

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

«Нанотехнологии: проектный модуль»

естественнонаучной направленности

углубленного уровня

Возраст учащихся: 12-18 лет

Срок реализации: 1,5 месяца (36 часов)

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

Новокузнецкий городской округ

2020

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Нанотехнологии: проектный модуль» относится к программам **естественнонаучной направленности углубленного 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 связана с развитием и выходом на рынок нанотехнологий, «умных» материалов, новых приборов и лекарственных веществ, определяющих достижения человечества во многих отраслях науки и промышленности, и обусловлена интересом к наноразмерным системам, которые минимизируют технические и информационно-технические систем, дают им принципиально новые функциональные характеристики.

Приоритетным направлением движения научно-технического прогресса в наше время является исследовательская и проектная деятельность - важный и эффективный механизм формирования у школьников способности самостоятельно мыслить, добывать и применять знания, тщательно обдумывать принимаемые решения, четко планировать действия, активно сотрудничать в разнообразных группах.

Данная программа формирует прикладные навыки и умения обучающихся, успешно освоивших базовые программы Наноквантума, дает возможность использовать их при разработке и реализации проектов в области нанотехнологий, при решении проблем своего города и региона, в том числе связанных с актуальным вопросом утилизации, переработки техногенных отходов крупных промышленных городов. Кемеровская область занимает первое место в России по количеству образующихся отходов: 1,9 млрд.тонн в год, из-за концентрации в регионе сырьевых производств. Использование нанотехнологий показывает высокую эффективность в сфере экологической переработки отходов и очистки воды.

Программа составлена по учебным материалам, предоставленным федеральными тьюторами детских технопарков «Кванториум» по направлению «Наноквантум», на

основе сборника «Наноквантум тулкит» коллектива авторов: Мухин М., Мухин И., Голубок А. (М.: Фонд новых форм развития образования, 2019 – 116 с.).

Педагогическая целесообразность обусловлена обучением школьников решению задач прикладного и фундаментального характера в области нанотехнологий, перспективных наноматериалов и их свойств через практико-ориентированные инженерные и исследовательские проекты.

Цель программы: создание условий для научно-исследовательской деятельности учащихся в области нанотехнологий и современного материаловедения через решение конкретных проблемных практических заданий (кейсов) и формирование конкретных прикладных навыков.

Задачи программы:

- научить ориентироваться в современных тенденциях использования наноматериалов и нанотехнологических подходов в различных областях техники и промышленности, а также в связанных с этим направлением профессиях;
- показать возможности практической реализации методов современной нанодиагностики и технологий получения наноразмерных систем, наноматериалов и наноструктур для решения конкретных проблем в реальном секторе экономики, в том числе, в своём регионе;
- формировать систему специфических умений и навыков проектирования (формулирование проблемы и постановка задач, целеполагание и планирование деятельности, подготовка и реализация проекта, самоанализ и рефлексия, презентация в различных формах);
- способствовать развитию научного мировоззрения, умений для проведения самостоятельных исследований;
- стимулировать познавательную активность, творческую инициативу и активную жизненную позицию;
- содействовать воспитанию социально успешной личности, культуры общения и поведения в социуме.

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

Отличительной особенностью данной программы является реализация педагогической идеи формирования у школьников умения учиться – самостоятельно добывать и систематизировать новые знания; компетентностный подход – формирование как личностных, так и профессионально-ориентированных компетенций учащегося через нацеленность на практические результаты, проектную деятельность, возможность проводить часть исследований совместно с предприятиями города, высшими учебными заведениями и при сотрудничестве с профессионалами из сферы бизнеса.

Программа «Нанотехнологии: проектный модуль» дает учащимся опыт практического применения полученных при обучении в Наноквантуме знаний о современном мире нанотехнологий и рассчитана на 36 часов. Реализуется как **проектный модуль** по направлению Наноквантума.

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 тулкит».

Данная программа предназначена для обучающихся 12-18 лет, которые успешно освоили базовый курс по направлению «Наноквантум». 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.

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 проблемных ситуаций, участие в профильных мероприятиях, работа с различными источниками информации, выставки, творческие отчеты, презентация, индивидуальные и групповые консультации и др.

