

**Министерство образования и науки Смоленской области
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Средняя школа №31» города Смоленска**

Согласовано:
педагогическим советом
протокол № 7 от 20.08.2024 г.

Утверждено
приказом директора
МБОУ «СШ №31»
Л. П. Мищенко
от 22.08.2024 № 57-ОД

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ПРОГРАММА ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ**

«Наноквантум»

г. Смоленск, 2024 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеразвивающая программа «Наноквантум» разработана на основании Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Концепции развития дополнительного образования детей до 2030 года.

Направленность программы

Дополнительная общеразвивающая программа «Наноквантум» имеет естественно-научную/техническую направленность.

Актуальность программы

По мере развития тенденции минимизации технических и информационно-технических систем, обретения ими новых функциональных характеристик все более актуальными становятся вопросы создания и применения наноразмерных материалов, технологии синтеза и производства которых становятся особенно важными и перспективными. Для предсказания, оценивания и управления свойствами нанотехнологичных продуктов, определения области их работы необходимо понимать как механизмы, лежащие в основе формирования наноматериалов и наноразмерных систем, так и протекающие в них процессы, обуславливающие особенности их работы. С выходом на рынок нанотехнологий, «умных» материалов, новых приборов и лекарственных веществ знания подрастающего поколения в этой сфере будут способствовать новым достижениям во многих отраслях науки и промышленности, а молодым специалистам обеспечат высокую конкурентоспособность и большую востребованность на рынке труда. Программа «Наноквантум» направлена на развитие профессиональных компетенций, продиктованных современными условиями естественнонаучной и технической направленности, и призвана сформировать у школьников знания о методах и технологиях получения нанопорошков, нанослоев, наногетероструктур и наноструктурированных материалов, в основе которых лежат различные физические и физико-химические процессы.

Педагогическая целесообразность программы

Программа «Наноквантум», главным образом, направлена на решение профориентационных задач, обеспечивая возможность знакомства обучающихся с современным оборудованием и современными требованиями к профессиям естественнонаучной и технической направленности.

Направление «Наноквантума» основывается на изучении материаловедения на микро- и наноуровнях и формирует у учащихся углубленные знания в области химии, биологии, физики, техники, а также формирует навыки работы с современным научным оборудованием.

Обоснованность изучения данного курса вызвана значительной наукоемкостью процессов разработки и изготовления продукции из наноструктурированных материалов, новизной научных разработок и большими рисками при оценке эффективности их использования для создания конкурентоспособной нанопродукции, необходимостью отслеживать постоянно изменяющуюся конъюнктуру на рынке нанопродукции и нанотехнологий.

Методологической основой программы является системно-деятельностный подход, сочетающийся с различными современными образовательными технологиями, такими как технология развития понятийного мышления, технология исследовательской и проектной деятельности. Применение системно-деятельностного подхода наиболее эффективно способствует формированию универсальных учебных действий.

Цель программы – привлечение обучающихся к исследовательской, изобретательской, научной и инженерной деятельности, овладение ими современными представлениями о наноматериалах и наносистемах, а также возможностях их использования при создании наукоемкой продукции.

Задачи программы:

- ознакомление обучающихся с базовыми знаниями в области нанотехнологий;
- осмысление основных отличительных особенностей материалов, находящихся в наносостоянии;
- овладение современными представлениями об основных приборах и методах нанодиагностики и их аналитических возможностях;
- освоение основных методов получения наноматериалов и наноструктур;
- обучение навыкам быстрого освоения новых инструментальных и технических средств, в том числе высокотехнологичного оборудования и принципов работы с ним;
- формирование у обучающихся системных знаний о физических основах, инструментальных принципах и диагностических возможностях методов сканирующей зондовой микроскопии, спектроскопии и литографии (СЗМ, СЛ), являющихся одними из базовых методов современной нанодиагностики;
- формирование у школьников системных знаний о методах и технологиях получения наноразмерных систем и их практической реализации;
- освоение школьниками терминологии и основных понятий, связанных с наноматериалами и нанотехнологиями;
- ознакомление с практической математикой; изучение основ комбинаторики, теории множеств, математической логики; изучение и расчет теории вероятности;
- формирование представлений о проведении математических расчетов с помощью программ;
- развитие познавательного интереса к проектной деятельности, решению изобретательских задач, научно-техническому творчеству;
- овладение навыками проектной деятельности, подготовка в области проектной деятельности на современном уровне;
- ознакомление с правилами техники безопасности при работе с высокотехнологичным оборудованием;
- обучение навыкам использования научно-популярной и справочной литературы, интернет-источников;
- выработка навыков командной работы и публичных выступлений, докладов;
- ознакомление с техническими профессиями и обеспечение условий

профессионального самоопределения;

- развитие наблюдательности, внимания, способности учащихся к самостоятельному решению возникающих проблем;

- популяризация научно-технических знаний.

Адресат программы – учащиеся в возрасте 14-18 лет, желающие заниматься исследованиями в области нанотехнологий.

Адресат программы:

учащиеся в возрасте 14-18 лет, интересующиеся сферой космонавтики.

Количество обучающихся в группе:

- вводный и углубленный модули - от 12 до 15 человек;

- проектный – от 6 до 10 человек.

Формы обучения и виды занятий

Принятая в программе модель обучения Системы 4К включает в себя как групповые, так и индивидуальные формы организации деятельности учащихся. Программа предполагает свободный выбор форм аудиторных занятий (лекции, беседы, обсуждения, игровые формы работы, практические занятия, метод проектов) выбор которых обуславливается темой занятия и формой его проведения. Командная работа предполагает обсуждение проектов, согласование работ, сборку итогового продукта, общение с куратором. Практическая работа - вводные занятия, практикумы, консультации с преподавателями, сборку продукта и испытания.

Возможны встречи с приглашенными спикерами, совместные конференции, видеоконференции или вебинары с другими квантумами и экспертами, индивидуальные и групповые консультации.

По типу организации взаимодействия педагогов с обучающимися при реализации программ используются личностно-ориентированные технологии обучения (технологии проектной и исследовательской деятельности).

