

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. Астафьева**  
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики  
Кафедра Технологии и предпринимательства

**КАРАМЫШЕВА НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ СТАРШИХ**  
**КЛАССОВ «НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ»**

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль) образовательной программы  
Технология с основами предпринимательства

**ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой канд. технич. наук,  
доцент Бортновский С.В.

Научный руководитель профессор, доктор  
физико-математических наук

Кирко В.И.

Дата защиты

Обучающийся

Карамышева Н.С.

Оценка

Красноярск 2024

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. Теоретические основы наноматериалов и нанотехнологий.....	6
1.1. Определение наноматериалов и нанотехнологий.....	6
1.2. Основные свойства наноматериалов.....	9
1.3. Примеры наноматериалов.....	11
1.4. Методы получения наноматериалов.....	15
1.5. Применение нанотехнологий в различных отраслях.....	19
1.6. Влияние наноматериалов на здоровье человека и окружающую среду.....	24
1.6.1. Физико-химические свойства наноматериалов и их влияние на токсичность.....	25
Выводы по первой главе.....	28
ГЛАВА 2. Разработка программы элективного курса.....	30
2.1. Цели и задачи курса.....	30
2.2. Содержание курса.....	30
2.3. Методические рекомендации.....	32
Выводы по второй главе.....	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	41



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Современная школа стремится к развитию индивидуальных способностей учеников и формированию личности, способной успешно действовать в конкурентной среде с высоким уровнем технологий. Общество нуждается в учениках, способных к творческому мышлению и эффективному решению возникающих проблем. Учитель сегодня должен не только управлять процессом обучения и воспитания, но и стимулировать развитие творческих способностей учащихся. В современном информационном мире эта задача становится особенно актуальной и важной.

Нанотехнологии это та область современной науки, которая развивается с огромной скоростью. Открываются новые виды наноматериалов, разрабатываются новые технологии на их основе. И всё больше и больше требуются квалифицированные работники в этой области.

Осваивая наноматериалы, школьники открывают перед собой непостижимый мир микроскопических структур и их воздействия на макроуровне. Это знание позволяет им более глубоко понять и объяснить повседневные явления и последствия, которые они наблюдают. Работа с наноматериалами требует использования передовых методов материаловедения, которые школьники могут применить в своих исследовательских проектах и участии в научных событиях. Изучение наноматериалов в рамках элективного курса расширяет научный кругозор и стимулирует интерес к науке. Кроме того, это обучение способствует развитию логического и критического мышления, что является неотъемлемыми навыками в современном обществе.

Познание наномира дает возможность обучаемым расширить свое представление о научной картине мира, которая меняется на наших глазах.

Развитие науки и технологий в стране может быть стимулировано знакомством молодежи с наноматериалами, что вдохновляет их.

Данная работа была представлена на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием студентов, аспирантов и молодых ученых «Образование и наука в XXI веке: математика, физика, информатика и технологии в смарт-мире» в рамках XXV Международного научно-практического форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и наука XXI века»

**Цель исследования** - Разработка элективного курса для школьников старших классов по изучению наноматериалов и нанотехнологий.

**Задачи исследования:**

1. Изучить и проанализировать научную литературу по теме исследования.
2. Определение структуры и продолжительности курса.
3. Составление методических рекомендаций по проведению уроков.

**Объект исследования** - наноматериалы и нанотехнологии.

**Предмет исследования** - элективный курс по наноматериалам и нанотехнологиям для школьников старших классов.

**Методы исследования:**

**Литературный обзор:** Анализ и сравнение литературы по наноматериалам и нанотехнологиям.

**Наблюдение:** Наблюдение за проведением занятий по наноматериалам.

**Анализ результатов:** Анализ данных, полученных из других методов исследования.

**Теоретическая значимость:** Разработка данного элективного курса позволит расширить научные знания учащихся в области нанотехнологий и наноматериалов. Познакомит с последними открытиями и дальнейшими перспективами данной области.

**Практическая значимость:** Данный курс позволит подготовить будущих специалистов в области нанотехнологий. Курс будет способствовать развитию научного мышления и может вдохновить школьников на научные исследования.



**Структура работы:** Работа состоит из введения, 2 глав, заключения, библиографического списка, включающего 23 источника.

## ГЛАВА 1. Теоретические основы наноматериалов и нанотехнологий

### 1.1. Определение наноматериалов и нанотехнологий

На стадии становления находится терминология по наноматериалам и нанотехнологиям из-за слияния различных научных направлений в процессе развития нанонауки.

**Наноматериалы-** представляют собой материалы с элементами, размеры которых не превышают 100 нм в одном измерении. Свойства вещества в "наносостоянии" отличаются от обычных химических, физических, биологических, функциональных и эксплуатационных свойств макросостояния. Размеры наноматериалов могут относиться как к материалу в целом, так и к его структурным элементам. Наноматериалы, как и обычные материалы, обладают разнообразными свойствами.

Наиболее широкое распространение получили твердотельные наноматериалы, которые могут находиться в разных агрегатных состояниях.

Характеристики наноматериалов включают в себя следующее:

- Они имеют нетрадиционные формы симметрии структуры и особые границы раздела фаз.
- Процессы самоорганизации являются основными в формировании структуры, вместо искусственного упорядочения.
- Поверхность наночастиц и их ансамблей обладает высокой активностью.
- Процессы передачи энергии, заряда и конформационных изменений имеют особый характер, характеризующийся низким энергопотреблением и высокой скоростью.

Из-за высокой удельной поверхности и высокой энергетической активности наночастиц возникают особенности в наноматериалах и наносистемах. Размерные эффекты играют важную роль как в индивидуальных наночастицах, так и в их ансамблях из-за большой площади



границы раздела. Термины "ультрадисперсные материалы" и "ультрадисперсные системы" в отечественной литературе и "наноструктурные материалы" в западных источниках также широко используются наряду с понятием наноматериалов.

**Наноструктуры-** это два и более нанокристалла, соединенные между собой силами Ван-дер-Ваальса (при участии электронного газа).

**Нанообъект-** это ансамбль атомов или молекул, который хотя бы в одном измерении имеет размер менее 100 нм.

**Нанодиапазон-** это участок пространственной шкалы 1 – 100 нм, в котором реализуются основные взаимодействия в наносистемах. Он ограничивает сверху и снизу геометрические размеры нанообъектов по одному или нескольким измерениям.

**Наносистема-** это материальный объект в виде упорядоченных или самоупорядоченных, связанных между собой элементов с нанометрическими характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, обусловленных проявлением наномасштабных эффектов и явлений (например, квантово-размерных, «гигантских» и др.). Существует множество разновидностей наносистем, каждая из которых имеет свои уникальные особенности. В физике, например, можно выделить квантово-механические системы с дискретными значениями энергии, определяемыми набором квантовых чисел. В химии же рассматриваются системы химических реагентов, а в биологии - биоконпоненты, составляющие органы растений и животных. Особую важность в практической сфере имеют функциональные системы, т.е. комплексы материальных объектов, используемые для решения конкретных задач и обладающие функциональными свойствами, определяющими области их применения.

Наноматериалы и функциональные наносистемы обладают особыми свойствами, которые обусловлены их малыми размерами в одном из трех

измерений. Из-за нанометрового масштаба размеров свойства функциональных наносистем проявляются весьма непредсказуемо.