Предусмотрено формирование проектных команд в составе не менее 3-х человек, погружение в творческую среду, решение исследовательских, инженерных кейсов и соревновательных проектов, выполнение междисциплинарных проектов, реализация проектов командами внутри региона, выезды на промышленные предприятия. Выполнение междисциплинарных исследовательских проектов в области нанотехнологий, физики, химии, биологии, информатики формирует у школьников понимание и умение применять на практике алгоритм выполнения исследовательских задач, обеспечивает разностороннее восприятие обучающимися сложных особенностей наномира, формируя целостную картину о современных тенденциях в данной области.

В ходе работы над проектом могут быть реализованы проекты как внутри квантума, так и совместные межквантовые проекты. Межквантовые проекты должны носить формат законченных научных исследований или инженерной разработки в виде выполненного продукта, с анализом потенциального рынка, предложениями по дальнейшему продвижению. Обязательно осуществляется презентация текущих и выполненных проектов, в том числе с привлечением родительского сообщества и размещением в сети «Интернет».

Планируемые результаты

Предметные и предпрофессиональные результаты (hard компетенции)

В результате освоения программы учащиеся
будут знать:

- современные тренды и достижения в развитии нанотехнологий;
- профессии в сфере нанотехнологий;
- классификацию, возможности и назначение основных методов получения наноматериалов;
- отличительные особенности наносостояния материалов;
- основные параметры, определяющие свойства нанообъектов, методы и приборы их характеристики;
- физические основы, инструментальные принципы и диагностические возможности методов современной нанодиагностики;
- методы и технологии получения наноразмерных систем, наноматериалов и наноструктур;
- технологическое оборудование и основные методы получения нанопорошков, нанослоев и компактных наноматериалов;
- способы поиска и обработки информации, работы с информационными копилками;
- способы поиска проблем, противоречий и приемы их разрешения;
- алгоритм выполнения исследовательских задач;
- этапы проведения научного исследования: постановку задачи, формулировку гипотезы, методики измерений, формулировки и подтверждение выводов, верификацию результатов, основы статистической обработки результатов;
- условия и подходы к разработке, реализации и управлению проектом, этапы работы над проектом, последовательность действий при разработке проектов;
- требования к презентационным материалам (презентация, постер, буклет и др.), сообщениям, отчетам и правила их подготовки;

будут уметь:

- организовывать рабочее место;
- технологически правильно обращаться с оборудованием Наноквантума при выполнении практико-ориентированных работ и проектов, в том числе, лабораторным;
- пользоваться вспомогательным оборудованием, набором лабораторной посуды, общелабораторными принадлежностями и реактивами;
- ориентироваться в современных тенденциях использования наноматериалов и нанотехнологических подходов в различных областях техники и промышленности, а также в связанных с этим направлениях профессиях;
- анализировать и предсказывать тенденции развития сегмента рынка продукции на основе наноразмерных систем;
- рационально оценивать возможности и перспективы использования нанотехнологий в различных областях человеческой деятельности;
- обрабатывать наноструктурированные материалы;
- выбирать оптимальные расходные материалы;
- осуществлять проектную деятельность (формулировать проблемы, выдвигать гипотезы, ставить вопросы, цели и задачи, оценивать результат своей индивидуальной и командной работы, организовывать свою работу по схеме замысел-реализация-рефлексия);
- проводить учебные исследования с оборудованием Наноквантума, обрабатывать и анализировать полученные результаты;
- составлять презентационные и отчетные материалы по проекту;
- видеть возможные варианты реализации проекта в действительности.

Личностные и метапредметные результаты (soft компетенции)**Личностные**

- умение генерировать идеи указанными методами;
- умение взаимодействовать с другими членами учебной группы и проектной команды;
- умение аргументировано 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 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, аргументировано отстаивать свою точку зрения;
- навыки публичного выступления и презентации результатов.

Формы контроля и подведения 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 базового уровня знаний по направлению «Наноквантум», опыт выполнения лабораторных работ.

Текущий контроль осуществляется посредством наблюдения за деятельностью учащихся на каждом занятии и фиксации их умений во время работы над проектами. Отмечается активность участия учащихся в профильных мероприятиях, степень самостоятельности при работе над проектом и творческими заданиями, самостоятельный поиск и разработка интересных тем в рамках реализуемого проекта.

