

Автономная некоммерческая организация  
«Красноярский детский технопарк «Кванториум»

РЕКОМЕНДОВАНО  
методическим советом  
протокол № 4 от 30.05.2019 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
Кениг С.Р.  
Приказ № 25  
от 31.05.2019 г.



Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа  
естественно-научной направленности  
«Нанотехнологии»

Срок реализации:  
1 год  
Возраст детей:  
14-18 лет  
Составители программы:  
Трофимова Т.В.

г. Красноярск, 2019 г.

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Нанотехнологии» (далее - программа) имеет естественно-научную направленность, базовый уровень сложности и ориентирована на обучающихся 14-18 лет. Программа рассчитана на один год в объеме 144 часа из расчета 4 часа в неделю.

### 1.1. НОВИЗНА

Новизна программы заключается:

- в способе формирования задатков ключевых компетенций, средством же служит применение метода учебных кейсов для развития навыков самостоятельной работы у обучающихся;
- изучение химии и физики в рамках программы «Нанотехнологии» дает более широкие возможности, предъявляя дополнительные требования к реализации внутрипредметных и межпредметных связей;
- программа допускает возможность корректировки и видоизменения тематического содержания в процессе обучения, что обусловлено личными целями обучающегося, личностным содержанием его образования, рефлексией обучающегося, выводящей его на самоконтроль и самооценку;
- наряду с традиционными технологиями, при реализации программы широко применяются исследовательские методы обучения, ТРИЗ и командная работа.

### 1.2. АКТУАЛЬНОСТЬ

В связи с бурным развитием нанотехнологической науки существенно расширяется область применения научных достижений в различных сферах человеческой деятельности. Проникая незаметно в нашу жизнь, продукты

нанотехнологической отрасли (компьютерная техника, мобильные средства связи, устройства видеонаблюдения, датчики различных процессов, источники энергии и т.д.) становятся ее неотъемлемой частью. При этом отделить нанотехнологические системы от микротехнологических, при изучении устройств подобных приборов является весьма сложной задачей даже для специалистов, поскольку вопрос определения нанотехнологий не решен до сих пор. Поэтому одной из важнейших проблем современного общества является формирование общих представлений о нанотехнологиях, которые в лучшем случае оказываются противоречивыми, а в худшем – подставными. Это связано, прежде всего, с потоком информации, порождаемым рекламной индустрией, зачастую искажающей и фальсифицирующей данные о применении нанотехнологий в предлагаемых изделиях. Становится очевидным необходимость просвещения в этой области потребительской части населения России, начиная со школьного возраста. Данные обстоятельства указывают на важность введения адаптированного курса по основам нанотехнологий, базирующегося на школьных курсах физики и химии для учеников 8-11-х классов общеобразовательных школ.

Назначение программы – привлечь школьников к исследовательской, изобретательской, научной и инженерной деятельности. Задача педагога – развить у обучающихся навыки, которые им потребуются в самостоятельной экспериментальной и теоритической работе и в дальнейшем освоении программы углубленного уровня. Изучение программы построено на практико-ориентированных инженерных и исследовательских кейсах (индивидуальных или групповых), направленных на решение задач прикладного и фундаментального характера, позволяет целенаправленно развивать творческие способности обучающихся, их самостоятельность, совершенствовать личностные качества.

### 1.3. ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

Будущая профессиональная элита нашей страны сегодня только получает образование. Поэтому чрезвычайно важно создать все условия для того, чтобы подрастающее поколение россиян осознанно и заинтересованно подходило к вопросу выбора будущей профессии, ставя во главу угла и свои интересы, и запросы государства и общества. Данная образовательная программа помогает в решении следующих актуальных педагогических задач, таких как:

- показать место и роль научной деятельности в структуре современных высокотехнологичных профессий;

- выполнить учащимся серию различных проб в системах «человек-техника» и «человек-знаковая система» для получения представлений о своих возможностях и предпочтениях;

- реализовать диагностическую функцию, позволяющую наблюдениями тестами, интервьюированием и другими способами определять динамику развития индивидуальности и личности;

- сформировать образы эффективного труженика и эффективного труда, достойного уважения человека и благополучной трудовой карьеры;

- заинтересовать юношей и девушек проектированием жизненных и профессиональных планов, особенностями будущей профессии, возможными путями достижения высокой профессиональной квалификации.