**Нанонаука** – это совокупность знаний о закономерностях и механизмах поведения и свойствах вещества в нанометровом масштабе.

**Нанотехнология**- это совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемо создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм хотя бы в одном измерении. Так как примерно таковы размеры молекул, нанотехнологию часто называют также молекулярной технологией. Нанотехнологии обеспечивают решение следующих задач:

- получение наноматериалов с заданной структурой и свойствами;
- применение наноматериалов по определенному назначению с учетом их структуры и свойств;
- исследование структуры и свойств наноматериалов в процессе их получения и применения.

**Наносистемная техника**- это полностью или частично созданные на основе наноматериалов и нанотехнологий функционально законченные системы и устройства, характеристики которых кардинальным образом отличаются от показателей систем и устройств аналогичного назначения, созданных по традиционным технологиям.

Объекты, все размеры которых меньше 1 нм, относятся к области деятельности классических разделов химии или физики. Объекты, все размеры которых больше 100 нм, относятся к микро- и макрообъектам и рассматриваются, в лучшем случае, как дисперсные системы, не проявляющие особенности наносостояния. В действительности любой объект и материал необходимо изучать на разных пространственных масштабах, так как совокупность структуры и свойств на всех уровнях определяет их эксплуатационные свойства.

**Макроуровень** (объект в целом) определяет фундаментальные характеристики вещества.



**Микроуровень** (характерный размер – микрометры) определяет структурно-чувствительные свойства материала, зависящие, например, от размера зерен керамики.

**Наноуровень**- это по данным Международного союза чистой и прикладной химии, если хотя бы по одному измерению размер объекта меньше 100 нм (уровень наномасштабов), то можно говорить о наносистеме.

**Наночастица**- это изолированный твердофазный объект, имеющий выраженную границу с окружающей средой, размеры которого во всех трех измерениях составляют от 1 до 100 нм. Наночастицы состоят из менее 1 млн. атомов, и их свойства отличаются от свойств более крупных объемов вещества, состоящего из таких же атомов.

**Наночастицы**- это один из наиболее общих терминов для обозначения изолированных ультрадисперсных объектов, во многом дублирующий ранее применяемые термины – коллоидные частицы, ультрадисперсные частицы, но отличающийся от них четко определенным размерным диапазоном.

Твердые частицы размером менее 1 нм обычно относят к кластерам (от английского «cluster» – скопление, гроздь), более 100 нм – к субмикронным частицам. Обычно в нанокластере содержится до 1000 атомов.

## 1.2. Основные свойства наноматериалов

Поскольку наноматериалы имеют более высокое отношение удельной площади поверхности к объему, они могут проявлять очень разные свойства по сравнению с тем же материалом, который не имеет наноразмерных частиц. *Поверхностная энергия* - связана с поверхностью материала. Данная энергия прямо пропорциональна площади поверхности и коэффициенту поверхностного натяжения материала.

*Объемная энергия* - данная энергия обусловлена изменением объема материала в результате его сжатия или расширения.

*Критический радиус* - важный параметр в наноматериалах. Критический радиус обуславливает переход от одной фазы в другую фазу.

Критический радиус так же, как и сферическая энергия, зависит от некоторых факторов: температура, давление, материал и окружающая среда.

**Увеличенная поверхность.** Благодаря своему небольшому размеру, наночастицы имеют большую поверхность. Это позволяет наноматериалам быть более активными и взаимодействовать с другими различными веществами.

**Оптические свойства.** Наночастицы металлов и полупроводников имеют другие оптические свойства. Из-за того, что наночастицы изменчивы в размере, это влияет на их поглощение и испускание света. Также, это влияет на плазменные резонансы. Плазменные резонансы используются в оптических приложениях.

**Механические свойства.** Наночастицы имеют повышенную механическую прочность, поэтому их можно использовать для создания прочных композитных материалов или в электронике для высокой износостойкости.

**Цвет.** Цвет материала зависит от длины световых волн, которые он поглощает. Электроны под воздействием фотонов света переходят с заполненных нижних уровней материала на незаполненные верхние, что вызывает поглощение. У различных кластеров разные энергетические уровни и расстояния между ними из-за их разной структуры. Окраску материала определяют переходы между этими уровнями, индуцированные светом

#### **Классификация наноматериалов:**

Наноматериалы - это материалы, которые имеют структурированные компоненты с размером менее 100 нм.

- Одно измерение в наномасштабе (остальные два измерения являются протяженными).
  - Тонкие пленки.
  - Поверхностные покрытия.
  - Компьютерные чипы.
- Два измерения в наномасштабе (другие измерения расширяются).



- Нанопровода.
- Нанотрубки.
- Три измерения в наномасштабе.
  - Наночастицы.
  - Преципитаты.
  - Коллоиды.
  - Квантовые точки (крошечные частицы полупроводникового материала).
  - Нанокристаллические материалы.
- Наноккомпозиты, нанофазные материалы.

### 1.3. Примеры наноматериалов

#### 1. Фуллерен ( $C_{60}$ ).

В 1985 г. Харольдом Крото и Ричардом Смоли была открыта ранее неизвестная форма углерода - фуллерены. Молекула фуллерена  $C_{60}$  представляет собой замкнутую сферу, составленную из правильных пятиугольников и шестиугольников с атомами углерода в вершинах (рис. 1).

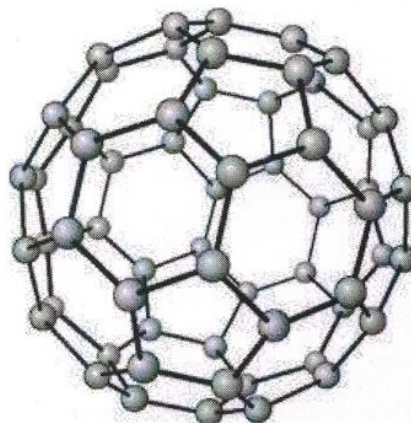


Рисунок 1 - Молекула фуллерена

Фуллерены обладают уникальными физическими, химическими и оптическими свойствами, включая высокую прочность, устойчивость к окружающей среде и возможность активной реакции с другими веществами.

Они также могут использоваться в различных областях, включая электронику, оптику, медицину и материаловедение.

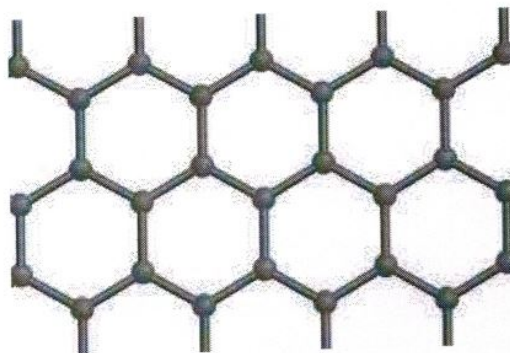
Фуллерены имеют потенциал в области материаловедения и нанотехнологий. Например, они могут быть использованы для создания прочных и легких материалов, а также для улучшения свойств полимеров и композитных материалов.

В 1996 году Харольд Крото и Ричард Смоли получили Нобелевскую премию за открытие фуллеренов.