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

№	Раздел / тема	Количество часов			Формы контроля/ аттестации
		всего	теория	практика	
1.	Вводное занятие	3	1	2	Собеседование, наблюдение
2.	Законы микромира, особенности нанотехнологий	6	2	4	Творческие задания
3.	Практикум по решению задач по нанотехнологиям	6	1	5	Практические, лабораторные работы
4.	Разработка проектных и исследовательских работ	15	3	12	Проект, исследовательская работа
5.	Оформление результатов	3	1	2	Проект, исследовательская работа
6.	Презентация проектов	3		3	Презентация, защита проектов, участие в мероприятиях
	Всего:	36	8	28	

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Раздел 1. Вводное занятие – 3 часа.

Введение в программу. Правила ТБ в Наноквантуме. Современные тренды и достижения в развитии нанотехнологий. Профессии в сфере нанотехнологий. Научные достижения и проекты в данном направлении и практика их реализации.

Практическая работа. Творческие задания для определения у учащегося базового уровня знаний по направлению «Наноквантум». Упражнения на генерирование идеи по применению знаний, полученных в базовом курсе Наноквантума в решении конкретных задач и проектной деятельности. Формирование проектных команд. Тренинги личностного роста, игры на командообразование.

Раздел 2. Законы микромира, особенности нанотехнологий – 6 часов.

Классификация наноразмерных объектов и систем на их основе. Методы и оборудование для получения нанообъектов, контроля их состава. Физические основы, инструментальные принципы и диагностические возможности методов современной нанодиагностики. Современные тенденции использования наноматериалов и нанотехнологических подходов в различных областях техники и промышленности, а также в связанных с этим направлениях профессиях. Тенденции развития сегмента рынка продукции на основе наноразмерных систем. Научное исследование и этапы его проведения. Тематика научных исследований в Наноквантуме.

Практическая работа. Проведение практических работ и учебных исследований с оборудованием Наноквантума, обработка и анализ полученных результатов. Сравнение достоинств и недостатков различных видов исследовательского оборудования. Моделирование молекул. Творческие задания и мини-исследования на свойства наноматериалов. Обсуждение проектов в области материаловедения. Самостоятельный поиск и разработка интересных тем для исследовательских работ, доклада, мини-проекта.

Раздел 3. Практикум по решению задач по нанотехнологиям – 6 часов.

Основные параметры, определяющие свойства нанообъектов, методы и приборы их характеристики. Технологическое оборудование и основные методы получения нанопорошков, нанослоев и компактных наноматериалов. Правила ТБ при работе в лаборатории Наноквантума. Правила пользования вспомогательным оборудованием, набором лабораторной посуды, общелабораторными принадлежностями и реактивами. Классификация химической посуды. Способы обработки наноструктурированных материалов. Основы статистической обработки результатов.

Практическая работа. Решение задач по строению вещества, по дисперсным системам, по тепловым явлениям и др. Решение практических задач и выполнение лабораторных работ: «Свойства наноматериалов», «Методы и технологии получения твердых, сверхтвердых и ультратвердых нанопокровов», «Методы контроля состава нанообъектов», «Методы очистки наноматериалов и получения высокочистых веществ», «Методы зонной очистки», «Пластическая деформация», «Термическое разложение», «Особенности диагностики наноразмерных систем в зависимости от метода и технологии получения» и др.

Раздел 4. Разработка проектных и исследовательских работ – 15 часов.

Принципы создания научной проектной работы. Возможности и перспективы использования нанотехнологий в различных областях человеческой деятельности. Способы поиска проблем, противоречий и приемы их разрешения. Условия и подходы к разработке, реализации и управлению проектом, этапы работы над проектом, последовательность действий при разработке проектов. Целеполагание и планирование. 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. Междисциплинарные исследовательские проекты в области нанотехнологий, физики, химии, биологии, информатики и др.

