Особенности силовой микроскопии биологических объектов. Применение сканирующей силовой микроскопии для диагностики наномеханических свойств полимерных материалов.

Практическая работа. Практикум «Визуализация и измерение геометрических параметров пиков на поверхности CD-диска из поликарбоната».

Тема 4.5. Измерение характеристик объектов различной природы – 6 часов.

Измерение локальных механических, электрических, магнитных характеристик объектов различной природы. Измерение локальной силы трения. Измерение локальной твердости в сканирующем силовом микроскопе. Фазовый контраст. Построение карты распределения модуля Юнга. Сканирующая емкостная микроскопия полупроводниковых наногетероструктур. Измерение локального потенциала (Кельвин мода). Измерение сопротивления растекания. Микроскоп магнитных сил. Двухпроходные СЗМ методики. Кантилеверы для магнитных и электростатических измерений. Сверхвысоковакуумная зондовая микроскопия и спектроскопия атомного разрешения. Сканирующая зондовая литография. Примеры применения СЗМ методов.

Практическая работа. Практикум «Создание наноструктуры по цифровому шаблону на поверхности поликарбоната методом динамической силовой литографии».

Тема 4.6. Оптические методы исследования и манипуляции нанообъектами – 3 часа.

Состояние дел в современной оптической микроскопии. Базовые принципы конфокальной и ближнеполевой оптической микроскопии. Интенсивность электромагнитного излучения в эванесцентной зоне (ближнее поле) и в зоне дальнего поля. Зонд для ОМБП. Конструкция оптического микроскопа ближнего поля (ОМБП) и конфокального оптического микроскопа. Устройство и работа лазерного пинцета. Обработка и анализ СЗМ данных.

Практическая работа. Практикум «Обработка и представление СЗМ данных, измерение геометрических характеристик на СЗМ изображениях».

Раздел 5. Основные методы нанодиагностики материалов – 9 часов.

Тенденции развития инструментальных методов исследования нанообъектов. Методы и инструменты диагностики наноразмерных систем в зависимости от способа и технологии их получения. Электронная оптика. Общие схемы электронных микроскопов. Возможности использования эффектов взаимодействия заряженных частиц с веществом для исследования, контроля и модификации нанообъектов. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ в исследовании, диагностике и контроле параметров наноструктурированных материалов. Формирование изображения в растровом

электронном микроскопе. Детекторы в растровой электронной микроскопии. Электроннолучевая литография. Использование сфокусированных ионных пучков для обработки и визуализации нанообъектов. Физические принципы рентгеновской дифрактометрии и рентгенофлуоресцентной спектрометрии для определения кристаллической структуры, элементного и фазового состава наноматериалов. Разновидности и особенности рентгеноспектральных методов.

Практическая работа. Практикум «Приемы рентгеноспектрального и рентгенодифракционного анализа» и по изучению оборудования Наноквантума для диагностики наноразмерных систем. Решение задач по применению наночастиц и наноматериалов, наблюдения и эксперименты.

Раздел 6. Подготовка проектных работ – 12 часов.

Принципы создания научной проектной работы и основные принципы работы над ней. Способы поиска проблем, противоречий и приемы их разрешения. Этапы работы над нанопроектом. Способы поиска и обработки информации, работы с информационными копилками. Приемы выдвижения идей с помощью мозгового штурма, организации круглого стола, дискуссии, конференции идей и т.п. Виды научных работ. Правила подготовки научных работ и научная дискуссия. Правила оформления практической части научных и учебно-исследовательских проектов. Обработка полученных результатов, материалов научной, проектной или исследовательской работы. Рефлексия и доработка проектов при необходимости. Требования к презентационным материалам.

Практическая работа. Формирование проектных групп. Выбор проблемы и темы проекта, планирование работы над ним. Работа в проектной группе: самостоятельный поиск и обработка информации; выдвижение гипотез, анализ информации, проведение экспериментов и учебно-исследовательских работ, обработка полученных данных, решение задач. Подготовка выводов, результатов измерений, расчетов, публичного представления проектов.

Раздел 7. Заключительное занятие – 3 часа.

Варианты продолжения и продвижения проектов, учебно-исследовательских работ. Экспертная оценка результатов и подбор потенциальных площадок для представления результатов работы. Обзор мероприятий разного уровня для представления разработанных проектов.