## 2. Графен.

Графен был открыт Андреем Геймом и Константином Новосёловым в 2004 году.

Графен представляет собой одноатомный слой углерода, образованный из шестиугольных углов, наноскопически толстый (рис. 2).



*Рисунок 2 - Молекула графена*

Он обладает уникальными свойствами, такими как сверхвысокая проводимость электричества и тепла, высокая механическая прочность и гибкость, а также прозрачность в оптическом диапазоне. Графен является отличной основой для эффективного фототранзистора. Это открытие может быть использовано при создании сверхбыстрых чипов для высокоскоростной оптической связи.

Однако, несмотря на все преимущества графена, его промышленное производство и применение до сих пор ограничены из-за высокой стоимости и сложности технологии получения однослойного графена.



За «передовые опыты с двумерным материалом — графеном» А. К. Гейму и К. С. Новосёлову была присуждена Нобелевская премия по физике за 2010 год.

### 3. Наноалмазы (10-100 нм.).

В СССР под руководством Е.И. Забабахина учёные в 1962 году К.В. Волков, В.В. Даниленко и В.И. Елина синтезировали наноалмазы из продуктов взрыва взрывчатых веществ, обладающих отрицательным кислородным балансом.

*Наноалмаз* — углеродная наноструктура. Имеет кристаллическую решётку типа алмаза (две ГЦК, сдвинутые друг относительно друга на  $1/4$  главной диагонали). Характерный размер одного нанокристалла 10—100 ангстрем (рис. 3).

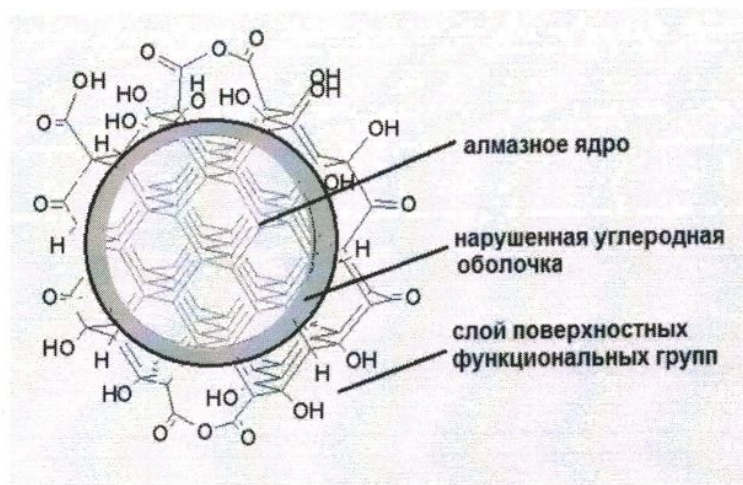


Рисунок 3 - Структура наноалмаза

Они обладают уникальными свойствами, такими как высокая твердость, устойчивость к химическим реакциям и высокая теплопроводность. Суперпрочные материалы, полученные из наноалмазов, нашли применение в медицине, электронике, оптике и даже в каталитической химии.

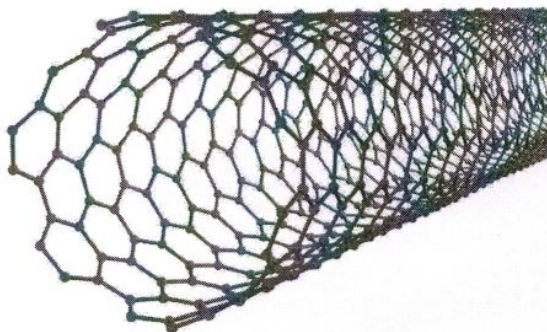
Высокое качество и выход продукции при производстве наноалмазов в промышленных масштабах до сих пор остаются сложными и

дорогостоящими задачами. Существует несколько методов синтеза наноалмазов:

- Получение из природных алмазов физическими методами;
- Синтез при сверхвысоких давлениях и температур;
- Электронно- и ионно-лучевые методы, использующие облучение углеродосодержащего материала пучками электронов и ионами аргона;
- Химическое осаждение углеродосодержащего пара при высоких температурах и давлениях;
- Детонационный синтез;
- Электрохимическое осаждение аноде.

Такие наноматериалы, как фуллерены, графен и наноалмазы обладают огромными перспективами в различных областях науки. Они обладают уникальными свойствами и характеристиками, которые делают их ценными в различных сферах.

В 1991 году Иижима обнаружил другую новую 1D форму углерода: продолговатые трубчатые образования, названные «нанотрубками» (рис. 4)



*Рисунок 4 - Нанотрубка*

Следует отметить, что примерно в это же время российские ученые объявили об открытии нанотрубок и их связок, имеющих, однако, намного меньший коэффициент отношения длины к диаметру и напоминавших скорее продолговатые фуллерены.



Наиболее просто углеродную нанотрубку (УНТ) можно описать с помощью вектора, соединяющего два атома на графитовом листе. Цилиндр получается при сворачивании данного листа таким образом, чтобы совмещались начало и конец такого вектора. Данный вектор можно выразить через базисные векторы элементарной ячейки графенового листа  $C = na_1 + ma_2$ , при этом принято, что  $n > m$ . Каждая пара чисел  $(n, m)$  представляет возможную структуру нанотрубки.

Нанотрубки также характеризуются диаметром и углом хиральности. Хиральным углом нанотрубки называется угол между осью трубки и рядами наиболее плотно упакованных атомов. Пара целых чисел  $(n, m)$  однозначно соответствует паре значений  $(d, \theta)$ . На практике обычно измеряют именно диаметр и угол хиральности нанотрубки и переводят потом в более наглядные и понятные векторные обозначения.

Одиночная трубка обычно называется однослойной нанотрубкой (ОСНТ). Известный наименьший диаметр нанотрубки - 0,7 нм, что является диаметром молекулы фуллерена  $C_{60}$ . Нанотрубки, состоящие из коаксиальных графитовых цилиндров, с расстоянием между слоями 0,34 нм называются многослойными нанотрубками (МСНТ).

#### 1.4. Методы получения наноматериалов

На данный момент существует множество методов получения наноматериалов, но все они делятся на две основные группы: физические и химические методы.

Метод	Варианты метода	Объекты
Физические методы		

<p>Порошковая технология</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- газофазное осаждение и компактирование (метод Глейтера)</li> <li>- обычное прессование и спекание</li> <li>- электроразрядное спекание</li> <li>- горячая обработка давлением (горячее прессование, ковка, экструзия)</li> </ul>	<p>Металлы, сплавы, соединения</p>
<p>Интенсивная пластическая деформация</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- деформация кручением при высоких давлениях</li> <li>- равноканальное угловое прессование</li> <li>- обработка давлением многослойных композитов</li> <li>- фазовый наклеп</li> </ul>	<p>Металлы и сплавы</p>
<p>Высокоэнергетическое</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- измельчение</li> </ul>	



разрушение	<ul style="list-style-type: none"> <li>- детонационная обработка</li> <li>- электрический взрыв</li> </ul>	
Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния	<ul style="list-style-type: none"> <li>- кристаллизация при обычном давлении</li> <li>- кристаллизация при повышенном давлении</li> <li>- кристаллизация в инертной атмосфере</li> <li>- кристаллизация в реакционном газе</li> </ul>	Оксиды
Химические методы		
Технология пленок и покрытий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- химическое осаждение из газовой фазы</li> <li>- физическое осаждение из газовой фазы</li> <li>- электроосаждение</li> <li>- золь-гель-технология</li> </ul>	Металлы, сплавы, соединения