Практическая работа. Определение проблемы проектными командами для дальнейшего решения в ходе проектной или исследовательской деятельности. Разработка идей

проектных работ с использованием оборудования Наноквантума, выбор проектных задач, формулировка тем исследовательских и инженерных работ в рамках проектной работы, коллективное обсуждение проблематики возможных проектов. Выполнение творческих заданий. Упражнения на формирование умений задавать вопросы, видеть проблему, использовать исследовательские методы. Определение общих способов решения проблемы, выбранной проектными командами, формирование плана работы. Поиск информации по теме, проекту, составление картотек, информационных копилки и работа с ними. Подготовка материалов по проектам. Самостоятельная проектная деятельность или самостоятельная работа проектных команд над проектом, проектными заданиями, учебными исследованиями, реализацией решений на каждом этапе работы. Консультативная работа с обучающимися и проектными командами.

Раздел 5. Оформление результатов – 3 часа.

Обработка полученных результатов, материалов проектной или исследовательской работы. Рефлексия и доработка проектов при необходимости. Требования к презентационным материалам (презентация, постер, буклет и др.), сообщениям, отчетам и правила их подготовки. Главное и второстепенное при подготовке презентационных материалов. Инфографика.

Практическая работа. Оформление проектными командами результатов и артефактов проектной или исследовательской деятельности. Создание презентационных материалов. Подготовка отчёта (дать определение основным понятиям, подготовить презентацию и сообщение по результатам работы и о работе проектной команды, использовать рисунки, таблицы, инфографику). Индивидуальная консультативная работа с обучающимися и проектными командами по подготовке отчетных и презентационных материалов. Консультации экспертов.

Раздел 6. Презентация проектов – 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. Публичное выступление проектных команд. Презентация проектов, их защита при помощи метода «Думательные шляпы», обсуждение с использованием приемов «Плюс, минус, интересно», «Рассмотри все факторы» и т.п. Подготовка вопросов проектным командам, высказывание собственных суждений. Обсуждение вариантов дальнейшего продвижения проектов. Участие в профильных мероприятиях Кванториума.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Раздел программы	Формы занятий	Приёмы и методы организации образовательного процесса	Дидактический материал	Техническое оснащение занятий	Формы подведения итогов
Вводное занятие	Инструктаж, лекция, практическая работа, игры, тренинг	Словесно-наглядный, игровой. Приучение к выполнению требований	Набор видеоматериалов для знакомства с проектами в Наноквантуме, инструкции по ТБ, материал по обобщению базовых знаний	ПК, оборудование Наноквантума, презентационное оборудование	Собеседование, наблюдение
Законы микромира, особенности нанотехнологий	Проблематизация, дискуссия	Наглядный, практический, аналитический	Мультимедийные тематические подборки	Лабораторное оборудование Наноквантума	Творческие задания
Практикум по решению задач по нанотехнологиям	Работа в группах, эксперимент, исследование, практикум, консультации	Наглядный, практический, аналитический	Сборник задач и лабораторных работ, мультимедийные тематические подборки, литература	Лабораторное и др. оборудование Наноквантума	Практические, лабораторные работы
Разработка проектных и исследовательских работ	Работа в группах, эксперимент, исследование, практикум, консультации	Наглядный, исследовательский, частично-поисковый, практический, аналитический	Мультимедийные тематические подборки, литература	Лабораторное и др. оборудование Наноквантума	Проект, исследовательская работа
Оформление результатов	Индивидуальная и командная работа, презентация	Наглядный, практический, аналитический	Мультимедийные тематические подборки, литература	ПК, презентационное оборудование	Проект, исследовательская работа
Презентация проектов	Отчет, выставка, мероприятия	Словесно-наглядный, аналитический	Презентации проектов, раздаточный и презентационный материал по проектам	Презентационное оборудование	Презентация, защита проектов, участие в мероприятиях

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
	Компьютерное оборудование	
2	Ноутбук	10
	Компьютер	2
	Принтер	1
	Сетевой удлинитель	3
	Презентационное оборудование	
3	LED панель	1
	Настенное крепление	1
	Интерактивный комплект	1
	Мебель	
4	Комплект мебели	12