При составлении программы учитывались следующие психофизиологические особенности потенциальных обучающихся:

- потребность в жизненном самоопределении и обращенность планов в будущее, осмысление с этих позиций настоящего;

- становление социальных мотивов гражданского долга;

- тенденция к осознанию школьником своего мировоззрения;

- потребность в осознании себя как целостной личности;

- оценке своих возможностей в выборе профессии, в осознании своей жизненной позиции;

- становление целеполагания;

интерес ко всем формам самообразования;  
избирательность познавательных мотивов, диктуемая выбором профессии;  
устойчивость интересов, их относительная независимость от мнения окружающих.

В рамках реализации программы у обучающихся формируются знания о методах и технологиях получения нанопорошков, нанослоев, наногетероструктур и наноструктурированных материалов, в основе которых лежат различные физические и физико-химические процессы.

Применение метода учебных кейсов является очень важным и эффективным механизмом формирования способности самостоятельно мыслить, добывать и применять знания, тщательно обдумывать принимаемые решения, четко планировать действия, эффективно сотрудничать в разнообразных группах. Современные педагогические исследования показывают, что метод кейсов развивает исследовательские и творческие способности обучающихся, повышает их мотивацию к получению дополнительных знаний и развивает их самостоятельную активность, активизирует процесс включения школьников в познавательную деятельность.

В процессе обучения применяются следующие технологии:

- проблемное обучение;
- исследовательские методы обучения и ТРИЗ;
- обучение в сотрудничестве (командная, групповая работа).

#### 1.4. КОНЦЕПЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Концепция программы «Нанотехнологии» основана на личностно-деятельностном и социокультурном подходах в образовании.

Дополнительное образование должно носить опережающий характер и быть нацеленным на воспитание профессионалов 21 века, людей нравственных, обладающих высокой экологической культурой и

современным мировоззрением, экономически, технологически и функционально грамотных.

### 1.5. РЕКВИЗИТЫ ПРОГРАММ, НА ОСНОВЕ КОТОРЫХ СОСТАВЛЕНА ДАННАЯ ПРОГРАММА

Данная Программа разработана в соответствии с нормативными правовыми актами в области образования: Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», постановлением Правительства Российской Федерации от 23 мая 2015 г. № 497 «О Федеральной целевой программе развития образования на 2016-2020 годы», приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 29 августа 2013 г. № 1008 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам», постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 4 июля 2014 г. № 41 «Об утверждении СанПиН 2.4.4.3172-14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей».

Программа авторская, разработана на основе методических материалов «Наноквантум тулкит», представленным Фондом новых форм развития образования, г. Москвы, 2017 г.

### 1.6. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММЫ

Освоение данной программы формирует платформу для изучения применения нанотехнологий в высокотехнологичных отраслях производства и реализацию научно-исследовательских проектов в данном направлении.

Особенностью программы обучения по нанотехнологиям является заложенная в нее идея опережающего обучения, позволяющая на самых ранних этапах создать предпосылки для углубленного изучения химии и

физики, а также наличие «сквозного» повторения узловых вопросов школьного курса по этим предметам на различных этапах обучения, причем каждое повторение проводится на более высоком, как количественном, так и качественном уровнях. Кроме того, данная программа позволяет сформировать возможность самостоятельной работы и решения научных задач на высокотехнологичном оборудовании, соответствующим мировым стандартам.

### 1.7. ЦЕЛЬ

Целью программы является формирование у обучающихся современных представлений о наноматериалах и наносистемах, а также возможностей их использования при создании наукоемкой продукции.