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- плазмохимический синтез</li> <li>- лазерный синтез</li> <li>- термический синтез</li> <li>- самораспространяющийся высокотемпературный синтез</li> <li>- механохимический синтез</li> <li>- криохимический синтез</li> </ul>	
Термическое разложение	<ul style="list-style-type: none"> <li>- конденсированные прекурсоры</li> <li>- газообразные прекурсоры</li> </ul>	
Испарение и конденсация	<ul style="list-style-type: none"> <li>- в вакууме или в инертном газе</li> <li>- в реакционном газе</li> </ul>	Металлы, сплавы и соединения
Высокоэнергетическое разрушение	<ul style="list-style-type: none"> <li>- измельчение</li> <li>- детонационная обработка</li> </ul>	



	электрический взрыв	
Синтез	<ul style="list-style-type: none"> <li>- плазмохимический</li> <li>- лазерный</li> <li>- термический</li> <li>- самораспространяющийся</li> <li>- высокотемпературный</li> <li>- механохимический</li> <li>- растворный</li> <li>- криохимический</li> </ul>	

### 1.5. Применение нанотехнологий в различных отраслях

В современном мире возрастает потребность в разработке новых материалов с уникальными свойствами для дальнейшего прогресса человечества. Возникновение наноматериалов стимулировало дальнейшие открытия в различных научных областях.

Наноматериалы с их привлекательными характеристиками - электронными, оптическими, магнитными, тепловыми и катализаторными свойствами - привлекли значительное внимание, благодаря своему широкому применению в физике, химии, биологии, медицине, материаловедении и междисциплинарных областях.

Основными отличительными характеристиками наноматериалов являются их крайне маленький размер, большая поверхностная площадь, ускоренное взаимодействие с окружающей средой и отсутствие точечных

дефектов, что придает им уникальную прочность, превосходящую сталь в десятки раз.

Благодаря этим свойствам даже небольшое количество наноматериалов оказывается более эффективным, чем большое количество обычных веществ. В настоящее время наноматериалы находят применение в различных областях, таких как производство, военная техника, атомная энергетика, электроника, защита поверхности материалов, медицина и биотехнологии.

#### **Технологии производства:**

В настоящее время одной из самых перспективных областей применения наноматериалов является их интеграция в композитные материалы для различных целей.

Добавление наночастиц при производстве сталей и сплавов позволяет минимизировать пористость и значительно улучшить механические свойства материала.

Наноматериалы, такие как нанопорошки, способны обеспечить лучшую прочность и сверхпластичность к наноструктурированным алюминиевым и титановым сплавам, что делает их идеальным выбором для изготовления сложных деталей и для применения в качестве соединительных слоев при сварке различных твердых материалов.

Благодаря огромной поверхностной площади наноматериалов, их широко используют в химических процессах в качестве катализаторов, что улучшает эффективность процессов.

**Машиностроение.** Широкое внедрение нанотехнологических разработок в модернизацию парка высокоточных и прецизионных станков, а также увеличение ресурса режущих и обрабатывающих инструментов при помощи специальных покрытий и эмульсий - вот ключевые направления развития в области обработки материалов. Созданные методы измерений и позиционирования с применением нанотехнологий обеспечат адаптивное управление режущим инструментом на основе оптических измерений поверхности детали и инструмента в процессе работы. Новые



технологические решения позволят значительно уменьшить погрешность обработки до сотен нанометров, тем самым повышая эффективность производства. Например, использование таких инноваций может снизить стоимость отечественного станка на 12 тысяч долларов до 40 мкм.

Модернизация требует значительных вложений, которые могут достигать 3 тысяч долларов. Серийные зарубежные станки, обладающие высокой точностью, оцениваются в диапазоне от 300 до 500 тысяч долларов. На балансе отечественных компаний находится около 2,5 миллионов металлорежущих станков, из которых около 1 миллиона нуждаются в обновлении.

**Энергетика.** Новые материалы на наноуровне могут улучшить производство топливных и конструкционных деталей, повысить эффективность существующего оборудования и способствовать развитию альтернативных источников энергии. Эти материалы могут использоваться для адсорбции и хранения водорода, увеличения эффективности солнечных батарей и создания электродов для водородной энергетики.

Нanomатериалы применяются в различных сферах, таких как тепловыделяющие и нейтронопоглощающие элементы ядерных реакторов. Охрана окружающей среды при хранении и переработке отработавшего ядерного топлива обеспечивается с помощью нанодатчиков, а также мониторинг всех технологических процедур для управления качеством сборки и эксплуатации ядерных систем. В производстве и переработке ядерного топлива используются наночастицы для разделения сред.

**Здравоохранение.** Развитие нанотехнологий способствует ускорению процесса создания новых лекарств, формированию высокоэффективных нанопрепаратов и способов доставки медикаментов к месту инфекции. Важные перспективы открываются также в сфере медицинского оборудования (разработка диагностических устройств, проведение нетравматических операций, создание искусственных органов). Признано, что сектор здравоохранения является одним из самых крупных в мировой



экономике, однако он характеризуется слабой организованностью и имеет потенциал для дальнейшего развития, причем задачи, которые решает этот сектор, имеют важное гуманитарное значение.

**Экология.** Исследования с натуральными образцами почв, подвергнутыми радиационному и химическому воздействию (включая чернобыльские), выявили потенциал использования фильтров и мембран на основе наноматериалов для очистки воды и воздуха, опреснения морской воды. Также было обнаружено, что использование различных сенсоров позволяет быстро определять химические и биологические изменения. Создание новых экологически чистых материалов, биосовместимых полимеров и методов утилизации отходов играет важную роль. Перспективы также заключаются в применении нанопрепаративных форм на основе бактериородопсина.

При радиационном поражении микрофлора и плодородность могут быть восстановлены до естественного состояния за 2,5-3 месяца с использованием разработанных препаратов. В случае химических поражений этот процесс занимает 5-6 месяцев.

**Информатика.** Создание новых архитектур высокопроизводительных устройств стимулирует множественное увеличение производительности информационных систем. Эти системы приближают возможности вычислительных систем к свойствам объектов живой природы, включая элементы интеллекта. Адаптивное распределение управления функциональными системами осуществляется с учетом специализированных компонентов, способных к самообучению и координированным действиям для достижения поставленной цели.

**Сельское хозяйство.** Нанотехнологии и наноматериалы находят широкое применение в различных отраслях сельского хозяйства. Ветеринария, рыбоводство, птицеводство, перерабатывающая промышленность и производство сельхозтехники - все они нашли применение в новых технологиях. Например, в растениеводстве

использование нанопрепаратов в качестве микроудобрений приводит к увеличению урожайности и повышению устойчивости к погодным условиям. Картофель, зерновые, овощные и плодово-ягодные культуры, а также технические культуры, такие как хлопок и лен, получают значительный рост производительности благодаря этим инновационным методам.

