

ДЕПАРТАМЕНТ ПО ОБРАЗОВАНИЮ АДМИНИСТРАЦИИ ВОЛГОГРАДА
муниципальное общеобразовательное учреждение
«Гимназия № 11 Дзержинского района Волгограда»
400137 Россия, Волгоград, ул. им. Константина Симонова, 20а;
тел. 8 (8442) 54-70-19, 53-88-76; E-mail gymnasium11@volgadmin.ru

Принято

на педагогическом совете
протокол от 11.04.2024г. № 8
Председатель
педагогического совета
_____ Е.А. Андреева
11.04.2024г.

Введено в действие

Приказом № 115 от 11.04.2024г.
Директор муниципального
общеобразовательного учреждения
«Гимназия
№ 11 Дзержинского района Волгограда»
_____ Е.А. Андреева
11.04.2024 г.

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
естественнонаучной направленности

"Нанохимия вокруг нас"

реализуется в детском технопарке «Кванториум» МОУ «Гимназии № 11»
(Школьном Кванториуме)

Возраст обучающихся: 15-17лет
Срок реализации: 1 год

Автор-составитель:
Василичина Е.В.,
педагог дополнительного образования

Волгоград, 2024

**Раздел 1. Комплекс основных характеристик дополнительной
общеобразовательной общеразвивающей программы**

1.1. Пояснительная записка

Направленность дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы "Нанохимия вокруг нас" - естественнонаучная, поскольку основной упор делается на изучение понятий и закономерностей, протекающих в атомах и молекулах химических веществ, а также в изучении закономерностей развития природы и взаимодействия с ней человека. Предметная область - междисциплинарные направления современного естествознания на стыке физики, химии и биологии.

Программа разработана на основе

- Федерального Закона РФ от 29.12.2012 г. № 273 "Об образовании в Российской Федерации" (в редакции Федерального закона от 31.07.2020 № 304-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" по вопросам воспитания обучающихся");
- Приказа Министерства Просвещения Российской Федерации от 30.09.2020 г. № 533 "О внесении изменений в порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам, утвержденный приказом Министерства Просвещения Российской Федерации от 9 ноября 2018 г. № 196";
- Приказа Министерства Просвещения Российской Федерации от 09.11.2018 г. № 196 "Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам";
- Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 сентября 2020 г. № 28 "Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи";
- Письма Министерства образования и науки РФ от 18.11.2015 г. № 09-3242 "О направлении информации" (вместе с "Методическими рекомендациями по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (включая разноуровневые программы)";
- Устава МОУ «Гимназия № 11 Дзержинского района Волгограда»

Актуальность программы

По мере развития общества проблема минимизации технических и информационно - технологических систем, обретения ими новых функциональных характеристик становится все более актуальной. Перспективными направлениями являются создание и применение наноразмерных материалов, технологии их синтеза и производства. Для прогнозирования, 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, новых приборов и материалов, 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 «Нанохимия вокруг нас» направлена на развитие профессиональных компетенций, продиктованных современными условиями естественнонаучной и технической направленности, и призвана сформировать у обучающихся знаний о методах и технологиях получения нанопорошков, нанослоев, наногетероструктур и наноструктурированных материалов, в основе которых лежат различные физические

и физико- химические процессы.

Новизна данной программы состоит в применении системно-деятельностного подхода, сочетающегося 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.

Особенности образовательного процесса

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

Направление «Нанохимия вокруг нас» 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.

Отличительной особенностью данной программы является то, что она не только расширяет, углубляет школьный курс химии, физики и биологии, но и имеет профориентационную направленность. Программа предполагает работу обучающихся по собственным проектам. Такая постановка вопроса обучения и воспитания позволяет с одной стороны расширить индивидуальное поле деятельности каждого ребенка, с другой стороны учит работать в команде; позволяет раскрыть таланты обучающихся в области технического творчества и содействовать в их профессиональном самоопределении.

В реализации дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы " принимают участие дети 15-17 лет, имеющих технические наклонности, настойчивость в изобретательстве, т.е. целеустремленных активных детей с высокими образовательными потребностями.

Данная программа реализуется на оборудовании детского технопарка «Кванториум» МОУ «Гимназия № 11» (Школьного Кванториума)

Объем программы

Программа реализуется в течение одного учебного года, 72 учебных часа.