### 1.8. ЗАДАЧИ

- Сформировать у обучающихся представление о современных достижениях в области наук (физика, информатика, химия, математика) и их стыковых частях, являющихся основой нанотехнологий, расширить научный кругозор;
- освоить основные методы получения наноматериалов и наноструктур;
- познакомить обучающихся с технологиями научно-исследовательской деятельности;
- сформировать навыки проведения теоретических и экспериментальных исследований от постановки задачи до ее реализации;
- развить навыки командной работы и публичных выступлений;
- сформировать представление об оформлении полученных результатов в виде публикаций и навык представления полученных результатов на конференциях различного уровня.

## 1.9. ТРЕБОВАНИЯ К ОБУЧАЮЩИМСЯ

Набор на программу осуществляется в соответствии с Положением о наборе учащихся в АНО «Красноярский детский технопарк «Кванториум». Обучающиеся, поступающие на программу, проходят собеседование, направленное на выявление их индивидуальности и склонности к выбранной деятельности.

### **Возраст обучающихся.**

Программа «Нанотехнологии» рассчитана на обучающихся 14-18 лет. В связи с ориентированностью программы на разработку индивидуальных (групповых) проектов максимальное количество обучающихся в группе не должно превышать 12 человек.

## 1.8. ФОРМЫ И РЕЖИМ ЗАНЯТИЙ

**Место реализации программы:** АНО ДТ «Красноярский «Кванториум». Адрес: ул. Дубровинского, 1 И (Галерея «Енисей»), г. Красноярск, Красноярский край, 660049.

**Срок реализации программы:** 1 год. Объем учебной нагрузки -144 учебных часа.

### **Формы и режим занятий**

Программа рассчитана на 144 учебных часа. Занятия проводятся – 2 раза в неделю по 2 академических часа с десятиминутным перерывом, что определяется санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.4.4.3172-14. В конце первого полугодия проводится промежуточный контроль (2 часа) в форме предзащиты проекта, в конце года проходит итоговый контроль (4 часа) в форме итоговой защиты проекта в рамках научно-практической конференции.

При проведении занятий традиционно используются три формы работы:

- фронтальная, когда обучающиеся синхронно работают под управлением педагога;



- самостоятельная, когда обучающиеся выполняют индивидуальные задания в течение части занятия или нескольких занятий;
- демонстрационная, когда обучающиеся слушают объяснения педагога и наблюдают за демонстрационным экраном или экранами компьютеров на ученических рабочих местах.

Обучение проводится в формате лекций, объяснений и демонстраций для усвоения теоретического материала. После основных лекционного материала проводятся практические занятия (лабораторные работы) для эффективного закрепления полученных теоретических знаний, а также для формирования базовых навыков.

Для проверки полученных знаний используются публичные защиты результатов, полученных на практиках, а также выступления перед группой школьников на заранее подготовленные темы.

Используемые формы:

- на этапе изучения нового материала – лекция, объяснение, рассказ, демонстрация;
- на этапе закрепления изученного материала - беседа, дискуссия, практическая работа, дидактическая или педагогическая игра;
- на этапе повторения изученного материала – наблюдение, устный контроль (опрос, игра), творческое задание;
- на этапе проверки полученных знаний – выполнение кейсов, дополнительных заданий, публичное выступление с демонстрацией результатов работы над образовательным модулем.

### 1.9. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И СПОСОБЫ ИХ ПРОВЕРКИ

В рамках программы формируются и развиваются компетенции Soft и Hard skills.

Результатом обучения детей по программе «Нанотехнологии» должно быть:

- сохранение и усиление мотивации к дальнейшему профильному образованию (химия, физика) и сферам труда, предполагающим профессиональное применение нанотехнологий и проектной деятельности;
- развитие интеллектуальных способностей, прежде всего, умения решать новые, необычные задачи, в частности, олимпиадные;
- владение системными знаниями в области химии, физики и нанотехнологий;
- успешное участие в олимпиадах;
- надежное, быстрое решение задач повышенного уровня сложности;
- умение самостоятельно работать с высокотехнологичным оборудованием и успешно решать на нем поставленные задачи;
- развитие элементов творческой деятельности, таких как: видение и формулирование проблемы, выдвижение гипотез, их проверка и т.д.;
- сформированный навык поиска необходимой информации в научной литературе;
- положительная итоговая аттестация.