Сокращение трения и создание большого количества препаратов на основе наноматериалов позволяют применять нанотехнологии в послуборочной обработке подсолнечника, табака и картофеля, а также при хранении яблок в регулируемых средах и озонировании воздуха. Они достигают эффекта благодаря наноразмеру частиц и их нейтральному статусу в электрохимическом смысле, что обеспечивает более активное проникновение микроэлементов в растение. Также ожидается, что наноматериалы положительно повлияют на ускорение фотосинтеза у растений.

Нанотехнологии и наноматериалы, такие как наносеребро и наномедь, активно используются для дезинфекции сельскохозяйственных помещений и инструментов, а также для упаковки и хранения пищевых продуктов. В сельском хозяйстве наблюдается увеличение применения биоактивных компонентов в пищевых продуктах, таких как витамины в форме наночастиц. Это способствует увеличению срока службы тракторов и другой сельскохозяйственной техники. Особое внимание ученые уделяют разработке продуктов функционального назначения в молочной промышленности с использованием нанотехнологий. Возрастает интерес к использованию нанотехнологий при выращивании зерна и других сельскохозяйственных культур, считают эксперты.

Применение нанотехнологий на пищевых производствах и в сельском хозяйстве приведет к возникновению нового класса продуктов - "нанопродуктов", которые вытеснят генномодифицированные продукты. Использование наносенсоров, нанопестицидов и систем очистки воды на основе нанотехнологий изменит методы возделывания земли. Нанотехнологии также позволят проводить генное лечение растений и



создавать высокоурожайные сорта, устойчивые к неблагоприятным экологическим условиям.

В области животноводства широко используются нанодобавки в производстве кормов, что приводит к увеличению производительности животных и укреплению их иммунитета. Наночастицы добавок обладают способностью снизить расход кормов и повысить их усваиваемость. Разработка новых сорбентов на основе нанотехнологий открывает перспективы для борьбы с токсикозами, особенно техногенными.

Природный мир восхищает своей красотой и величием. В нем присутствуют удивительные явления и уникальные виды животных и растений. Природа обладает удивительной силой и энергией, способной поражать своим разнообразием и богатством.

### **1.6. Влияние наноматериалов на здоровье человека и окружающую среду**

Нанотоксикологическое загрязнение - одна из самых актуальных проблем современной развитой технологического века. Биобезопасность, потенциальная угроза для окружающей среды и людей связанная с распространением и переносом таких наноразмерных частиц, в частности, в пищевые продукты приобрела особую актуальность в последнее десятилетие.

В последние годы появление наноматериалов неорганического происхождения (неметаллических веществ, оксидов и т.д.) в косметике, бытовой продукции и упаковке продуктов питания вызывает опасения по поводу потенциальных рисков для окружающей среды и здоровья человека.

Наночастицы серебра и диоксида титана - одни из самых распространенных нанонаполнителей, которые используются в упаковочных материалах для пищевых продуктов. Серебро обладает сильной антибактериальной и биологической активностью. Диоксид титана ( $\text{TiO}_2$ ) - не только один из самых распространенных красителей, но и используется в пищевой упаковке для защиты ее от старения, светопропускания и, как и



наночастицы серебра, для антибактериальной защиты пищевых продуктов.

Диоксид титана и серебро в списке веществ имеют обозначения E171 и E174 и входят в состав упаковочных материалов для пищевых продуктов. Когда эти вещества уменьшаются до наноразмерных частиц (<100 нм), частицы могут быть достаточно малы, чтобы попасть в организм дермально, перорально или через альвеолы легких и превысить биологические тканевые, костномозговые и плацентарные барьеры, накапливаясь в организме и попадая в организм в результате нежелательных биохимических процессов. О потенциальной опасности таких наноразмерных частиц для здоровья человека были отмечены международными организациями, такими как Всемирная организация здравоохранения, а исследования были опубликованы в научных трудах и обзорных статьях.

Наноразмерным частицам диоксида титана и серебра приписывают потенциально токсичные свойства, связанные с их способностью связывать кислородные радикалы, способствуя развитию заболеваний, связанных с окислительным стрессом. Подобно  $TiO_2$ , частицы серебра в исследованиях на животных показали генотоксические свойства, что может вызывать опасения относительно их потенциальной опасности, при приеме внутрь.

### **1.6.1. Физико-химические свойства наноматериалов и их влияние на токсичность**

Физико-химические свойства наноразмерных частиц и их способность мигрировать из упаковочного материала в пищу обусловлены совокупным влиянием нескольких физико-химических факторов, во многом определяемых специфическими свойствами наноматериалов по сравнению с геометрическими и физическими свойствами частиц микронного размера и других более крупных частиц.

Имеются данные о воздействии наночастиц на верхние дыхательные пути, кровеносную систему, желудочно-кишечные расстройства и ДНК. Поэтому важно оценить физико-химические свойства наночастиц,

распределенных в пищевых продуктах и упаковочных материалах, как с точки зрения безопасности, так и с точки зрения эффективности оценки. Факторы, влияющие на токсичность, в основном связаны с высокой удельной поверхностью наноразмерных частиц или с токсикокинетическими параметрами (значительные изменения в абсорбции, коэффициент распределения частиц по размерам, метаболизм и т.д.). Основные параметры, которые необходимо учитывать при оценке свойств наночастиц, включают следующие значимые факторы:

а) структуры наноматериалов и морфология внешней поверхности. Например, жесткие, длинные трубки или пленки, наноматериалы с высоким аспектным отношением, фуллерены, кристаллическая структура оксида титана или цинка и ориентация кристаллической решетки, пористость) или (например, многофункциональные наноматериалы, включающие композиты для упаковки пищевых продуктов);

б) сложные физико-химические преобразования, зависящие от времени (например, старение, изменение свойств поверхности, пористости), или образование метаболитов в результате комплексного связывания наночастиц:

в) пониженная гидрофобность/гидрофильность (в зависимости от типа наноматериалов и их трансформаций);

г) термическая, химическая стабильность/высокая стабильность (например, в воде, жирах или жидкостях организма, низкая разлагаемость и/или растворимость);

д) повышенная реакционная способность по сравнению с эквивалентным не наноматериалом (например, каталитическая, химическая, биологическая реакционная способность за счет высокой удельной поверхности по сравнению с микро/макро размером частиц;

е) целенаправленное или контролируемое высвобождение наноматериала;

ж) наноматериалы с антимикробной активностью;



з) иная или повышенная подвижность наноматериала по сравнению с обычным наноматериалом, т.е. повышенная способность к биоаккумуляции (например, перенос макрофагами, перенос через клеточные мембраны, гематоэнцефалический барьер и/или плаценту, системы доставки) и мобилизационный потенциал (например, фильтрация, сорбция, образование комплексов, способствующих накоплению частиц);

и) взаимодействие с биомолекулами, такими как ферменты, ДНК, рецепторы, потенциальный "троянский конь", включая иммунотоксичность;

к) биоаккумуляция;

л) квантовые эффекты (например, изменение оптических, электрических, магнитных, механических или окислительно-восстановительных свойств наноматериалов);

Учёные пришли к выводу, что аспекты токсикокинетики и оценки опасности для человека, на которые с наибольшей вероятностью могут повлиять наноспецифические свойства материала, - это деградация/растворение, накопление, генотоксичность и иммунотоксичность, что также подчеркивается Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в ее обзоре 2017 года, обобщающем принципы и методы оценки риска иммунотоксичности, связанного с воздействием наноматериалов.