Режим занятий

Занятия проводятся 2 раз в неделю по 1 академическому часу.

Продолжительность занятий исчисляется в академических часах – 40 минут,

Формы обучения

Форма обучения очная.

Учитывая психологические особенности обучающихся, цель и задачи содержания учебного материала, а также условия программы, занятия проводятся с применением разнообразных методов и приемов обучения.

Форма занятий групповая. Так как обучающиеся выполняют собственные творческие работы, в ходе занятия применяется индивидуальный подход к каждому ребенку.

1.2. 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:

Предметные:

- познакомить обучающихся со знаниями в области нанотехнологий;
- способствовать ознакомлению с терминологиями и основными понятиями, связанными с наноматериалами и нанотехнологиями;

- способствовать осмыслению основных отличительных особенностей материалов, находящихся в наносостоянии;

Метапредметные:

- познакомить обучающихся с основами проектной деятельности;
- привить навыки командной работы;
- научить практической работе с высоко технологическим оборудованием;
- научить практической работе с химическими компонентами;
- сформировать навыки к профессиональному самоопределению.

Личностные:

- развивать навыки, необходимые для проектной деятельности;
- развивать разные типы мышления.

Планируемые результаты

По окончании обучения обучающиеся:

будут знать:

- 1) актуальные задачи современного естествознания и нанотехнологий;
- 2) основы и принципы теории решения научно-исследовательских задач;
- 3) методы проведения научного исследования.

будут уметь:

- 1) выбирать объект исследования;
- 2) творчески решать технические задачи;
- 3) формулировать рабочую гипотезу, проверять ее и оценивать достоверность полученных результатов;
- 4) самостоятельно и в команде ставить и решать задачи;
- 5) использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни.

В процессе реализации программы развиваются следующие качества личности детей:

- 1) взаимоуважение и взаимопомощь;
- 2) бережное отношение к результатам своего труда и труда своих товарищей, а также к имеющемуся оборудованию;
- 3) ответственность и сознательность за проведенную работу;
- 4) коммуникабельность и умение работать в команде, постановка речи, улучшение качества выступления и презентаций.

В качестве практического результата обучающиеся должны:

- 1) выполнить и защитить выпускной проект согласно разделам учебного плана;
- 2) принять участие в областных и федеральных мероприятиях.

Раздел 2. Комплекс организационно-педагогических условий

2.1. Учебно-тематический план

№ п/п	Название раздела, темы	Количество часов			Форма аттестации/ контроля
		Всего	Теория	Практика	
1.	Безопасность: пожарная, при работе в лаборатории	1	1	0	лекция
2.	Кибер-безопасность	1	1	0	лекция

3.	Практическая работа 1 « Лабораторная посуда. Организация рабочего места. Правила техники безопасности»	1	0	1	практикум
4.	Практическая работа 2 « Работа в программах Word Excel. Paint 3D»	1	0	1	практикум
5.	Понятия, термины, история нано - технологий	1	1	0	лекция
6.	Знакомство с оптической микроскопией	1	1	0	лекция
7.	Поверхностные и объемные атомы	1	1	0	лекция
8.	Законы физики в микромире	1	1	0	лекция
9.	Законы химии в микромире	1	1	0	лекция
10.	Практическая работа 3 « Наноразмеры в живой природе. Расчет размеров макро, микро и нано объектов»	1	0	1	практикум
11.	Практическая работа 4 «Работа на стереомикроскопе»	1	0	1	практикум
12.	Практическая работа 5 «Методы микроскопического исследования металлов»	1	0	1	практикум
13.	Практическая работа 6 « Работа с молекулярным конструктором. Расчет числа элементарных частиц, зарядового числа, массового числа»	1	0	1	практикум
14.	Практическая работа 7 «Исследование агрегатных состояний вещества. Фазовые переходы»	1	0	1	практикум
15.	Викторина «Введение в нанохимию»	1	1	0	игра
16.	Основные отличительные особенности материалов, находящихся в наносостоянии	1	1	0	лекция
17.	Практикум «Создание глоссария терминов»	1	1	0	беседа
18.	Агрегатное состояние веществ.	1	1	0	лекция
19.	Физические и химические свойства веществ.	1	1	0	лекция
20.	Метаустойчивые состояния вещества	1	1	0	лекция
21.	Кристаллическая решетка	1	1	0	лекция