Реализация программы предполагает использование здоровьесберегающих технологий, реализующихся через создание безопасных условий, таких как включение в занятие динамических пауз, периодическая смена деятельности обучающихся; контроль соблюдения обучающимися правил работы на ПК; создание благоприятного психологического климата в группе.

Отличительная особенность программы

Представляемая программа основана на Методическом инструментарии наставника «Наноквантум тулкит» (М.Мухин и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Фонд новых форм развития образования, 2019), имеет модульную структуру и заложенную возможность сетевого взаимодействия. Модули построены на практико-ориентированных инженерных и исследовательских проектах (индивидуальных или групповых), направленных на решение задач прикладного и фундаментального характера.

Организационно-педагогические условия

При реализации дополнительной общеобразовательной программы

используется форма, основанная на модульном принципе представления содержания образовательной программы и построения учебного плана.

Программа предполагает 3 уровня обучения: вводный, углублённый, проектный. Каждый из уровней имеет законченную структуру со своими целями, задачами и ожидаемыми результатами. Обучающийся начинает изучение программы с вводного уровня, может перейти на углублённый и далее на проектный, а может остановиться только на изучении вводного уровня. Каждый из уровней заканчивается защитой проекта.

Реализация программы может быть осуществлена как на собственных ресурсах кванториума, так и при поддержке сетевых и индустриальных партнеров через сетевое взаимодействие.

Совместная деятельность участников образовательного процесса выстраивается на принципах эмоциональной значимости, открытости, деятельности, обратной связи и субъектности обучающегося.

Внутри каждого уровня существует модульное построение программы, включающее в себя непосредственно модуль по направлению квантума (нано), кроме того, обучающимся может быть предложено ещё 2–3 модуля, исходя из возможностей организации (шахматы, технический английский, математика).

Срок освоения программы, режим занятий

Срок освоения общеразвивающей программы определяется в учебном плане, который является приложением и может обновляться по мере необходимости.

Продолжительность одного занятия – 45 минут. Количество занятий в день, неделю определяется в соответствии с учебным планом (являющимся обновляемым приложением № 1), календарным графиком (являющимся обновляемым приложением № 2).

Планируемые результаты освоения образовательной программы

Знаниевые и профессиональные компетенции

Знание/понимание учащимися:

- предмета нанотехнологии;
- основных видов нанообъектов и наноматериалов, их отличительных особенностей;
- приборов и устройств, разрабатываемых на основе наноматериалов;
- принципа размерного квантования и условия наблюдения квантово-размерных явлений;
- основных параметров, определяющих свойства нанообъектов, методы и приборы их характеристики;
- классификации, возможностей и назначения основных методов получения наноматериалов;
- технологического оборудования и основных методов получения нанопорошков, нанослоев и компактных наноматериалов;
- основы обработки наноструктурированных материалов; методов и технологий получения нанокомпозитов;

- принципов, заложенных в конструкции и программное обеспечение сканирующего зондового микроскопа (СЗМ);
- физических и химических систем пониженной размерности,
- основных научно-технических проблем нанотехнологии и перспектив развития данной области знаний;
- основ комбинаторики, теории множеств, математической логики; теории вероятности; теории графов.

Умения:

- прогнозировать устойчивость и физико-химические свойства нанообъектов и наноматериалов;
- анализировать и предсказывать тенденции развития сегмента рынка продукции на основе наноразмерных систем;
- выбирать оптимальные расходные материалы;
- ориентироваться в современной литературе и вести дискуссию по нанотехнологии;
- самостоятельно ставить задачи по созданию или практическому применению нанообъектов и наноматериалов для решения конкретных задач нанотехнологии;
- ориентироваться в методах получения и исследования наноструктур, сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии;
- проводить математические расчеты с помощью программ;
- применять математические инструменты в проектной деятельности.

Формирование навыков:

- творческого обобщения полученных знаний;
- работы на СЗМ различных типов;
- анализа данных, полученных с помощью СЗМ;
- конкретного и объективного изложения своих знаний в письменной и устной форме,
- фундаментальных знаний о специфике поведения вещества в нанометровом размерном диапазоне;
- понимания механизма возникновения размерных физических и химических эффектов;
- планирования и выполнения учебного проекта с использованием оборудования, моделей, методов и приёмов, защиты проекта.

Универсальные компетенции:

- умение генерировать идеи указанными методами;
- умение слушать и слышать собеседника;
- умение аргументированно отстаивать свою точку зрения;
- умение находить информацию в свободных источниках и структурировать ее;
- умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи;
- навыки командной работы;
- умение грамотно письменно формулировать свои мысли;
- критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы;

- основы ораторского мастерства.

Уровень сформированности и освоенности навыков выявляется в ходе защит учебных проектных работ.

По итогам обучения должно сформироваться представление о способе проведения научного исследования, актуальных задачах, самоопределение с областью дальнейшей проектно-исследовательской деятельности, продемонстрирована способность и готовность применять полученные знания на практике.

Работа проектных групп проводится по разным направлениям исследований с учетом интересов учащихся.

Формы аттестации

Основой аттестации является проектная деятельность учащихся по направлению общеобразовательной программы и участием в различных соревнованиях инженерной направленности.

Промежуточная аттестация выполнения программы и степени усвоения материала производится с помощью выполнения кейсов.

Итоговой аттестацией является разработка и защита проекта в виде участия в внутригрупповых выставках, конкурсах, презентациях.

Системы оценки результатов освоения образовательной программы

Критерии оценки публичной презентации проекта:

Теоретическая подготовка

1 балл – учащийся освоил на 80-100% объём знаний, предусмотренных программой за конкретный период; специальные термины употребляет осознанно и в полном соответствии с их содержанием, проект выполнен при поддержке педагога на высоком уровне самостоятельности;

2 балла – объём усвоенных знаний составляет 50-80%; сочетает специальную терминологию с бытовой;

3 балла – учащийся овладел менее чем 50% объёма знаний, предусмотренных программой, как правило, избегает употреблять специальные термины.

Практическая подготовка

1 балл - ученик проявил высокий уровень заинтересованности и мотивированности при выполнении проекта, с оборудованием работает самостоятельно, не испытывает особых трудностей; выполняет практические задания с элементами творчества;

2 балла – учащийся работает с оборудованием с помощью педагога; в основном, выполняет задания на основе образца;

3 балла - учащийся испытывает серьёзные затруднения при работе с оборудованием, в состоянии выполнять лишь простейшие практические задания педагога.