Текущий контроль освоения программы проводится во время занятий при помощи наблюдений, опросов, контрольных работ.

Промежуточная аттестация осуществляется 1 раз в год в форме контрольной работы.

Итоговая аттестация проходит по окончании программы в форме решения итогового контрольного кейса.

#### 1.10. ФОРМЫ ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ ОБУЧЕНИЯ

Итоговый контроль освоения образовательной программы осуществляется посредством решения контрольного итогового кейса рабочими группами.

Для оценки финальных результатов работы каждой проектной команды педагог рассматривает предлагаемое решение контрольного кейса по следующим девяти критериям:

1. способность к поисковой деятельности по многоязычным ресурсам интернета для анализа имеющейся информации по теме задачи;
2. способность к смысловому чтению текстов задач с определением круга решаемых вопросов и условий;
3. соблюдение техники безопасности в лаборатории;
4. способность к самостоятельному определению необходимых оборудования и материалов для проведения эксперимента;
5. способность к самостоятельному проведению эксперимента;
6. умение генерировать нестандартные решения методами технического творчества;
7. умение анализировать полученный результат;
8. умение делать выводы и презентовать результаты работы;
9. способность работать в группе.

## 2. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование разделов и тем	Общее количество часов	В том числе:	
			теорети- ческих	практи- ческих
1.	Соблюдение правил техники безопасности и санитарно-гигиенических норм при работе с электрооборудованием и учебно-методическими материалами	2	2	
2	Основы физических законов макро- и микромира	22	10	12
3	Введение в нанотехнологии.	24	6	18
4	Материалы с памятью формы и опыты с ними	6	2	4
5	Промежуточный контроль	2		2
6	Термохромизм. Химический термохромизм.	8	2	6
7	Термохромизм. Физический термохромизм.	6	2	4
8	Принципы, методы и методики измерений.	26	8	18
9	Выполнение учебных кейсовых задач	46	6	40
10	Итоговый контроль.	2		2
ИТОГО часов:		144	38	106

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Программа формирует набор базовых знаний в области нанотехнологий, необходимых для эффективного решения профильных задач и реализации проектов.

1. Соблюдение правил техники безопасности и санитарно-гигиенических норм при работе с электрооборудованием и учебно-методическими материалами.

Общие правила безопасности в образовательном учреждении. Основы техники безопасности при работе с электрическими приборами. Техника безопасности при работе в лаборатории. Общие положения техники безопасности при работе с химическими реактивами. Техника безопасности при работе с лабораторными установками.

2. Основы физических законов макро- и микромира.

Механическое движение. Скорость. Методы исследования механического движения. Явление инерции. Масса. Плотность вещества. Сила. Сила тяжести. Вес. Сила упругости. Сложение сил. Равновесие тел. Центр тяжести тела. Давление. Закон Архимеда. Атмосферное давление. Сила трения. Энергия. Работа и мощность. Простые механизмы. Механические колебания. Механические волны.

Атомное строение вещества. Взаимодействие частиц вещества. Свойства газов, жидкостей и твердых тел.

Температура. Внутренняя энергия. Количество теплоты. Удельная теплоемкость. Виды теплопередачи. Плавление и кристаллизация. Испарение и конденсация. Теплота сгорания.

Электрический заряд. Взаимодействие зарядов. Закон сохранения электрического заряда. Действие электрического поля на электрические заряды. Энергия электрического поля. Постоянный электрический ток. Источники тока. Сила тока. Закон Ома для участка цепи. Измерение электрических величин. Последовательное и параллельное соединение

проводников. Работа и мощность электрического тока. Природа тока. Полупроводниковые приборы.

Взаимодействие постоянных магнитов. Магнитное поле тока. Электромагнит. Действие магнитного поля на проводник с током. Электродвигатель. Электромагнитная индукция. Правило Ленца. Самоиндукция. Электрогенератор.

Переменный ток. Производство и передача электроэнергии. Электромагнитные колебания. Электромагнитные волны и их свойства. Принципы радиосвязи и телевидения.

Свойства света. Отражение света. Преломление света. Линзы. Оптические приборы. Дисперсия света.