22.	Образование и рост кристаллов вещества	1	1	0	лекция
23.	Фазовое равновесие	1	1	0	лекция
24.	Изоморфизм	1	1	0	лекция
25.	Полиморфизм	1	1	0	лекция
26.	Практическая работа 8 «Опыты с кристаллами, стеклом и дисперсными системами»	1	0	1	практикум
27.	Практическая работа 9 «Рост кристаллов из растворов. Факторы, влияющие на рост кристалла»	1	0	1	практикум
28.	Жидкости и газы	1	1	0	лекция
29.	Фазовые переходы	1	1	0	лекция
30.	Эффекты в неньютоновских жидкостях	1	1	0	лекция
31.	Аллотропные формы углерода, структура и свойства	1	1	0	лекция
32.	Фотохромные материалы	1	1	0	лекция
33.	Термохромизм. Физический и химических термохромизм	1	1	0	лекция
34.	Практическая работа 10 «Исследование свойств жидкостей: плотности, вязкости, текучести, пленки поверхностного натяжения».	1	0	1	практикум
35.	Практическая работа 11 «Изучение свойств растворителя. Наблюдение диффузии»	1	0	1	практикум
36.	Практическая работа 12 «Свойства неньютоновской жидкости (раствор крахмала)».	1	0	1	практикум
37.	Практическая работа 13 «Изучение фазового перехода испарение – конденсация»	1	0	1	практикум
38.	Практическая работа 14 «Изучение свойств углерода: твердость, электропроводность, оптические свойства, теплопроводность. Сравнение аллотропных модификаций углерода».	1	0	1	практикум
39.	Практическая работа 15 «Адсорбционные свойства угля»	1	0	1	практикум
40.	Практическая работа 16 «Изменения в веществах, вызванных поглощением света».	1	0	1	практикум
41.	Практическая работа 17 «исследование термохромных линз, красителей, порошков».	1	0	1	практикум
42.	Практическая работа 18 «Приготовление термохромного покрытия».	1	0	1	практикум
43.	Практическая работа 19 «	1	0	1	практикум

	Определение химических термохромных веществ»				
44.	Этапы развития нанотехнологий	1	1	0	лекция
45.	Размерные эффекты в нанотехнологиях	1	1	0	лекция
46.	Методы синтеза наноматериалов	1	1	0	лекция
47.	Практическая работа 19 «Осаждение серебра, получение пленки серебра»	1	0	1	практикум
48.	Викторина по теме «Размерные эффекты в нанотехнологиях»	1	1	0	игра
49.	Получение наночастиц	1	1	0	лекция
50.	Основы получения пленок, ферромагнетиков методом осаждения из растворов	1	1	0	лекция
51.	Практическая работа 20 «Получение наночастиц железа»	1	0	1	практикум
52.	Коллоидное состояние. Наножидкости.	1	1	0	лекция
53.	Седиментация как метод повышения выхода наночастиц. Золь-гель технология.	1	1	0	лекция
54.	Практическая работа 21 «Получение золь- геля и изучение его свойств»	1	0	1	практикум
55.	Знакомство с рН – метрией, кондуктометрией, спектрофотометром, рефрактомером	1	1	0	лекция
56.	Практическая работа 22 «Измерение водородного показателя в разных растворах. Буферные растворы»	1	0	1	практикум
57.	Практическая работа 23 «Измерение электропроводности разных растворов»	1	0	1	практикум
58.	Практическая работа 24 «Определение количества сахара в растворе»	1	0	1	практикум
59.	Практическая работа 25 «Исследование диамагнитных свойств магнетита»	1	0	1	практикум
60.	Практическая работа 26 «Исследование процессов сорбции и десорбции в цеолитах»	1	0	1	практикум
61.	«Исследование процессов сорбции и десорбции в цеолитах»	1	0	1	практикум
62.	Практическая работа 27 «Растительные пигменты»	1	0	1	практикум
63.	Практическая работа 27 «Растительные пигменты»	1	0	1	практикум
64.	Практическая работа 28 «Исследование наличия антоцианов в чае. Изменение окраски антоцианов в зависимости от Рн раствора	1	0	1	практикум