Социальная активность:

1 балл - учащийся принимает активное участие в большинстве предлагаемых мероприятий, конкурсах и соревнованиях различного уровня (80-100%) и занимает призовые места;

2 балла - учащийся принимает участие в 50-80% предлагаемых мероприятиях, конкурсах и соревнованиях различного уровня и занимает призовые места;

3 балла – учащийся принимает участие менее чем в 50% предлагаемых мероприятиях, конкурсах и соревнованиях различного уровня и не занимает призовые места.

По итогам защиты проекта на вводном (углублённом) уровне обучающимся, получившим по теоретической, практической подготовке и социальной активности от 3 до 7 баллов рекомендуется перейти на изучение углублённого (проектного) уровня.

Ученикам, набравшим по итогам защиты проекта на вводном (углублённом) уровне от 8 до 9 баллов, рекомендуется попробовать свои силы по другой дополнительной общеобразовательной программе.

Методическое обеспечение

Методы, используемые педагогом – различные приемы активизации интереса к предметному содержанию:

- фасилитация;
- модерация;
- использование провокативных методов в теории обучения и творчестве;
- проблематизация;
- схематизация.

Учебно-методические и дидактические средства обучения:

- викторины, анкеты;
- кейс-задания, близкие по тематике содержанию занятий;
- научно-популярные фильмы, видеоматериалы;
- презентации, подготовленные педагогом;
- справочные таблицы (Менделеева, растворимости, вязкости, температуры кипения, плавления и др.).

Материально-техническое обеспечение

Оборудование:

- микроскопы (оптический, металлографический, инвертированный);
- весы (аналитические, прецизионные);
- спектрофотометр;
- центрифуга, магнитная мешалка;
- сканирующий зондовый микроскоп;
- персональный компьютер (ноутбук) с выходом в сеть Интернет и установленным специализированным программам обеспечением;
- вспомогательное оборудование (диспергатор, дистиллятор,

- ультразвуковая мойка, водяная баня, сушильный шкаф, рефрактометр и т.п.);
- простые измерительные приборы (цифровой мультиметр, штангенциркуль и т.п.);
 - набор лабораторной посуды;
 - лабораторная мебель, общелабораторные принадлежности;
 - расходные материалы;
 - спецодежда (халаты, защитные очки, перчатки).

Рабочая программа «Наноквантум», вводный уровень
СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

№ п/п	Тема	Теория	Практика
1.	Вводное занятие	Пожарная безопасность в кванториуме и наноквантуме. Техника безопасности при работе в лаборатории, при работе со стеклянной посудой, химическими реактивами. Экскурсия, знакомство с оборудованием.	Изучение практических применений, назначений и названий химической посуды
2.	Основы безопасной работы с компьютером	Техника безопасности при использовании ПК. Поиск информации в интернете. Полезные интернет-ресурсы.	Работа с компьютером. Изучение основ работы в текстовых и табличных процессорах, программах для подготовки презентаций
3.	Макро-, микро- и наноуровни организации материи	Понятия, термины, возникновение, история нанотехнологий. Классификация наноматериалов.	Измерение, расчет макро-, микро- и нанообъектов
4.	Оптическая микроскопия	История микроскопа. Фундаментальный рэлеевский критерий. Методы световой микроскопии. Принцип действия и устройство металлографического микроскопа. Методы микроскопического исследования металлов.	Изучение техники безопасности. Работа с оптическим микроскопом

5.	Атомарная структура вещества	Строение, физическая и химическая структура веществ, таблица Менделеева. Образование молекул, вещества.	Работа с молекулярным конструктором. Расчет числа элементарных частиц (нейтронов, протонов, электронов), зарядового числа, массового числа
6.	Законы микромира	Взаимодействие элементарных частиц, химические связи, фотоэффект, поле и вещество, корпускулярно-волновой дуализм, элементы квантовой механики, квантово-размерные эффекты.	Работа с молекулярным конструктором
7.	Кейс «Терминология и основные понятия в нанотехнологиях»	Терминология и основные понятия, связанные с наноматериалами и нанотехнологиями, основные отличительные особенности материалов, находящихся в наносостоянии. История нанотехнологий. Понятие стандарта и целей стандартизации. Принятые и планируемые к принятию стандарты в нанотехнологиях.	Создание глоссария терминов с использованием достоверных источников
8.	Кристаллические и аморфные тела. Метастабильные состояния	Состояние вещества, свойства физические и химические, метастабильные состояния. Кристаллическая решетка.	Изучение техники безопасности. Опыты с кристаллами, стеклом и дисперсными веществами (сажа)

9.	Кейс «Мир симметрии кристаллов»	Образование кристаллов, рост, фазовое равновесие, изоморфизм, полиморфизм. Направления, посвященные изучению кристаллов: в физике (физика твердого тела, кристаллография), в химии (кристаллохимия и физическая химия), и в геологии (минералогия, геохимия).	Изучение техники безопасности. Расчет условий роста зародыша кристалла. Приготовление затравочного раствора. Извлечение зародыша, закрепление. Приготовление раствора
		Природные и искусственные кристаллы. Области применения кристаллов. Актуальные задачи нанотехнологий, связанные с кристаллическим состоянием.	для роста. Наблюдение и оформление протокола роста кристалла. Опыты по моментальной кристаллизации. Получение тонких пленок, изучение их под микроскопом
10.	Жидкости и газы. Фазовые переходы	Понятие вещества и физического тела. Жидкости и их свойства. Газы и их свойства. Плазма и ее свойства. Физические состояния. Фазовые переходы. Энергия межмолекулярного взаимодействия. Основы термодинамики.	Изучение техники безопасности. Опыты с водой, исследование свойств жидкостей: определение плотности, текучести, вязкости, поверхностного натяжения. Наблюдение опыта с испарением-конденсацией, кипением. Изучение свойств растворителя. Наблюдение диффузии