Лабораторные работы: «Качественный анализ спектрофотометрическим методом»; «Построение градуировочных графиков и количественный анализ методом спектрофотометрии».

### 3. Введение в нанотехнологии.

Нано как миллиардная доля от метра. Наноструктуры – объекты, промежуточные между молекулами и макроскопическими телами. Положение наноструктур на шкале размеров. Примеры природных и синтезированных наноструктур (ДНК, частицы природных глин, фуллерены, магнитные кластеры и др.). Почему освоение наномира может быть так полезно для человечества? Ричард Фейман.

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.

Лабораторные работы: «Химический синтез и физико-химический анализ водной дисперсии наночастиц золота»; «Определение распределения наночастиц по размерам»; «Химический синтез и спектрофотометрический анализ водной дисперсии наночастиц серебра»; «Получение углеродных нанотрубок методом осаждения их паровой фазы».

#### 4. Материалы с памятью формы и опыты с ними.

Знакомство с уникальными материалами, обладающими памятью формы. Эффект памяти формы (ЭПФ). Механизм реализации эффекта памяти формы. Восстановление первоначальной структуры в сплаве никеля и титана (нитиноле). Явления, связанные с ЭПФ. Обратимая память формы. Область применения.

Лабораторные работы: «Определение температуры активации «памяти» нитинола»; «Закалка нитиноловой проволоки».

#### 5. Промежуточный контроль. Контрольная работа.

#### 6. Термохромизм. Химический термохромизм.

Термохромизм, общее определение. Термохромизм химических и органических соединений. Термохромизм в газовой фазе.

Термохромизм в растворах и соединениях. Термохромизм в полимерах. Сравнение классов термохромных соединений. Область применения. Использование термохромных соединений.

Лабораторные работы: «Термическая дегидратация хлорида кобальта»; «Изменение цвета раствора фенолфталеина»; «Определение формы и размеров частиц термохромного пигмента с помощью оптического микроскопа».

#### 7. Термохромизм. Физический термохромизм.

Физический термохромизм. Жидкие кристаллы. Smartorintelligentmaterials - «умные материалы». Обратимые термохромные материалы. Применение термохромных материалов в различных устройствах.

Лабораторные работы: «Потеря окраски цитрина при нагревании»; «Изучение жидкокристаллической термохромной краски под оптическим микроскопом»; «Определение температуры активации термохромных красителей».

#### 8. Принципы, методы и методики измерений.

Основная идея СЗМ. Пространственное разрешение СЗМ. Пьезосканер. Стабилизация наноконтакта зонда с образцом с помощью следящей системы (СС). Аналоговая и цифровая СС. Режим постоянного взаимодействия и постоянной высоты. Компромисс между точностью и устойчивостью слежения. Принцип защиты наноконтакта от вибраций, акустических шумов и тепловых дрейфов. Основные типы СЗМ, основные измерительные моды. Аппаратно-программные средства управления, сбора и обработки СЗМ-данных. Опыт внедрения инноваций в ЕС. Основные фирмы-производители СЗМ.

Знакомство с оптическим микроскопом и его возможностями. Знакомство с металлографическим микроскопом. Знакомство со спектрофотометром. Знакомство с кондуктометром и рефрактометром. Знакомство со сканирующим зондовым микроскопом. Знакомство с пиролитическим газовым реактором.

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

Удаление наклона плоскости, удаление поверхности 2-го порядка, сглаживание методом скользящего окна, медианная фильтрация, Фурье-фильтрация, поперечное сечение СЗМ-изображений, гистограммы распределения по размерам, способы представления 3D-изображений.



Формирование изображения в растровом электронном микроскопе. Детекторы в растровой электронной микроскопии. Возможности и ограничения в наблюдении и анализе поверхности, морфологических и геометрических параметров объектов исследования. Аналитические возможности растрового электронного микроскопа. Рентгеновский микроанализ элементного состава микро- и нанообъектов. Электроннолучевая литография на резисте и другие методы создания наноструктур с помощью электронного пучка. Основные фирмы – производители оборудования.