65.	Практическая работа 28 «Исследование наличия антоцианов в чае. Изменение окраски антоцианов в зависимости от Рн раствора	1	0	1	практикум
66.	Что такое проект и кейс. Алгоритм работы над проектом	1	0,5	0,5	лекция
67.	Структура проекта. Типы проектов.	1	0,5	0,5	лекция
68.	Информационные источники. Работа с информацией. Верификация	1	0,5	0,5	лекция
69.	Способы представления проекта	1	0,5	0,5	публичные выступления
70.	Подготовка к защите проектов	1	1	0	публичные выступления
71.	Подготовка к итоговой защите проектов.		1	0	публичные выступления
72.	Итоговое занятие. Защита проектов.	1	1	0	публичные выступления
	Итого	72	38	34	

Содержание программы

1. Техника безопасности (4 часа).

Тема: 1.1. Пожарная безопасность в Школьном Кванториуме и нано-лаборатории.

Теория: Техника безопасности при работа в лаборатории, со стеклянной посудой, нагревательными приборами.

Практика: знакомство с лабораторным оборудованием, беседа.

Тема: 1.2. Кибер-безопасность.

Теория: Компьютерная грамотность и безопасность. Правила пользования ПК в нано-лаборатории. Правила поведения в интернете, ютубе, VK.

Практика: Обучение работе в программах Word. Excel. Paint 3D

2. Уровни организации материи (11 часов).

Тема: 2.1. Понятия, термины, история нано - технологий.

Теория: понятия, термины, возникновение, история нано-технологий. Просмотр видео материалов. Краткая история Нанотехнологий. Презентация. Видео.

Тема: 2.2. Знакомство с оптической микроскопией..

Теория: современные методы исследования веществ и материалов.

Практика: расчет размеров наночастиц.

Тема: 2.3. Поверхностные и объемные атомы

Теория: основные понятия по теме

Практика: микроскопическое исследование металлов

Тема: 2.4. Законы физики в макромире

Теория: применение законов физики к наносистемам.

Практика: проведение расчетов, изготовление макетов объектов, сравнение объектов.

Тема: 2.5. Законы химии в макромире.

Теория: применение законов химии к наносистемам.

Практика: проведение расчетов, изготовление макетов объектов, сравнение объектов

3. Терминология и основные понятия в нанотехнологиях (2 часа).

Тема: 3.1. Основные отличительные особенности материалов, находящихся в наносостоянии.

Теория: общее представление о том, что такое нанотехнологии и какие аспекты нашей жизни они могут изменить Представления о наноразмерности.

Практика: составление глоссария.

4. Мир симметрии кристаллов (10 часов).

Тема: 4.1. Агрегатное состояние вещества.

Теория: изучение строения вещества в разных агрегатных состояниях.

Практика: Опыты с кристаллами, стеклом и дисперсными веществами (сажа). Изучение техники безопасности

Тема: 4.2. Физические и химические свойства вещества.

Теория: изучение характеристик минералов, металлов. Влияние их структуры на свойства.

Тема: 4.3. Метастабильные состояния вещества.

Теория: изучение характеристик метастабильных состояний вещества

Тема: 4.4. Кристаллическая решетка.

Теория: изучение характеристик минералов, металлов. Влияние их структуры на свойства кристаллических решеток веществ.

Тема: 4.5. Образование и рост кристаллов.

Теория: изучение процесса роста кристаллов, факторов, влияющих на рост кристалла

Практика: рост кристаллов из растворов.

Тема: 4.6. Фазовое равновесие.

Теория: изучение основных закономерностей фазового равновесия

Тема: 4.7. Изоморфизм.

Теория: изучение роли изоморфизма в мире кристаллов и минералов

Тема: 4.8. Полиморфизм.

Теория: изучение роли изоморфизма в мире кристаллов и минералов.

5. Погружение в материаловедение (16 часов).

Тема: 5.1. Жидкости и газы.

Теория: изучение строения и свойств газообразных и жидких веществ.

Практика: исследование свойств жидкостей, растворителей, неньютоновской жидкости

Тема: 5.2. Фазовые переходы.

Теория: изучение процессов фазовых переходов, построение графиков.

Практика: исследовании е фазовых переходов.

Тема: 5.3. Аллотропные формы углерода, структура и свойства.