11.	Эффекты в неньютоновских жидкостях	Неньютоновские жидкости и опыты с ними. Межмолекулярные взаимодействия в цепочках молекул с большой молекулярной массой. Свойства неньютоновских жидкостей и необычные эффекты, возникающие в них. Идеи по технологическому применению.	Изучение техники безопасности. Эксперименты с неньютоновской жидкостью (раствор крахмала), определение плотности. Изготовление магнитной жидкости
12.	Аллотропные формы углерода	Пять аллотропных модификаций: алмазы, графит, карбины, графен, фуллерен. Свойства и отличия. Кристаллическая решетка.	Изучение техники безопасности. Изучение свойств углерода: твердости, электропроводности,
			оптических, теплопроводных свойств
13.	Фотохромизм	Фотохимия – наука о превращениях веществ под действием электромагнитного излучения: ближнего ультрафиолетового (200-380 нм), видимого (380-780 нм) и ближнего инфракрасного (0,78 – 1,5 мкм). Фотохимические реакции. Фотохромные материалы.	Изучение техники безопасности. Проведение классических опытов, связанных с поглощением света и вызываемыми изменениями в веществах. Основы фотографической техники и получение изображений с помощью светочувствительных покрытий

14.	Термохромизм	Термохромизм. Жидкие кристаллы, открытие, необычные свойства. «Умные материалы».	Изучение техники безопасности. Исследование термохромных линз, красителей, порошков. Приготовление термохромного покрытия. Определение химических свойств термохромных веществ
15.	Этапы развития нанотехнологий	История развития нанотехнологий.	Работа с компьютером. Поиск информации по теме в свободных источниках, ее структурирование. Составление презентации
16.	Размерные эффекты в нанотехнологиях	Понятие наноразмерного объекта как промежуточного звена между отдельным атомом или молекулой и объемным материалом. Строение наноразмерного объекта. Искусственные наноразмерные объекты и системы. Классификация наноматериалов. Перспективные направления развития нано-технологий. 0D, 1D и 2D нано-размерные объекты. 1D, 2D и 3D нано-размерные системы. Фрактальность наноразмерных систем.	Работа с компьютером. Поиск информации по теме в свободных источниках, ее структурирование. Выработка умения генерировать идеи указанными методами, слушать и слышать собеседника

17.	Методы синтеза наноматериалов	Методы получения наноматериалов. Подход «сверху вниз» (bottom-up) и подход «снизу вверх» (top-down).	Изучение техники безопасности при работе с аммиаком. Лабораторная работа по осаждению серебра, получение пленки Ag
18.	Кейс «Получение магнитных наночастиц методом осаждения»	Основы получения наночастиц, методика получения пленок, ферромагнетиков методом осаждения из растворов.	Изучение техники безопасности при работе с аммиаком. Изготовление магнитной жидкости, методом осаждения из раствора. Выдвижение гипотез по применению полученных наночастиц в различных областях науки, медицины и т.д.
19.	Подготовка проектных работ. Погружение в проектную деятельность. Учебно-исследовательская и проектная деятельность: особенности, этапы, жизненный цикл, результаты. Командообразование. Скрам-метод.		
20.	Защита проектов. Стендовая, презентационная, буклеты, статьи.		

2. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН (72 ЧАСА)

№ п/п	Наименование темы	Количество часов		
		Всего	В том числе	
			Теория	Практика
1.	Вводное занятие. Техника безопасности при работе в лаборатории	2	1	1
2.	Основы безопасной работы с компьютером	2	1	1
3.	Макро-, микро- и наноуровни организации материи	4	2	2
4.	Оптическая микроскопия	4	1	3
5.	Атомарная структура вещества	2	1	1
6.	Законы микромира	4	2	2
7.	Кейс «Терминология и основные понятия в нанотехнологиях»	2	1	1
8.	Кристаллические и аморфные тела. Метастабильные состояния	4	2	2
9.	Кейс «Мир симметрии кристаллов»	10	3	7
10.	Жидкости и газы. Фазовые переходы	4	2	2
11.	Эффекты в неньютоновских жидкостях	2	1	1
12.	Аллотропные формы углерода	2	1	1
13.	Фотохромизм	2	1	1
14.	Термохромизм	4	2	2
15.	Этапы развития нанотехнологий	2	1	1
16.	Размерные эффекты в нанотехнологиях	2	1	1
17.	Методы синтеза наноматериалов	2	1	1
18.	Кейс «Получение магнитных наночастиц методом осаждения»	6	2	4
19.	Подготовка проектных работ	10	2	8
20.	Защита проектов	2	0	2
	Итого:	72	28	44

2. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН (48 ч.)

№ п/п	Наименование темы	Количество часов		
		Всего	В том числе	
			Теория	Практика
1.	Вводное занятие. Техника безопасности при работе в лаборатории	2	1	1
2.	Основы безопасной работы с компьютером	1	0,5	0,5
3.	Макро-, микро- и наноуровни организации материи	4	2	2
4.	Оптическая микроскопия	4	1	3
5.	Атомарная структура вещества	1	0,5	0,5
6.	Законы микромира	2	1	1
7.	Кейс «Терминология и основные понятия в нанотехнологиях»	2	1	1
8.	Кристаллические и аморфные тела. Метастабильные состояния	2	1	1
9.	Кейс «Мир симметрии кристаллов»	5	1	4
10.	Жидкости и газы. Фазовые переходы	2	1	1
11.	Эффекты в неньютоновских жидкостях	1	0,5	0,5
12.	Аллотропные формы углерода	1	0,5	0,5
13.	Фотохромизм	1	0,5	0,5
14.	Термохромизм	1	0,5	0,5
15.	Этапы развития нанотехнологий	1	0,5	0,5
16.	Размерные эффекты в нанотехнологиях	1	0,5	0,5
17.	Методы синтеза наноматериалов	1	0,5	0,5
18.	Кейс «Получение магнитных наночастиц методом осаждения»	5	2	3
19.	Подготовка проектных работ	10	2	8
20.	Защита проектов	1	0	1
	Итого:	48	17,5	30,5

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Вводный уровень

Обучающиеся должны знать:

- основные понятия и задачи современного естествознания, а также перспективы развития нанотехнологий;
- особенности получения и изучения микро- и нано-структур;
- терминологию и основные понятия, связанные с наноматериалами и нанотехнологиями;
- принципы и методики для исследования объектов и материалов;
- методы проведения научного исследования.