Следует отметить, что очень важно оценить точную форму наночастиц и точную структуру наноматериала, поскольку различные материалы могут вести себя по-разному при контакте с пищевыми матрицами. Например, диоксид титана и другие наноматериалы на основе оксидов металлов различной формы могут относительно хорошо вести себя в нейтральной среде, что может способствовать миграции таких частиц из пищевой упаковки в пищевой продукт, в то время как многие частицы в кислой среде ( $\text{pH} < 7$ ) мигрируют в основном в ионной форме. Это один из нескольких факторов, которые необходимо учитывать при оценке снижения нежелательных эффектов, так как нано-свойства материалов исчезают в результате миграции.



При оценке опасности наночастиц необходимо индивидуально оценить миграционные эффекты, включая размер и распределение общего наноматериалообразующего соединения (особенно актуально для общего содержания металлов в неорганических наночастицах) и наноразмерной фракции, чтобы определить не только наличие наноматериала, но и потенциальный механизм воздействия и опасность для потребителя.

В этом случае свойства наноматериала исчезают, а потенциальный вред/безопасность также должны оцениваться уже с точки зрения накопления или метаболизма рассматриваемого элемента, без учета исходных наноразмеров. Основными факторами, которые могут оправдать такой подход, являются следующие:

- а) растворимость в воде, пищевая матрица, растворы для тела;
- б) высокая деградируемость (биологическая, фотокаталитическая и т.д.), при которой продукты деградации уже не имеют наноразмеров;
- в) существование частиц в агрегатах, препятствующих образованию наноразмерных частиц (сильно зависит от состава продуктов, рН, окружающей среды и т.д.);
- г) стабильность матриц, включая инкапсуляцию наночастиц, обеспечивающая их эффективность против внешних факторов, но предотвращающая миграцию частиц из упаковки.

### **Выводы по первой главе**

Нанотехнологии - это та отрасль науки, которая развивается с огромной скоростью и открывает огромные горизонты в самых разных областях. Внедрение этих технологий позволяет создавать новые материалы с уникальными характеристиками, что приводит к значительным прорывам в науке и технике.

Нанотехнологии позволяют сделать мир проще. Всё больше и больше нанотехнологий внедряются в различные сферы деятельности, чтобы упростить её. В здравоохранении они помогают создавать лекарства и

проводить обследования, в экологии они помогают сделать мир чище и сохранять эту чистоту. В сельском хозяйстве нанотехнологии помогают выращивать больше урожая и помогают животным.

Сейчас нанотехнологии просочились буквально во все сферы жизни, и они продолжают развиваться, продолжают упрощать жизнь и работу.

Наноматериалы создаются с огромной скоростью, открываются всё новые и новые виды наноматериалов. Они позволяют создавать материал более пластичным, более проводимым и износостойким. С помощью наноматериалов будет создаваться одежда для специальных профессий, которая будет помогать людям и защищать их от внешнего воздействия.

Наноматериалы и нанотехнологии - это будущее, которое открывается с каждым днём всё больше и больше. И позволяет открыть, увидеть и узнать для себя что-то новое, что-то необыкновенное.

Однако, вместе с возможностями, они предъявляют и новые вызовы, включая вопросы безопасности и экологической устойчивости. Тем не менее, потенциал наноматериалов и нанотехнологий остаётся огромным, и дальнейшие исследования могут принести неожиданные открытия и решения для глобальных проблем.

## ГЛАВА 2. Разработка программы элективного курса

### 2.1. Цели и задачи курса

**Цель курса-** Ознакомление школьников с основными понятиями наноматериалов и нанотехнологий, их применением и основных свойств, а также развитие интереса в данной области.

#### Задачи курса:

1. Изучение основных понятий наноматериалов.
2. Изучение основных свойств наноматериалов.
3. Рассмотрение видов наноматериалов.
4. Исследование разнообразных областей, где применяют наноматериалы, таких как энергетика, электроника, медицина и охрана природы.
5. Рассмотреть как положительное, так и отрицательное воздействие наноматериалов на человека и окружающую среду.

### 2.2. Содержание курса

	Тема	Содержание	Часы
1	Вводное занятие	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные вопросы, изучаемые в рамках курса</li> <li>- Предполагаемые виды деятельности</li> </ul>	1
2	Введение в наноматериалы	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение наноматериалов</li> <li>- Определение нанотехнологий</li> <li>- Примеры наноматериалов</li> </ul>	2
3	История наноматериалов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Важные открытия</li> <li>- Нобелевские лауреаты</li> <li>- Х. Крото</li> </ul>	2



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Р. Смоли</li> <li>- А. К. Гейм</li> <li>- К. С. Новосёлов</li> </ul>	
4	Основные свойства наноматериалов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Механические, электрические и оптические свойства наноматериалов</li> <li>- Влияние размера и формы на свойства наноматериалов</li> </ul>	3
5	Методы получения наноматериалов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Физические методы</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- порошковая технология</li> <li>- интенсивная пластическая деформация</li> <li>- высокоэнергетическое разрушение</li> <li>- контролируемая кристаллизация из аморфного состояния</li> </ul> </li> <li>- <b>Химические методы</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технология пленок и покрытий</li> <li>- термическое разложение</li> <li>- испарение и конденсация</li> <li>- высокоэнергетическое разрушение</li> <li>- синтез</li> </ul> </li> </ul>	3
6	Применение нанотехнологий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Машиностроение</li> <li>- Электроника</li> </ul>	2

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Здравоохранение</li> <li>- Экология</li> <li>- Сельское хозяйство</li> <li>- Пищевая промышленность</li> </ul>	
7	Влияние наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Влияние наноматериалов на человека и окружающую среду</li> </ul>	2
8	Нанотехнологии вокруг нас	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Примеры использования нанотехнологий в повседневной жизни</li> </ul>	2
9	Итоговое занятие	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Подведение итогов</li> <li>- Аттестация учащихся</li> </ul>	1
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

### 2.3. Методические рекомендации

#### Занятие 1. Вводное занятие.

Первое занятие следует провести в формате беседы, задать и ответить на следующие вопросы:

- *Что будет изучаться в рамках данного курса?*

В рамках данного курса учащиеся познакомятся с основами наноматериалов и нанотехнологий. Изучат основные понятия, рассмотрят некоторые наноматериалы, изучат основные свойства, методы получения наноматериалов, их применение в различных областях, а также рассмотрят влияние наноматериалов на человека и окружающую среду.



Также в рамках данного курса будут проходить практические занятия для получения практических навыков и умений по работе с наноматериалами.

- *Что будет проверяться и оцениваться?*

Оценка будет основана на уровне уже имеющихся знаний участников, их умении искать и анализировать информацию, планировать учебную деятельность, а также будут оцениваться практические умения, полученные во время обучения на данном курсе.

- *Где можно будет применить полученные знания?*

Те знания, которые будут получены в ходе обучения на данном курсе расширят кругозор и представление о мире. Помогут объяснить различные явления. Данные знания также можно будет использовать на уроках физики и химии.