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПЕДАГОГА

1. Белых, С. Л. Мотивация исследовательской деятельности учащихся / С. Л. Белых // Исследовательская работа школьников. – 2006. - № 18.
2. Гудилин Е.А. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества/ под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 171 с.
3. Гусев, А. И., Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
4. Деффейс, К. Удивительные наноструктуры / К. Леффейс перевод под редакцией Л.Н.Патрикеева, М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 206 с.
5. Дубровский, В.Г. Теоретические особенности технологии полупроводниковых наноструктур / В.Г. Дубровский. – Санкт-Петербург, 2006. – 347 с.
6. Как проектировать универсальные учебные действия в начальной школе: от действия к мысли: пособие для учителя / А.Г. Асмолов, Г. В. Бумеранская, И. А. Володарская и др.: под ред. А. Г. Асмолова - Москва: Просвещение, 2008. – 151 с.
7. Калюжный, С. В. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов / С. В. Калюжный. - М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2010. – 528 с.
8. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В. Л. Миронов. - М.: Техно, 2009. – 144 с.
9. Мухин, М. Наноквантумтулkit / М. Мухин, И. Мухин, А. Голубок. –М.: Фонд новых форм развития образования, 2017 –128 с.
10. Пахомова, Н. Ю. Метод учебных проектов в образовательном учреждении: пособие для учителей и студентов педагогических вузов / Н.Ю. Пахомова - Москва: АРКТИ, 2003. - 112 с.
11. Пахомова, Н. Ю. Учебные проекты: методология поиска// Учитель, № 1, 2000. — С. 44.
12. Пул, Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул. - М.: Техно, 2006. – 327 с.
13. Савенков, А. И. Методика исследовательского обучения / А.И. Савенков – Самара: Учебная литература, 2006. – 68 с.
14. Суздаев, И. П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и

- наноматериалов / И. П. Суздалеф. - М.: КомКнига, 2006. – 592 с.
15. Тлиф, В. А. Виды исследований школьников / В. А. Тлиф // Одарённый ребёнок. – 2005. – № 2 – С. 84-106.
 16. Фехльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологий / перевод под редакцией Ю.Д. Третьякова и Е.А. Гудилина. - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 464 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

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

ИНТЕРНЕТ ИСТОЧНИКИ

1. Сайт о нанотехнологиях: <http://www.nanonewsnet.ru/>
2. Сайт нанотехнологического сообщества Нанометр <http://www.nanometer.ru/>
3. Онлайн-курсы Интернет-курс «Наука для детей: наглядные опыты дома» <https://stepik.org/course/Наука-для-детей-наглядные-опыты-дома-1725>
4. Интернет-курс «Fundamentals of Nanoelectronics: Basic Concepts» <https://www.edx.org/course/fundamentalsnanoelectronics-basic-purdue-nano520x>
5. Интернет-курс «Coursera: Nanotechnology and Nanosensors» <https://www.class-central.com/mooc/5200/courseranotechnology-and-nanosensors-part1>
6. Интернет-курс «Concepts in Nanotechnology» <https://www.canvas.net/courses/concepts-in-nanotechnology>

Приложение 1

Возможные темы проектов

- Структурная природа окраски насекомых
- Исследование явления сверхгидрофобности и самоочистки поверхности в природе на примере листка лотоса или розы
- Химический синтез и анализ водной дисперсии наночастиц золота
- Нанолитография
- Создание наноигл и нанозондов
- Микрофлора воды
- Строение поверхности металлов
- Микроскопия поверхности электротехнической стали
- Наноразмерные свойства металлов
- Методы практической реализации создания квантовых точек
- Исследование свойств поверхности кремния
- Магнитные свойства поверхности электротехнических сталей
- Исследование проводимости углеродных нанотрубок
- Неоднородности на поверхности полупроводниковых кристаллов
- Исследование строения поверхностей биологических тканей.
- Изготовление фильтров для воды с использованием наноматериалов
- Добавка к шампуням на основе комплексов наночастиц
- Управление приживляемостью титановых имплантов
- Защита подлинности документов на наноуровне
- Защита внутренних поверхностей металлических труб
- Использование нанопорошков для покрытия внутренней поверхности нефтепроводов
- Нанотехнологии в науке и технике
- Материалы с памятью формы и опыты с ними
- Эффекты в неньютоновских жидкостях
- Штормгласс: эксперименты и гипотезы
- Термохромизм. Физический и химический термохромизм
- Гамма цветов растительных пигментов
- Цеолиты-кипящие камни
- Полиэтилены высокого и низкого давления
- Применение адсорбционных явлений в экологии
- Полимерные гидрогели и их сорбционные свойства
- Комплексное использование побочных продуктов агропромышленного комплекса