Уметь:

- работать с современным лабораторным и исследовательским оборудованием;
- работать со средствами информации (уметь искать и отбирать информацию);
- выбирать объект исследования, формулировать рабочую гипотезу, проверить ее и оценить достоверность полученных результатов.

Результатом усвоения обучающимися программы по развивающему и воспитательному аспектам являются:

- развитый интерес у учащихся к современному естествознанию и технологиям;
- положительная динамика показателей развития познавательных способностей обучающихся (внимания, памяти, изобретательности, логического мышления и т.д.);
- создание обучающимися творческих работ, учебных и научно-исследовательских проектов;
- способность обучающихся самостоятельно выполнять учебные задания, предлагать свои варианты решения проблем, активно включаться в командные проекты;
- достижения в массовых мероприятиях различного уровня;
- развитие организационно-волевых качеств личности для успешной деятельности: аккуратность, организованность, исполнительность, дисциплинированность и ответственность.
- умение продуктивно общаться и работать в коллективе, выполнять проекты в команде.

**Рабочая программа «Наноквантум»
Углубленный уровень
Содержание**

№ п/п	Тема	Теория	Практика
1.	Вводное занятие. Техника безопасности при работе в лаборатории	Пожарная безопасность в кванториуме и наноквантуме. Техника безопасности при работе в лаборатории, при работе со стеклянной посудой, химическими реактивами. Ознакомление с лабораторным оборудованием	Изучение практических применений, назначений и названий химической посуды
2.	Основы аналитической химии	Лабораторные методы исследований: титрование, реакция индикаторов, качественное определение веществ, количественная фотометрия и др.	Изучение техники безопасности при работе в лаборатории. Качественные реакции на определение сульфатов, хлоридов, силикатов, карбонатов, хроматов, металлов, щелочных металлов, аммиака, хлора. Индикаторное определение веществ. Определение жесткости воды методом титрования
3.	Методы синтеза наноматериалов. Гидротермальный синтез. Осаждение	Коллоидное состояние и дисперсные системы. Наножидкости. Метод осаждения и со осаждения из растворов. Седиментация как метод	Изучение техники безопасности. Получение золь-геля и его светопроводящие свойства

	из растворов. Золь-гель технология	повышения выхода nano-частиц. Золь-гель технология. Методы получения золей. Физический и химический гель. Золь-гель процесс. Синтез nano-частиц в микрогетерогенных системах и их физико-химические свойства	
4.	Наноматериалы и нанотехнологии вокруг нас. Задачи и перспективы развития	Нанообъекты в окружающем мире: ДНК, микроорганизмы, тонкие составляющие горных пород, аэрозоли, катализаторы, тонкие пленки, магнитотактические бактерии	Изучение техники безопасности. Изучение ДНК, РНК, синтез белка.
5.	Материалы с памятью формы	Материалы, обладающие памятью формы. Эффект восстановления первоначальной структуры в сплаве никеля и титана (нитиноле), его причины	Изучение техники безопасности. Опыты с нитиноловыми пружинами, изучение свойств, расчет КПД, сравнение свойства нитинола и полимерного композита с памятью формы
6.	Измерительные приборы в лаборатории	pH-метрия, кондуктометрия, мультиметр. Изучение работы pH-метра, понятие буферного раствора, измерение водородного показателя в разных средах, измерение электропроводности, возможности мультиметра. Назначение психрометра и гигрометра. Возможности барометра. Радиометр, манометр, ареометр, вискозиметр, штангельциркуль	Изучение техники безопасности. Лабораторная работа: pH-метрия, кондуктометрия, измерение электропроводности, расчет относительной влажности. Наблюдение показаний барометра и предсказание погоды

7.	Рефрактометрия. Поляриметрия	Рефрактометрия и поляриметрия, их применение. Оптическая активность. Анизотропия.	Изучение техники безопасности при работе с рефрактометром и поляриметром. Определение количества сахара в растворе
8.	Кейс «Штормгласс»	Наблюдение за погодными явлениями в наши дни и в прошлом. Штормгласс	Изучение техники безопасности при работе со спиртами, аммиаком. Изучение и анализ различных источников информации. Изготовление самодельного прибора для прогнозирования погоды. Создание подставки для штормгласса. Наблюдение за работой прибора, прогнозирование погоды
9.	Гамма цветов растительных пигментов	Классификация растительных пигментов, возможности изменения цвета при изменении кислотности среды или температуры, при взаимодействии с различными веществами. Получение пигментов и их анализ. Свойства и применение	Изучение техники безопасности. Изучение изменения цвета лепестков розы при изменении кислотности среды или температуры, при взаимодействии с различными веществами
10.	Законы осмоса в природе и технике	Изучение явления осмоса, электроосмоса и его многочисленных приложений	Изучение техники безопасности. Опыты по электрофорезу и осмосу
11.	Диамagnetизм в мире материалов	Магнитные явления. Правило Ленца. Магнитные материалы.	Изучение техники безопасности. Свойства чисто диамagnetных

		Диамagnetизм. Природа диамagnetизма. Сверхпроводники	веществ в экспериментах с сильными магнитными полями, создаваемыми неодимовыми магнитами. Наблюдение явления левитации над сильным магнитным полем. Исследование диамagnetических свойств магнетита
12.	Цеолиты	Цеолиты. Структура цеолитов. Цеолиты в природе. Применение	Изучение техники безопасности. Изучение некоторых термических эффектов. Ионный обмен в цеолитах. Электрохимические процессы в цеолитах. Сорбция и десорбция воды в цеолитах. Тепловой эффект
13.	Подготовка проектных работ		
14.	Защита проектов		

Учебно-тематический план

№ п/п	Наименование темы	Количество часов		
		Всего	В том числе	
			Теория	Практика
1.	Вводное занятие. Техника безопасности при работе в лаборатории	2	1	1
2.	Основы аналитической химии	6	2	4
3.	Методы синтеза наноматериалов. Гидротермальный синтез. Осаждение из растворов. Золь-гель технология	4	2	2