Лабораторные работы: «Обработка и представление СЗМ – данных»; «Измерение геометрических характеристик на СЗМ – изображениях»; «Визуализация методом СТМ микро– и наноструктуры поверхности образца мастер-диска, используемого при изготовлении DVD дисков»; «Визуализация и измерение геометрических параметров питов на поверхности CD диска из поликарбоната».

9. Выполнение учебных кейсовых задач.

- Синтез люминофоров различного состава.
- Получение особочистых веществ.
- Синтез УНТ.
- Синтез наночастиц различного состава.
- Создание гидрофобного материала.

10. Итоговый контроль. Решение контрольного итогового кейса рабочей группой.

## 4. Список литературы

Литература для обучающихся

1. Введение в нанотехнологии. Модуль «Физика»: методическое пособие по программе элективного курса для учителей 10-11 классов / В.В. Светухин и др.; под ред. Б.М. Костишко, В.Н. Голованова. – Ульяновск: УлГУ, 2008.
2. Зубков Ю.Н., Кадочкин А.С. [и др.] Введение в нанотехнологии. Модуль «Физика». Учебное пособие для учащихся 10-11 кл. / под ред. В.В. Светухина и др.: С.- Петербург, 2012.
3. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов, под ред. С.В. Калужного, Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2010.
4. Третьяков Ю. Нанотехнологии. Азбука для всех / Сборник статей под редакцией Ю. Третьякова. – М.: Физматлит, 2007. – 368 с.
5. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества. Гудилин Е.А. и др., под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
6. Дорога длиною в век: Из истории открытия и исследования жидких кристаллов / Сонин А С. - М.: Наука, 1988.
7. Удивительные наноструктуры, К. Деффейс, С. Деффейс; под ред. Л.Н. Патрикеева - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.
8. Мир физики и техники. В.Л.Миронов. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Москва: Техно, 2009.
9. Химия элементов: в 2 томах / Н. Гринвуд, А. Эрншо; -М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
10. Химия новых материалов и нанотехнологий. Учебное пособие. Пер. с англ.: Научное издание / Б. Фехльман - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. - 464 с.: цв. вкл.

#### Для педагога

1. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов, под ред. С.В. Калюжного, Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2010.
2. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества. Гудилин Е.А. и др., под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
3. Нанохимия. Сергеев Г.Б. - М.: Изд-во МГУ, 2007.
4. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии. Ч. Пул - мл., Ф Оуэнс, Москва: Техносфера, 2006.
5. Дорога длиною в век. Из истории открытия и исследования жидких кристаллов. / Сонин А С. - М.: Наука, 1988.
6. Журнал «Квант». Издательство «Наука», МЦНМО, 1970 – 2007.
7. Рабочая грань алмаза. Г. Мишкеевич. ЛЕНИЗДАТ, 1982.
8. Светухин В.В., Разумовская И.В. и др. Введение в нанотехнологии. Модуль Физика. 1011 классы. Учебное пособие. — Под ред. Б.М. Костишко, В.Н. Голованова. — Ульяновск: УлГУ, 2008. — 160 с.
9. Учебно-методический комплекс под ред. О.Ф. Кабардина – «Архимед». Издательство «Просвещение», 2016.

#### Электронные ресурсы

1. <http://www.nanonewsnet.ru/> - сайт о нанотехнологиях №1 в России.
2. <http://www.ntmdt.ru> – сайт ведущего российского производителя приборов для исследования в области нанотехнологий.
3. <http://www.nanometer.ru/> - сайт нанотехнологического общества «Нанометр».
4. <http://nauka.name/category/nano/> - научно-популярный портал о нанотехнологиях, биогенетике и полупроводниках.
5. <http://www.nanorf.ru/> - журнал «Российские нанотехнологии».
6. <http://www.nanojournal.ru/> - Российский электронный наножурнал.

7. <http://www.nanoware.ru/> - официальный сайт потребителей нанотоваров.

8. <http://kbogdanov1.narod.ru/> - «Что могут нанотехнологии?», научно- популярный сайт о нанотехнологиях.