Теория: изучение и сравнение аллотропных форм углерода

Практика: изучение свойств углерода: твердость, электропроводность, оптические свойства, теплопроводность. Сравнение аллотропных модификаций углерода

Тема: 5.4. Фотохромные материалы.

Теория: различные типы фотохромных материалов, фотохромизм.

Практика: исследования изменений в веществах, вызванных поглощением.

Тема: 5.5. Термохромизм. Физический и химических термохромизм.

Теория: различные типы термохромных материалов, красители.

Практика: исследование термохромных покрытий, термохромных линз

6. Погружение в нанотехнологию (5 часов)

Тема: 6.1. Этапы развития нанотехнологий.

Теория: объектный мир нанотехнологий, основные закономерности наномира.

Практика: поиск информации по теме. Поиск информации в свободных источниках, ее структурирование. Составление презентации

Тема: 6.2. Размерные эффекты в нанотехнологиях.

Теория: современные конструкционные наноматериалы, приборы; принципы их исследования, изготовления и применения.

Практика: работа с электронными фотографиями, выполнение расчетных заданий. Обработка поверхностей. Оценка обработки с помощью различных типов микроскопов.

Тема: 6.3. Методы синтеза наноматериалов.

Теория: гидрофобность и гидрофильность отдельных материалов и поверхностей.

Практика: опыты по осаждению серебра.

твердыми телами. Испытание жидкокристаллических дисплеев – нагревание.

7. Получение магнитных наночастиц методом осаждения (3 часа).

Тема: 7.1. Получение наночастиц

Теория: погружение в тему получения наночастиц.

Практика: изучение техники безопасности при работе с аммиаком перекисью водорода. Лабораторная работа: «Изготовление магнитной жидкости, методом осаждения из раствора.» На основании теоретических исследований, экспериментов выдвигают различные гипотезы по применению полученных наночастиц в различных областях науки, медицины, и т.д..

Тема: 7.2. Основы получения пленок, ферромагнетиков методом осаждения из растворов

Теория: получение пленок методом осаждения и соосаждения.

8. Методы синтеза наноматериалов (3 часа).

Тема: 8.1. Коллоидное состояние. Наножидкости.

Теория: что представляет собой коллоидное состояние, отличительные особенности наножидкостей.

Практика: поиск информации в сети интернет.

Тема: 8.2. Седиментация как метод повышения выхода наночастиц. Золь-гель технология.

Теория: изучение синтеза золь - геля.

Практика: получение золь-геля и изучение его свойств.

9. Измерительные приборы. Знакомство. Эксперименты (11 часов).

Тема: 9.1. Знакомство с рН – метрией, кондуктометрией, спектрофотометром, рефрактомером.

Теория: Знакомство с рН-метрией, кондуктометрией, мульти метром. Изучение работы рН-метра, понятие буферного раствора, измерение водородного показателя в разных средах, измерение электропроводности, возможности мультиметра. Назначение психрометра и гигрометра. Возможности барометра. Радиометр, манометр, ареометр, вискозиметр, штангенциркуль. Рефрактометрия (рефрактометрический метод) применяется для идентификации химических соединений. Поляриметрия широко применяется для исследования строения оптически активных веществ и измерения их концентрации.

Практика: Изучение техники безопасности. Лабораторные работы: рН-метрия, кондуктометрия, измерение электропроводности.

10. Основы проектной деятельности (4 часа).

Тема: 10.1. Что такое проект и кейс. Алгоритм работы над проектом.

Теория: изучение основ проектной деятельности.

Практика: этапы проекта.

Тема: 10.2. Структура проекта. Типы проектов..

Теория: виды и способы реализации проектов.

Практика: поиск информации в интернете. Проведение деловой игры.

Тема: 10.3 Информационные источники. Работа с информацией. Верификация

Теория: виды информационных источников.

Практика: оформление списка литературы.

Тема: 10.4. Способы представления проекта

Теория: Способы представления проекта.

Практика: предзащита проекта.

11. Подготовка к итоговой защите проектов (3 часа).

Тема: 14.1. Принципы создания научной проектной работы.

Теория: теория вероятностей.

Практика: практическое применение.

Тема: 14.2. Защита проектной работы.