4.	Наноматериалы и нанотехнологии вокруг нас. Задачи и перспективы развития	4	2	2
5.	Материалы с памятью формы	4	2	2
6.	Измерительные приборы в лаборатории	8	2	6
7.	Рефрактометрия. Поляриметрия	4	1	3
8.	Кейс «Штурмгласс»	4	1	3
9.	Гамма цветов растительных пигментов	8	4	4
10.	Законы осмоса в природе и технике	8	4	4
11.	Диамagnetизм в мире материалов	2	1	1
12.	Цеолиты	4	2	2
13.	Подготовка проектных работ	12	2	10
14.	Защита проектов	2	0	2
	Итого:	72	26	46

Планируемые результаты Углубленный уровень

В результате освоения программы обучающиеся должны знать:

- терминологию и основные понятия, связанные с наноматериалами и нанотехнологиями;
- основные методы получения наноматериалов и наноструктур;
- перспективы развития методов получения наноматериалов и наноструктур;

Уметь:

- строить траектории выполнения исследовательских проектов;
- выбирать оптимальные расходные материалы;
- анализировать полученные данные;
- пользоваться лабораторным оборудованием: микроскопом оптическим, инвертированным, металлографическим, весами аналитическими, прецизионными; спектрофотометром, центрифугой, магнитной мешалкой;
- пользоваться вспомогательным оборудованием: диспергатором, дистиллятором, ультразвуковой мойкой, водяной баней, сушильным шкафом и т.п., простыми измерительными приборами (цифровым мультиметром, рН-

метром 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 (MS Word, MS PowerPoint, браузеры).

Результатом освоения обучающимися программы по развивающему и воспитательному аспектам являются:

- устойчивый интерес обучающихся к современному естествознанию и новейшим технологиям;

- активное участие в научно-исследовательской и проектной деятельности;

- достижения в массовых мероприятиях различного уровня;

- умение генерировать идеи указанными методами;

- умение слушать и слышать собеседника;

- умение аргументированно отстаивать свою точку зрения;

- навыки командной работы;

- критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы;

- основы ораторского мастерства.

**Рабочая программа «Наноквантум»
Проектный уровень
Содержание
Проектный уровень**

№ п/п	Тема	Теория	Практика
1.	Вводное занятие. Техника безопасности при работе в лаборатории	Ознакомление с инструкциями и правилами техники безопасности	Изучение документации по технике безопасности

2.	Роль компьютера в научно-исследовательской деятельности	Инструменты текстовых и табличных процессоров, а также иных программ, используемые в научно-исследовательской деятельности: редактор формул, деловая и научная графика, табличные вычисления	Работа в текстовых и табличных процессорах
3.	Стандарты в нанотехнологиях	Понятие стандарта и целей стандартизации. Принятые и планируемые к принятию стандарты в нанотехнологиях	Поиск информации в свободных источниках, ее структурирование. Командная работа, презентация
4.	Наноразмеры в живой природе	Нанообъекты в окружающем мире	Микроскопирование, обнаружение живых объектов малых
			размеров. Проведение расчетов, изготовление макетов объектов, сравнение объектов

5.	Растения в сфере нанотехнологий	Метод культуры тканей растений <i>in vitro</i> . Моделирование условий, благоприятных для корнеобразования, побегообразования у черенков растений. Анализ результатов опытов с нанопрепаратами и микроудобрениями	Освоение экспериментальных процедур по изучению влияния наночастиц и микроудобрений на рост и развитие растений в условиях <i>in vivo</i> . Метод микроразмножения растений: процедуры пересадки микрочеренков картофеля на питательные среды, содержащие нанокремний и наносеребро, гуминовые кислоты. Получение микроклонов растений
6.	Изготовление светодиода	Природа электрического тока. Различные источники	Подготовка токопроводящих

		света. Причины свечения объектов	пластин, работа с кристаллами карбида кремния, изготовление контактов, проведение испытаний
7.	Нанотехнологии в спорте и спортивной медицине	Проблематика профилактики кариеса и болезней зубов в сфере стоматологии, возможности «умных» зубных паст, содержащих наночастицы гидроксиапатита. Мембранные ткани, гидрофобные пропитки, люминесцирующие краски для ткани, пеноматериалы, используемые для одежды и спортивного снаряжения	Получение коллоидного раствора наноразмерного кристаллического гидроксиапатита. Определение присутствия серебра в образцах продукции. Обозначение признаков присутствия серебра в форме наночастиц. Практическое знакомство с образцами современной высокотехнологической продукции из области спортивной одежды и снаряжения, а также

			с образцами инновационных разработок в области новых материалов и нанотехнологий
8.	Отличительные особенности материалов, находящихся в наносостоянии	Наносостояние. Причины возникновения. Роль поверхности, размеров и количества атомов в формировании наносостояния. Основные эффекты, проявляющиеся при переходе материалов в наносостояние (изменение параметров внутренней структуры, тепловых, электрических, магнитных, оптических, химических свойств). Классификация наноматериалов. Структура и свойства компактированных наноматериалов. Примеры наноматериалов и их применения. Структура и свойства наносистем. Примеры наносистем и их применения	Получение компактированных наноматериалов
9.	Кейс «Будущее полиакриламида»	Структура полиакриламида. Свойства. Применение	Определение адсорбирующих свойств,

			<p>механических свойств: взвешивание, измерение, измельчение, микроскопия сухого гидрогеля. Замачивание в определенных пропорциях в растворах кислых, щелочных, нейтральных, с красителями, химическими веществами, органическими растворителями и др. Нагрев и высушивание. Определение проблемы, цели работы, гипотез нового использования полиакриламида</p>
10.	Кейс «Серебряная мышь»	Разработка технологии создания антибактериального покрытия для компьютерной мыши	Поиск и анализ литературных данных. Анализ

			<p>рынка аналогичной продукции. Оптимизация условий и отработка технологии нанесения антибактериального покрытия на основе серебра (концентрация AgNO₃, соотношение компонентов, время синтеза, температура, тип модифицированной поверхности и др.). Оценка противомикробной активности полученного покрытия по отношению к наиболее распространённым микробным культурам (E.coli, Aureus Staphylococcus).</p>
11.	Основы аналитической	Лабораторные методы исследований: титрование,	Изучение техники безопасности.