## Нормативные документы

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 мая 2015 года № 497 «О Федеральной целевой программе развития образования на 2016-2020 годы»
3. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 29 августа 2013 г. № 1008 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам».
4. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 4 июля 2014 г. № 41 «Об утверждении СанПиН 2.4.4.3172-14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей»

## 5. Информационно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение Программы

№ п/п	Название	Автор	Год издани я (созда ния)	Вид (электронный, печатный)
<b>Методические пособия</b>				
1	Введение в нанотехнологии. Химия.	Ахметов М.А.– СПб: Образовательный центр «Участие»	2012	Электронный
2	Введение в нанотехнологии. Модуль «Физика»: методическое пособие по программе элективного курса для учителей 10-11 классов	Светухин В.В. – Ульяновск: УлГУ	2008	Электронный
<b>Методические разработки</b>				
3	«Материалы с памятью формы»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
4	«Эффекты в неньютоновских жидкостях»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
5	«Штормгласс: эксперименты и гипотезы»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
6	«Адсорбционные явления»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
7	«Практика: Адсорбционные явления»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
8	«Структурная окраска в природе и технике»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
9	«Практика: Структурная окраска в природе и технике»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
10	«Коллоидные системы и их особенности»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
11	«Практика: Многообразие коллоидных систем»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
12	«Полимерные гидрогели и их свойства»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
13	«Практика: Полимерные гидрогели и их сорбционные свойства»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
14	«Законы осмоса»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные
15	«Диамagnetизм в мире материалов»	«Полюс-НТ»	2016	Печатные

16	«Термохромизм»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
17	«Фотохромные материалы»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
18	«Электропроводящие свойства графитовых грифелей»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
19	«Гамма цветов растительных пигментов»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
20	«Мгновенная кристаллизация»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
21	«Цеолиты-кипящие камни»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
22	«Полиэтилены высокого и низкого давления»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
23	«Изучение изоморфных замещений»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
24	«Практика: Изучение изоморфных замещений»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
25	«Дополнительные материалы»	«Полнос-НТ»	2016	Печатные
<b>Инструкции</b>				
26	«Правила техники безопасности в лаборатории»	Дмитрушков М.С.	2017	Печатный
<b>Наглядные пособия</b>				
27	Коллекция минералов	«Русские минералы»	2016	коллекция
28	Конструктор шаро-стержневых моделей молекул		2016	конструктор
<b>Материально – техническое обеспечение</b>				
29	Фотоаппарат	2 шт.	2016	
30	Компьютер	3 шт.	2016	
31	Лабораторные весы	2 шт.	2016	
32	Металлографический микроскоп исследовательского класса	1 шт.	2016	
33	Спектрофотометр	1 шт.	2016	
34	Дистиллятор лабораторный	2 шт.	2016	
35	Магнитная мешалка с подогревом	3 шт.	2016	
36	Нагревательная плитка	1 шт.	2016	
37	Сушильный шкаф	1 шт.	2016	
38	Источник питания	5 шт.	2016	
39	Комплект «Лабораторная посуда»	1 шт.	2016	

40	Ph-метр карманный	6 шт.	2016	
41	Спиртовки	9 шт.	2016	
42	Пиролитический газовый реактор	1 шт.	2016	
43	Телевизор	1 шт.	2016	
44	Кондуктометр	6 шт.	2016	
45	Зондовый микроскоп	1 шт.	2016	
46	Автоматизированная лабораторная установка	1 шт.	2016	
47	Портативный термометр	5 шт.	2016	
48	Пипетки автоматические	14 шт.	2016	
49	Эксикаторы	4 шт.	2016	
50	Сосуд Дьюара	3 шт.	2016	
51	Вытяжной шкаф	2 шт.	2016	
52	Аналитические весы	1 шт.	2016	
53	Мультиметр	5 шт.	2016	
54	Диспергатор	1 шт.	2016	
55	Осциллограф	1 шт.	2016	
56	Ноутбук	7 шт.	2016	
57	Столы, стулья, шкафы и стеллажи для хранения инструментов, материалов, лабораторной посуды		2016	