2.3. Формы аттестации

Для определения результативности усвоения общеразвивающей программы "Нанохимия вокруг нас" используются следующие формы аттестации:

- педагогическое наблюдение: систематическое наблюдение за активностью и взаимодействием обучающегося в учебной среде для оценки его индивидуального прогресса.
- мониторинг (для выявления личностного роста и развития творческой деятельности),
- беседа: активный обмен мнениями и идеями между участниками с целью более глубокого понимания темы или проблемы.
- фронтальный опрос - это этап учебного занятия, на котором, преподаватель опрашивает обучающихся всей группы. Такая форма контроля может проводиться несколько раз в течении занятия.

- мини-выставка: возможность показать свои достижения и знания от пройденных тем.
- защита проекта: аргументированная защита выбранных решений и методов, представленных в проекте, перед экспертами или комиссией.

Оценочные материалы

За период обучения, обучающиеся получают определенный объем знаний и умений, уровень усвоения которых проверяется в течение всего времени обучения.

Для этой цели проводится педагогическая диагностика:

- стартовая, прогностическая (проводится в начале года) осуществляется на первом занятии с помощью фронтального опроса;
- текущая, промежуточная (проводится в течение обучения) осуществляется в процессе мониторинга при повторении пройденных тем, роста компетентности в ходе реализации образовательной программы;
- итоговая (проводится в конце обучения) проводится по результатам освоения программы в целом или после завершения модуля и заключается в защите проектов и выдачей Сертификатов окончания обучения.

2.4. Комплекс организационно-педагогических условий

Для успешной реализации данной программы необходим ряд условий:

Оборудование НАНО-лаборатории:

- 1.Магнитная мешалка с подогревом
2. Дистиллятор лабораторный
- 3.Нагревательная плитка
- 4.Водяная баня
- 5.Центрифуга
- 6.Муфельная печь
- 7.Лабораторные весы
- 8.Аналитические весы
- 9.Стереомикроскоп
- 10.Металлографический микроскоп исследовательского класса
11. Цифровая лаборатория «Химия» профильная для педагога

Список литературы

1. Альтшуллер, Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. — Новосибирск: Наука, 1986.
2. Большакова А.В., Дубровин Е.В., Протопопова А.Д, Сеницына О.В., Смирнов С.Ю., Яминский И.В. Пять нобелевских уроков. – СПб: АНПО «Школьная лига». 2013. – 96 с.
3. Воронов, В.К. Физика на переломе тысячелетий: Физические основы нанотехнологий / В.К. Воронов, А.В. Подоппелов, Р.З. Сагдеев. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 432 с.
4. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – Физматлит, 2009. – 416 с
5. Жданов Э.Р., Лачинов А.Н., Галиев А.Ф. Учебные демонстрации с элементами «Нано». – СПб.: АНПО «Школьная лига», Издательство «Лема», 2013. – 56 с.
6. Лаборатория Кота Шрёдингера. Образовательная программа школьного дополнительного образования и методические рекомендации к ней / Под ред. Е.И.Казаковой — СПб.: Школьная лига, 2015. — 76 с.
7. Лаврентьев А.Г. Возможности СЗМ «NanoEduKator». – СПб: АНПО «Школьная лига». 2013. – 35 с.

8. Люблинская И. Е. STEM в школе и новые стандарты среднего естественнонаучного образования в США / Проблемы преподавания естествознания в России за рубежом / Под редакцией Петровой Е. Б. - М.: ЛЕНАНД, 2014 - 160 с. - С.6-24(Психология, педагогика, технология обучения. № 44)

9. Матюшкин А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. – М.:«Педагогика», 1972. – 168 с.

10. Школа и бизнес: опыт взаимодействия. Четыре шага к технопредпринимательству. Сборник / Авторы-составители Эпштейн М.М., Юшкова А.Н. — СПб: АНПО «Школьная лига», 2014. – 96 с.

Интернет-источники:

1. Наноквантум тулкит –

<https://drive.google.com/file/d/1rvVcK0EDnwugtmoaa-DLvXjZNMUKz-UF/view>

2. Образовательная программа дополнительного образования детей в области основ нанотехнологий, рекомендуемая для федеральной сети детских технопарков «Кванториум» -

<https://drive.google.com/open?id=1dVpKGi0tsKAEa-UlCH0Y5IMhIm1qsvTS>

3. Образовательная платформа для учеников и педагогов "Нанотехнологии для школьников"

<https://stemford.org/>

Список методических материалов и тематических порталов 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.