Практическая работа. Презентация и защита проектов. Представление результатов экспериментов, измерений и расчетов. Совместное обсуждение итогов. Организация и проведение мастер-классов и практикумов по тематике кванта, в рамках разработанных проектов и проведенных исследований.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Раздел программы	Формы занятий	Приёмы и методы организации образовательного процесса	Дидактический материал	Техническое оснащение занятий	Формы подведения итогов
Введение	Беседа, игра, демонстрация, инструктаж, практическая работа	Словесно-наглядный. Приучение к выполнению требований	Презентации, подготовленные педагогом, тематическая видеотека	Лабораторное оборудование, инструменты, ПК	Собеседование
Введение в терминологию нанотехнологий	Лекция, работа в парах, практическая работа, инструктаж, сообщения детей, лабораторная работа	Метод устного изложения, позволяющий в доступной форме донести до обучающихся сложный материал	Кейс-задания, справочные таблицы, дидактический и раздаточный материал	Лабораторное оборудование, инструменты, мультимедийное оборудование	Решение кейса, практические работы, публичные выступления
Основные методы и технологии производства наноструктурированных материалов	Индивидуальная и групповая работа, лекция, практическая работа, инструктаж, лабораторная работа, эксперимент	Словесно-наглядный, практический, проблемный, частично-поисковый, кейс-метод	Кейс-задания, справочные таблицы (Менделеева, растворимости, вязкости, температуры кипения, плавления и др.)	Лабораторное оборудование, инструменты для подготовки заготовок, ПК	Решение кейса, практические работы, публичные выступления
Основы сканирующей зондовой микроскопии, спектроскопии и литографии	Лекция, практическая работа, лабораторная работа, демонстрация	Словесно-наглядный, практический, проблемный, частично-поисковый, кейс-метод	Кейс-задания, справочные таблицы, тематическая видеотека, дидактический и раздаточный материал	Лабораторное оборудование, инструменты, ПК	Решение кейса, практические работы
Основные методы нанодиагностики материалов	Практическая работа, дискуссия, инструктаж, лабораторная работа, демонстрация	Словесно-наглядный, практический, проблемный, частично-поисковый, кейс-метод	Кейс-задания, справочные таблицы, дидактический и раздаточный материал	Лабораторное оборудование, инструменты, ПК	Практические работы
Подготовка проектных работ	Проблематизация, индивидуальная и групповая работа, проект, консультации	Словесно-наглядный, практический, проблемный, частично-поисковый	Справочные таблицы, дидактический и раздаточный материал	Лабораторное оборудование, инструменты, ПК	Проекты
Заключительное занятие	Презентация	Метод проверки, оценки знаний и навыков	Готовые проекты, тематические подборки	Мультимедийное оборудование	Презентация, защита работы

МАТЕРИАЛЬНО – ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Условия реализации программы: учебный кабинет, оснащенный оборудованием (стандарт).

Перечень необходимого оборудования и расходных материалов:

№	Наименование	Количество (шт.)
1	Учебное оборудование	
	Микроскоп школьный «Эврика»	3
	Набор микропрепаратов	2
	Набор лабораторной посуды и оборудования	2
	Микроскоп оптический металлографический ММР-3	1
	Сканирующий зондовый микроскоп NanoTutor	1
	Устройство изготовления зондов Etchenger	1
	Микроскоп сканирующий зондовый MicProbe	1
	Микроскоп Микромед ПОЛАР-1	1
	Микроскоп металлографический сканирующий БиОптикСМІ-400	1
	Спектрометр рентгенофлуоресцентный компактный ПАНДА	1
2	Компьютерное оборудование	
	Ноутбук	10
	Компьютер	2
	Принтер	1
	Сетевой удлинитель	3
	Бумага А4	1
3	Презентационное оборудование	
	LED панель	1
	Настенное крепление	1
	Интерактивный комплект	1
4	Мебель	
	Комплект мебели	12

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПЕДАГОГОВ

1. Гудилин, Е.А. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества [Текст]/ под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 171 с.
2. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст]/ А.И. Гусев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
3. Дубровский, В.Г. Теоретические особенности технологии полупроводниковых наноструктур [Текст]/ В.Г. Дубровский. – Санкт-Петербург, 2006. – 347 с.
4. Журнал «Квант» за 1970 – 2007 гг. [Текст]. – М.: Наука.
5. Мухин, М. Наноквантум тулкит [Текст]/ М. Мухин, И. Мухин, А. Голубок. – М.: Фонд новых форм развития образования, 2017 – 128 с.
6. Новые материалы [Текст]/ под редакцией Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС. – 2002 – 736 с.
7. Пул, Ч. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии – [Текст]/ Ч.Пул-мл., Ф. Оуэнс. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
8. Сергеев, Г.Б. Нанохимия [Текст]/ Г.Б. Сергеев. – М.: МГУ, 2007.
9. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов [Текст]/ под ред. С.В. Калюжного. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.
10. Суздалев, И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]/ И.П. Суздалев. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

1. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов [Текст]/, под редакцией С.В. Калюжного, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 528 с.
2. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества, Гудилин Е.А. и др., под ред. Ю.Д.Третьякова. – М.БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
3. Гринвуд, Н. Химия элементов: в 2 томах [Текст]/ Н. Гринвуд, А. Эрншо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
4. Гудилин, Е.А. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества [Текст]/ под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 171 с.
5. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст]/ А.И. Гусев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
6. Деффейс, К., Деффейс С. Удивительные наноструктуры [Текст]/ под ред. Л.Н. Патрикеева. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.
7. Журнал «Квант» за 1970 – 2007 гг. [Текст]. – М.: Наука.
8. Миронов, В.Л. Мир физики и техники. Основы сканирующей зондовой микроскопии [Текст]/ В.Л. Миронов. – М.: Техно, 2009.
9. Новые материалы [Текст]/ под редакцией Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002 – 736 с.
10. Пул, Ч. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии – [Текст]/ Ч.Пул-мл., Ф. Оуэнс. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
11. Сонин, А.С. Дорога длиною в век: из истории открытия и исследования жидких кристаллов [Текст]/ А.С. Сонин. – М.: Наука, 1988.
12. Суздалев, И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]/ И.П. Суздалев. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с.
13. Фехльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологий. Учебное пособие. Пер. с англ.: Научное издание [Текст]/ Б. Фехльман – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 464 с.: цв.вкл.

ИНТЕРНЕТ ИСТОЧНИКИ

1. Интернет-курс «Concepts in Nanotechnology» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.canvas.net/courses/concepts-in-nanotechnology>
2. Поисковая система научно-технической информации ISI Web of knowledge [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.isiknowledge.com/
3. Нанотехнологическое общество России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntsrf.info/internet/>
4. Онлайн курсы. Интернет-курс «Наука для детей: наглядные опыты дома» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stepik.org/course/Наука-для-детей-наглядные-опыты-дома-1725>
5. Сайт о нанотехнологиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/>.