	химии. Методы, качественные реакции, индикаторы.	реакция индикаторов, качественное определение веществ, количественная фотометрия и др.	Качественные реакции на определение сульфатов, хлоридов, силикатов, карбонатов, хроматов, металлов, щелочных металлов, аммиака, хлора. Индикаторное определение веществ. Определение жесткости воды, методом титрования
12.	Методы и оборудование получения нанообъектов механическим диспергированием, механосинтезом, электровзрывом и методом твердофазного разложения	Физико-химические основы получения компактированных наноматериалов. Применение процессов компактированных наноматериалов для получения изделий из нанопорошков методом спекания. Разновидности методик и оборудования	Опыты по механическому диспергированию и получению наночастиц. Расчет энергии, затрачиваемой при диспергировании материалов до заданного размера частиц
13.	Методы и оборудование получения	Физико-химические основы получения нанопорошков испарением-конденсацией, в	Изучение методов и оборудования,

	<p>нанообъектов испарением-конденсацией, в процессе газофазных реакций и кристаллизации из расплава</p>	<p>процессе газофазных реакций, а также кристаллизации из расплава. Применение и выбор процессов испарения-конденсации, процесса газофазных реакций, а также кристаллизации из расплава для синтеза нанопорошков различной химической природы и физической структуры. Разновидности методик и оборудования</p>	<p>используемых на предприятиях</p>
14.	<p>Методы и оборудование получения компактированных наноматериалов</p>	<p>Физико-химические основы получения нанопорошков твердых, сверхтвердых и ультратвердых нанопокрытий. Применение процессов нанесения твердых, сверхтвердых и ультратвердых нанопокрытий для создания модифицированных поверхностных слоев. Разновидности методик и оборудования</p>	<p>Оценка параметров структуры компактированных наноматериалов в зависимости от внешних технологических факторов</p>
15.	<p>Методы и технологии получения твердых,</p>	<p>Физико-химические основы получения нанопорошков твердых, сверхтвердых и ультратвердых</p>	<p>Изучение методов и технологий, используемых на предприятиях</p>

	сверхтвердых и ультратвердых нанопокровтий	нанопокровтий. Применение процессов нанесения твердых, сверхтвердых и ультратвердых нанопокровтий для создания модифицированных поверхностных слоев. Разновидности методик и оборудования	
16.	Знакомство с принципом работы СЗМ Nano Tutor. Работа на виртуальном тренажере.	Изучение основ СЗМ. Изучение конструкции и принципов работы прибора	Изучение ТБ при работе с СЗМ. Получение Навыков работы на приборе СЗМ Nano Tutor с помощью виртуального тренажера
17.	Изготовление и диагностика СЗМ-зондов. Простейшие основы теории построения СЗМ изображений. Метрология в СЗМ.	Технология изготовления кремниевых кантилеверов для силовой микроскопии, металлических (вольфрамовых) игл для туннельной микроскопии, зонды для электрохимической микроскопии, пьезорезонансные зонды на основе кварцевых и пьезокерамических резонаторов. Основы теории	Определение параметров зондов с помощью сканирующего электронного микроскопа и с помощью тестовой TGT решетки в сканирующем силовом микроскопе. Обработка и анализ СЗМ-данных, полученных при

		<p>построения СЗМ изображения: учет инструментального вклада формы зонда в измеряемом профиле рельефа, деконволюция. Тестовые образцы для калибровки СЗМ</p>	<p>визуализации объектов различной природы</p>
18.	<p>Сканирующая туннельная микроскопия, упругая и неупругая локальная туннельная спектроскопия</p>	<p>Туннельный эффект. Энергетическая диаграмма контакта металл–диэлектрик–металл. Туннельный ток в случае потенциального барьера прямоугольной и треугольной формы. Режим постоянного туннельного тока и постоянной высоты. Пространственное разрешение СТМ. Упругая и неупругая туннельная спектроскопия. Локальная туннельная спектроскопия металлов, полупроводников, сверхпроводников, органических молекул. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия атомного разрешения. Эффекты одноэлектронного</p>	<p>Визуализация методом СТМ микро- и наноструктуры поверхности образца мастер-диска, используемого при изготовлении DVD дисков</p>

		туннелирования. Применение СТМ	
19.	Сканирующая силовая микроскопия. Контактный, бесконтактный и полуконтактный режимы работы	<p>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. Пьезорезонансные датчики силового взаимодействия. Контактная, бесконтактная и полуконтактная измерительные моды. Режим постоянной силы и постоянной высоты. Амплитуда, частота и фаза колебаний в полуконтактном режиме. Получение кривых подвода в различных режимах, измерение средней силы взаимодействия. Выбор кантилеверов для исследования объектов различной природы. Особенности силовой</p>	<p>Визуализация и измерение геометрических параметров пиков на поверхности CD диска из поликарбоната</p>

		микроскопии биологических объектов. Примеры применения сканирующей силовой микроскопии для диагностики наномеханических свойств полимерных материалов	
20.	Сканирующая зондовая литография. Примеры применения СЗМ-методов	Локальное механическое давление, напряженность электрического поля и плотность тока в области контакта. Физические явления, приводящие к модификации поверхности в области наноконтакта. Токовая литография. Контактная силовая литография. Динамическая силовая литография. Литография методом локального анодного окисления. Локальные электрохимические реакции. Характерные примеры, демонстрирующие возможности СЗМ	Работа на СЗМ, литография
21.	Обработка и анализ СЗМ-данных	СЗМ-изображений, гистограммы распределения по размерам, способы	Обработка и представление СЗМ - данных, измерение геометрических

		представления 3D-изображений	характеристик на СЗМ - изображениях
22.	Подготовка проектных работ		
23.	Защита проектов		