Курс научит вас видеть необычное в обычном и обычное в необычном. Это с большой вероятностью поможет вам при поступлении в университет и поиске интересной работы, ведь творческое воображение - один из самых важных навыков, который ценится профессионалами в любой сфере деятельности.

### **Занятия 2-3. Введение в наноматериалы.**

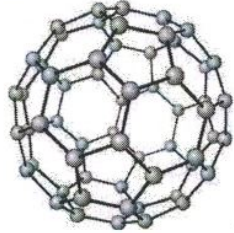
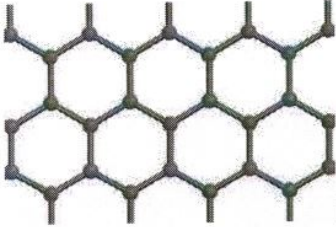
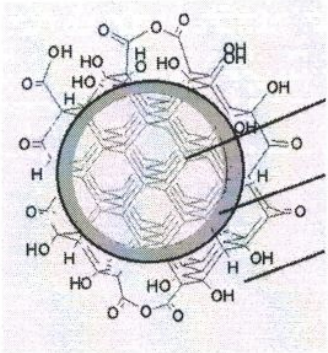
На данный модуль будет выделено 2 часа, из которых 1 час выделен на теоретическую часть, которая будет проходить в виде лекции, и 1 час на практику и закрепление материала.

На лекции следует разобрать понятие наноматериалов, понятие нанотехнологий и рассмотреть и изучить некоторые из наноматериалов.

Особая роль углерода в наном мире. Графен - слой графита. Фуллерены - нанополлики из углерода. Углеродные нанотрубки - трубки из графена. Нанопроволоки. Дендримеры - капсулы наноразмеров. Самоорганизация нанобъектов и её использование при создании наноматериалов. Моделирование наноструктур.

На практическом занятии учащимся надо закрепить материал с помощью самостоятельной работы.

Задание:

<b>1. Соотнесите наноматериал с его молекулой</b>	
Графен	 А.   Б.   В.
Наноалмазы	
Фуллерен (C <sub>60</sub> )	
<b>2. Напишите область применения наноматериала</b>	
Графен	
Наноалмазы	
Фуллерен (C <sub>60</sub> )	



**3. Придумайте свой проект, в котором будет использоваться наноматериал. Обоснуйте выбор материала, его преимущество перед другими традиционными материалами.**

#### **Занятия 4-5. История наноматериалов.**

С самого начала необходимо вспомнить определение наноматериалов и нанотехнологий.

Далее учащиеся должны будут записать важные даты в тетради. Даты важных открытий, нобелевских лауреатов в данной области. Параллельно будут звучать комментарии учителя.

1962 г. В СССР под руководством Е.И. Забабахина учёные К.В. Волков, В.В. Даниленко и В.И. Елина синтезировали наноалмазы.

1985 г. - Харольдом Крото и Ричардом Смоли открыты фуллерены.

1987–1988 годы - в Советском Союзе в НИИ «Дельта» создана нанотехнологическая установка, в которой осуществлялась направленная термическая десорбция наночастиц с острия зонда.

1989 год - в г. Зеленограде (Россия) создана компания НТМДТ — к настоящему моменту крупнейший российский производитель нанотехнологических комплексов.

1996 г. - Харольд Крото и Ричард Смоли получили Нобелевскую премию за открытие фуллеренов.

2004 г. - Андреем Геймом и Константином Новосёловым был открыт графен.

2010 г. - За «передовые опыты с двумерным материалом — графеном» А. К. Гейму и К. С. Новосёлову была присуждена Нобелевская премия по физике.

Для самостоятельной работы учащимся можно предложить выделить и другие важные события в данной области с помощью сети Интернет и продолжить хронологический ряд или добавить в него ещё события.

#### **Занятия 6-8. Основные свойства наноматериалов.**

В данном разделе требуется изучить магнитные, физические, механические и оптические характеристики наноматериалов.

Практическое занятие можно провести для учащихся, поделив их на группы. Каждой группе будет выдан образец наноматериала. Задача учащихся в следующем:

1. Описать наноматериал (размер, структура, поверхность).
2. Провести несколько экспериментов на выявление прочности, проводимости и теплоёмкости материала.
3. Записать ход и итоги экспериментов в тетрадь.

#### **Занятия 9-11. Методы получения наноматериалов.**

Данный раздел будет посвящён физическим и химическим методам получения наноматериалов. В начале следует ещё раз повторить определение наноматериалов.

##### ***Физические методы:***

- Порошковая технология
- Интенсивная пластическая деформация
- Высокоэнергетическое разрушение
- Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния

##### ***Химические методы:***

- Технология пленок и покрытий
- Термическое разложение
- Испарение и конденсация



- Высокоэнергетическое разрушение
- Синтез

### **Лабораторная работа:**

#### ***Получение наночастиц серебра.***

В коническую колбу налили 10 мл дистиллированной воды, добавив 1 мл 0,1 М раствора нитрата серебра и одну каплю 1%-го раствора танина (он выступает в роли восстановителя). Нагрели раствор до кипения и добавили к нему по каплям при перемешивании 1%-й раствор карбоната натрия. Образуется коллоидный раствор серебра оранжево-жёлтой окраски.

Уравнение реакции:  $\text{FeCl}_3 + \text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + 3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{KCl}$ .

Во время проведения опыта учащиеся должны описывать процесс, анализ и результат в своих тетрадах.

#### **Занятия 12-13. Применение нанотехнологий в различных отраслях.**

Данные задания можно провести, как выступление учащихся с докладами, темы которых учитель заранее раздаст. Темами для докладов будут служить разные отрасли, в которых так или иначе применяются наноматериалы. Учащиеся должны найти информацию по своей теме с помощью сети Интернет, библиотеки или других возможных способов.

Во время презентации докладов, учащиеся должны конспектировать всё в свои тетради.

#### **Занятие 14. Влияние наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека.**

Для проведения данных заданий может быть использован метод дебатов. Учащиеся должны будут разделиться на две команды. Первая команда будет озвучивать положительное влияние наноматериалов на человека и окружающую среду, а вторая команда отрицательное.

Чтобы учащиеся подготовились к дебатам, можно задать это на дом или выделить 20 минут на уроке.

Оценка будет ставиться за умение находить аргументы и правильно их обосновывать.

### **Занятие 15-16. Нанотехнологии вокруг нас**

Данное задание можно провести в виде докладов учеников. Учитель заранее даст тему для докладов и учащиеся сами подготовят своё выступление с помощью сети Интернет и других доступных способов по поиску информации. Пример презентации учитель также даст заранее.

На уроках будет оцениваться само выступление и способность ответить на вопросы по своему докладу.

Как дополнительное задание, можно задать нарисовать костюм будущего для специальных профессий. Профессию, материалы и концепт ученик выбирает сам, но должен будет пояснить, почему выбирать именно этот материал.

### **Занятие 17. Итоговое занятие.**

На итоговом занятии следует подвести итоги всего курса. Аттестация учащихся будет происходить посредством проведения итоговой работы, которая может быть как в тестовой форме, так и в устном опросе. Далее будет выводиться общая оценка, которая и станет итоговой для обучающихся данного курса.

## **Выводы по второй главе**

Элективный курс по наноматериалам и нанотехнологиям позволит учащимся окунуться в этот мир современных технологий и изучить его. Нанотехнологии это та область, которая развивается стремительно быстро и требует новых специалистов в различных сферах их разработки и применения.