Учебно-тематический план

№ п/п	Наименование темы	Количество часов		
		Всего	В том числе	
			Теория	Практика
1.	Вводное занятие. Техника безопасности при работе в лаборатории	2	1	1
2.	Роль компьютера в научно-исследовательской деятельности	4	2	2
3.	Стандарты в нанотехнологиях	2	1	1
4.	Наноразмеры в живой природе	4	1	3
5.	Растения в сфере нанотехнологий	2	1	1
6.	Изготовление светодиода	4	2	2
7.	Нанотехнологии в спорте и спортивной медицине	4	2	2
8.	Отличительные особенности материалов, находящихся в наносостоянии	4	2	2
9.	Кейс «Будущее полиакриламида»	16	4	12
10.	Кейс «Серебряная мышь»	22	6	16
11.	Основы аналитической химии. Методы, качественные реакции, индикаторы.	8	2	6
12.	Методы и оборудование получения нанобъектов механическим диспергированием, механосинтезом, электровзрывом и методом твердофазного разложения	2	1	1
13.	Методы и оборудование получения нанобъектов испарением-конденсацией, в процессе газофазных реакций и кристаллизации из расплава	2	1	1
14.	Методы и оборудование получения компактированных наноматериалов	4	2	2

15.	Методы и технологии получения твердых, сверхтвердых и ультратвердых нанопокровов	2	1	1
16.	Знакомство с принципом работы СЗМ Nano Tutor. Работа на виртуальном тренажере.	8	2	6
17.	Изготовление и диагностика СЗМ-зондов. Простейшие основы теории построения СЗМ изображений. Метрология в СЗМ.	8	2	6
18.	Сканирующая туннельная микроскопия, упругая и неупругая локальная туннельная спектроскопия	8	2	6
19.	Сканирующая силовая микроскопия. Контактный, бесконтактный и полуконтактный режимы работы	8	2	6
20.	Сканирующая зондовая литография. Примеры применения СЗМ-методов	4	1	3
21.	Обработка и анализ СЗМ-данных	4	2	2
22.	Подготовка проектных работ	18	2	16
23.	Защита проектов	4	0	4
	Итого:	144	42	102

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате освоения программы обучающиеся должны знать:

- терминологию и основные понятия, связанные с наноматериалами и нанотехнологиями;
- основные методы получения наноматериалов и наноструктур;
- 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, являющегося одним из базовых методов современной нанодиагностики.

Уметь:

- пользоваться лабораторным оборудованием: микроскопом оптическим, инвертированным, металлографическим, весами аналитическими, прецизионными; спектрофотометром, центрифугой, магнитной мешалкой,

сканирующим зондовым микроскопом;

- пользоваться вспомогательным оборудованием: диспергатором, дистиллятором, ультразвуковой мойкой, водяной баней, сушильным шкафом и т.п., простыми измерительными приборами (цифровым мультиметром, рН-метром и т.п.), набором лабораторной посуды, общелабораторными принадлежностями и реактивами.

- работать с персональным компьютером (ноутбуком) с выходом в сеть Интернет на уровне пользователя, знать основные программы (MS Word, MS PowerPoint, браузеры);

- искать, анализировать и обобщать необходимую информацию, проводить её верификацию, работать с информационными источниками (в том числе на английском языке);

- подготовить и представить грамотную презентацию для защиты проектной работы, в том числе на английском языке.

Результатом освоения обучающимися программы по развивающему и воспитательному аспектам являются:

- устойчивый интерес обучающихся к современному естествознанию и новейшим технологиям;

- активное участие в научно-исследовательской и проектной деятельности;

- достижения в массовых мероприятиях различного уровня;

- умение планировать предстоящие действия, самостоятельно решать задачи в процессе работы, рационально выполнять задания;

- развитие волевых качеств личности (дисциплинированности, целеустремлённости, самостоятельности, ответственности, настойчивости в достижении поставленной цели и т.д.);

- умение самостоятельно осуществлять поиск информации, используя различные источники, и структурировать ее;

- способность продуктивно общаться в коллективе, слушать и слышать собеседника;

- способность работать в команде;

- умение грамотно формулировать свои мысли, аргументированно отстаивать свою точку зрения.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Информационные источники для педагогов

1. База данных US Patent and Trademark office [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uspto.gov/patft/index.html>
2. База данных РОСПАТЕНТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fips.ru/cdfi/fips.dll>
3. Гудилин, Е.А. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества [Текст]/ под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 171 с.
4. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст]/ А.И. Гусев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
5. Дубровский, В.Г. Теоретические особенности технологии полупроводниковых наноструктур [Текст]/ В.Г. Дубровский. – Санкт-Петербург, 2006. – 347 с.
6. Журнал «Квант» за 1970 – 2007 гг. [Текст]. – М.: Наука.
7. Интернет-курс «Concepts in Nanotechnology» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.canvas.net/courses/concepts-in-nanotechnology>
8. Поисковая система научно-технической информации ISI Web of knowledge [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.isiknowledge.com/
9. Интернет-курс «Coursera: Nanotechnology and Nanosensors» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.class-central.com/mooc/5200/courserananotechnology-and-nanosensors-part1>.
10. Интернет-курс «Fundamentals of Nanoelectronics: Basic Concepts» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.edx.org/course/fundamentalsnanoelectronics-basic-purdue-nano520x>.
11. Мишкеевич, Г. Рабочая грань алмаза [Текст]/ Г. Мишкеевич. – Ленинград: ЛЕНИЗДАТ, 1982.
12. Мухин, М. Наноквантум тулжит [Текст]/ М. Мухин, И. Мухин, А. Голубок. – М.: Фонд новых форм развития образования, 2017 – 128 с.
13. Нанотехнологическое общество России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntsр.info/internet/>
14. Новые материалы [Текст]/ под редакцией Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС. – 2002 – 736 с.
15. 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>.
16. Пул, Ч. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии – [Текст]/ Ч.Пул-мл., Ф Оуэнс. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
17. РосНаноНет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.RusNanoNet.ru/news/
18. Сайт нанотехнологического сообщества «Нанометр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanometer.ru/>
19. Сайт о нанотехнологиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/>

20. Сергеев, Г.Б. Нанохимия [Текст]/ Г.Б. Сергеев. – М.: МГУ, 2007.
21. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов [Текст]/ под ред. С.В. Калюжного. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 528 с.
22. Сонин, А.С. Дорога длиною в век: Из истории открытия и исследования жидких кристаллов [Текст]/ А.С. Сонин. – М.: Наука, 1988.
23. Суздаев, И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]/ И.П. Суздаев. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с.
24. Техническая литература [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tehlit.ru/>
25. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gost.ru

Информационные источники для обучающихся

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