Учащиеся откроют для себя новый и удивительный мир нанотехнологий. Узнают секреты создания наноматериалов, познают их



свойства и рассмотрят области их применения. Всё это позволит им расширить своё научное мышление, а также творческие способности.

Введение данного курса в школьную программу позволит учащимся познакомиться с данной областью науки и, возможно, выбрать это направление для дальнейшего поступления и учёбы в высшем учебном заведении.

Исследование наноматериалов требует освоения передовых методов материаловедения, что способствует развитию интереса к науке и расширению научных знаний. Участие в научных мероприятиях и проектах по исследованию наноматериалов способствует формированию логического и критического мышления, что имеет важное значение в современном обществе. Элективный курс по изучению наноматериалов дает школьникам возможность расширить свой научный кругозор и приобрести необходимые навыки для успешного участия в научных исследованиях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение наноматериалов открывает школьникам возможность расширить свои знания и интерес к науке, развить критическое мышление и логику. Нанотехнологии развиваются стремительными темпами, предоставляя огромные перспективы. Школьники, изучая наноматериалы, поймут, как устроен мир на микроскопическом уровне и как это воздействует на его макроскопические свойства и функции. Знание современных методов и инструментов материаловедения, необходимое для работы с наноматериалами, пригодится школьникам для реализации научных проектов и участия в олимпиадах и конкурсах. Изучение наноматериалов поможет лучше понять и объяснить множество феноменов и последствий повседневной жизни.

Вдохновлять молодежь в области науки и технологий может более раннее ознакомление с наноматериалами и их применением. Это положительно влияет на развитие наукоемких отраслей в стране.

Важность представленного курса проявляется в его способности поддерживать развитие учащихся в области научно-технического мышления и способствовать формированию у них навыков аналитического и критического мышления для решения проблем. Внедрение элективного курса "Наноматериалы и нанотехнологии" способствует подготовке школьников к вызовам современного мира и способствует созданию нового поколения высококвалифицированных специалистов в сфере науки и техники.

Таким образом, разработка данного курса открывает новые горизонты для образовательной системы, обогащает учебный процесс и помогает школьникам успешно адаптироваться к быстро меняющимся требованиям современного общества.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Х.А. Адгезалова, Л.Б. Гадымалиева, О.М. Гасанов, Д.И. Гусейнов Программа обучения нано- и микротехнологии в средней школе на внеклассных занятиях // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_42525427\\_33791940.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_42525427_33791940.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
2. Г.В. Агафонова, Л.М. Гуревич Наноматериалы и нанотехнологии // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_38245872\\_60073983.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_38245872_60073983.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
3. М.И. Алымов, А.Г. Колмаков Особенности свойств наноматериалов и основные направления их использования // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_12970922\\_31425759.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_12970922_31425759.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
4. Ю.А. Баимова, Р.Р. Мулюков Графен, нанотрубки и другие углеродные наноструктуры // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_39195855\\_49855325.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_39195855_49855325.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
5. И.Ш. Баснукаев, А.А. Исламов, Д.Ш. Мусостова Нанотехнологии и наноматериалы // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_47578950\\_35836770.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_47578950_35836770.pdf) (дата обращения 2.02.2024)
6. А.Н. Богатырёв, Г.Н. Некрасов, Е.Н. Шигарева О целях и задачах изучения школьниками элементов нанотехнологий // [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-tselyah-i-zadachah-izucheniya-shkolnika-mi-elementov-nanotehnologiy/viewer> (дата обращения 5.02.2024)



7. А.Д. Бреки, А.Е. Гвоздев, В.И. Золотухин, Ф.К. Малыгин, Н.Н. Сергеев, Н.Е. Стариков Материаловедение // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_24222569\\_16303079.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_24222569_16303079.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
8. Г.Н. Вороная Нанотехнологии (программа элективного курса для 11 класса) // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_18198239\\_31098916.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_18198239_31098916.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
9. В.П. Горбатенко, Т.В. Новосёлова Материаловедение // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_35415452\\_38547646.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_35415452_38547646.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
10. О.М. Гуменюк, Е.Э Муравьёва. Нанотехнологии в школьной лаборатории // [Электронный ресурс] URL: <https://school-science.ru/5/13/34748> (дата обращения 5.02.2024)
11. О.П. Зайцева, Л.В. Моисеева Пропедевтика нанотехнологий в школе с использованием метода проектов // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_17762641\\_49923989.PDF](https://elibrary.ru/download/elibrary_17762641_49923989.PDF) (дата обращения 5.02.2024)
12. С.М. Кантарбаева, Р.М. Кудайбергенова, А.Н. Нурлыбаева, Х.Р. Садиева, Г.А. Сейтбекова Наноматериалы на основе графена // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_36969436\\_57416665.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_36969436_57416665.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
13. А.Н. Кузьмичева, О.И. Марков, Л.А. Ставцева Знакомство школьников с основами нанотехнологий в школе на уроках физики и во внеурочной деятельности // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_44557084\\_70487649.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_44557084_70487649.pdf) (дата обращения 5.02.2024)

14. И.Н. Лесниченко Наноматериалы. Виды, типы, синтез и области применения наноматериалов // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_54240186\\_44546182.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_54240186_44546182.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
15. Н.Д. Лобанов, С.С. Сёмин, Ю.В. Смирняков, Е.Д. Паникленко Перспективные направления применения наноматериалов и нанотехнологий // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_38524802\\_69338204.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_38524802_69338204.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
16. И.Н. Мутылина, А.З. Харин Основы эффективной образовательной деятельности в области нанотехнологий // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_17825940\\_54232003.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_17825940_54232003.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
17. А.И. Осипов, Н.Н. Сысоев, А.В. Уваров Нанотехнологии и физика молекул // [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nanotehnologii-i-fizika-molekul/viewer> (дата обращения 5.02.2024)
18. Е.С. Павлова, Г.И. Якушева Место нанотехнологий в школьном курсе химии // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_27264713\\_81806313.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_27264713_81806313.pdf) (дата обращения 5.02.2024)
19. И.П. Сысоева Элективные курсы и их значение в профильном обучении // [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektivnye-kursy-i-ih-znachenie-v-profilnom-obuchanii/viewer> (дата обращения 5.02.2024)
20. О.А. Фарус, М.А. Геберт Формирование знаний в области нанотехнологий и повышение активности на уроках химии средствами расчетных задач // [Электронный ресурс] URL:

[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_34925634\\_98015267.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_34925634_98015267.pdf) (дата обращения 5.02.2024)

21. О.В. Хоменко, Е.А. Ходеева Развитие естественнонаучных и технологических компетенций обучающихся путем познания сферы нанотехнологий // [Электронный ресурс] URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_46678882\\_25325601.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_46678882_25325601.pdf) (дата обращения 5.02.2024)

22. Д.М. Чуланов Возможности использования графена // [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-ispolzovaniya-grafena/viewer> (дата обращения 5.02.2024)

23. В. П. Коростелева, В. Я. Пономарёв, Е. Ю. Тарасова Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве // [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-nanotehnologiy-v-selskom-hozyaystve/viewer> (дата обращения 5.02.2024)