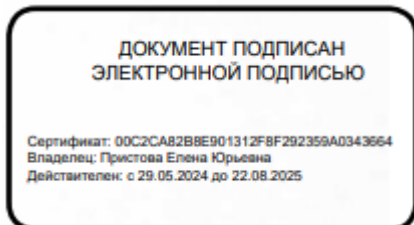


Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
Чувашской Республики «Новочебоксарский химико-механический техникум»  
Министерства образования Чувашской Республики  
Детский технопарк «Кванториум»



**НАНОКВАНТУМ**

**Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа**  
**«Материаловедение и нанотехнологии»**  
Естественно-научная направленность, углубленный модуль

Возраст детей, на которых  
рассчитана программа: 12–18 лет.  
Срок реализации программы: 108 ч.  
Автор – составитель:  
педагог дополнительного образования  
Мульдьяров Артур Олегович

Рассмотрено и одобрено на заседании  
педагогического совета

Протокол от 30.08.2024 г. № 1

Утверждено приказом директора  
Новочебоксарского химико-  
механического техникума  
Минобразования Чувашии от 02.09.2024  
№ 56-КВ

г.Новочебоксарск, 2024

## Содержание

### РАЗДЕЛ 1. КОМПЛЕКС ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММЫ

- 1.1. [Пояснительная записка](#)
- 1.2. [Цели и задачи программы](#)
- 1.3. [Учебный план](#)
- 1.4. [Планируемые результаты.](#)

### РАЗДЕЛ 2. [КОМПЛЕКС ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ](#)

- 2.1 Календарный учебный график
- 2.2. [Условия реализации программы..](#)
- 2.3. [Формы аттестации.](#)
- 2.4. [Оценочные материалы...](#)
- 2.5. [Методические материалы](#)
- 2.6. [Список литературы](#)

Приложение 1

## Раздел № 1. Комплекс основных характеристик программы

### 1.1. Пояснительная записка

**Отличительные особенности.** Программа проектной деятельности учащихся в области современного естествознания и нанотехнологий предназначена для учащихся средних и старших классов общеобразовательных учреждений. Предметная область — междисциплинарные направления современного естествознания на стыке физики, химии и биологии.

Для того чтобы понять суть сложных законов природы, научиться использовать их в своей деятельности, а также систематизировать известные, а также вновь генерируемые знания, ученые, создавая науку о природе, вынуждены были разбить единую картину мира на отдельные учения, такие как: физика, математика, химия, материаловедение, биология, медицина, информатика и многие другие.

Современные научные достижения всё чаще опираются на результаты исследований, проводимых на стыке двух и более различных наук. Это приводит к развитию таких междисциплинарных направлений как молекулярная биология, биофизика, клеточная медицина, вычислительная физика, биоинформатика и тому подобные.

К такой междисциплинарной дисциплине относится и недавно появившаяся новая область - нанотехнологии. Именно в нанотехнологиях «объединились» физика, математика, химия, материаловедение, информационные технологии.

Нанотехнологии позволяют управлять организацией материи на совершенно новом, недоступном ранее уровне, что открывает удивительные возможности для создания материалов с заданными фотофизическими, механическими, оптическими и другими свойствами. На основе наноматериалов создаются принципиально новые устройства и системы, которые находят применение в вычислительной технике, медицине, энергетике и прочих актуальных областях.

Принято считать, что к нанотехнологиям относятся технологии, имеющие дело с объектами, размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нанометров. Важно понимать, что наноразмерность занимает промежуточную (мезоскопическую) область между макроскопическим миром и миром атомов и молекул.

Мезоскопический наномир занимает пространственный диапазон приблизительно от единиц до сотен нанометров ( $10^{-9} \div 10^{-7}$  м) и имеет свои особые свойства: еще не атомные, но уже и не макроскопические.

Очевидно, что любые технологии связаны с диагностикой, т.е. с измерением набора параметров создаваемого материала или системы. Причем, если в макротехнологиях такая диагностика в некоторых случаях может выполняться с помощью человеческих органов чувств, то для нанотехнологий нужны специальные приборы.

Одним из примеров таких приборов является сканирующий зондовый микроскоп (СЗМ). В отличие от электронного микроскопа СЗМ работает не только в вакууме, но также в газе и жидкости. В основе СЗМ лежит целый ряд физических законов и эффектов, а управление работой СЗМ и обработка данных осуществляются с помощью ПК с применением современных информационных технологий. С помощью СЗМ решается широкий спектр разнообразных задач естественнонаучного профиля.

Все это делает СЗМ привлекательным при выполнении междисциплинарных исследовательских проектов, целью которых является раскрытие у школьников способностей к планированию и проведению проектной творческой деятельности, что в свою очередь обеспечивает мотивацию к саморазвитию, а также ориентацию будущих специалистов в области высокотехнологического производства, научных исследований и инновационной деятельности.

При выполнении индивидуальных и групповых исследовательских проектов у школьников формируется научное мировоззрение, интерес к инновационной, аналитической, творческой и интеллектуальной деятельности. Данная форма обучения обеспечивает не только

теоретическое изучение предметов, но и формирует конкретные прикладные навыки и умения, а также способствует командной работе.

Проектно-исследовательская деятельность учащихся – это реальный инструмент, который отвечает всем необходимым критериям изменения качества подготовки учащихся, повышает мотивацию к обучению, позволяет раскрыть способности и выявить одаренность. Она приводит к возможности осознанного выбора будущей специальности, пониманию того, чем именно занимаются научные сотрудники – какие задачи решают, к чему стремятся.

Программа курса построена таким образом, чтобы углубить и расширить представления и знания в области современного материаловедения и нанотехнологий, познакомиться с интересными перспективными материалами и их свойствами, новыми технологиями, выйти далеко за рамки школьной программы, освоить новые навыки и даже получать результаты, имеющие научный интерес, личностно-ориентированного обучения и становление.

**Актуальность и новизна.** Подготовка ведется по широкому кругу направлений, и будет полезна не только будущим физикам, химикам, биологам и математикам, но и будущим управленцам, экономистам, инженерам. Учащиеся в ходе выполнения программы осваивают все этапы проведения научного исследования: постановку задачи, формулировку гипотезы, методики измерений, формулировки и подтверждение выводов, верификацию результатов, основы статистической обработки результатов. Качество подготовки обеспечивает многоуровневая система работ и проектная работа:

**Предпроектная деятельность.** Знакомство с задачами современного естествознания и богатством теоретического применения материалов в современных технологиях. Знакомство с работой в научно-исследовательской лаборатории, выполнение экспериментальных заданий методических работ, обучение работе с синтетическими и аналитическими приборами, выполнение основных стадий синтеза по регламенту. В целом предназначена для углубления знаний, понимания междисциплинарности в современных научных задачах, формирования устойчивого интереса и расширения образовательных возможностей учащихся. Обучение проводят для групп 10-12 человек, в которых задания выполняют в микрогруппах по 2-4 человека.

**Учебно-исследовательские проекты.** Выполняются в микрогруппах по 2-3 человека. Учащиеся получают опыт самостоятельных экспериментальных и теоретических изысканий: осваивают навыки химического синтеза и работы со сложным оборудованием; формируют навыки постановки, проведения, обработки и анализа эксперимента. По итогам курса обучения учащиеся выбирают тему учебно-исследовательского проекта, углубляя изученные задачи либо новую, проводят поиск и анализ информации из литературных источников; учатся эффективно презентовать и защищать собственный проект. Хорошо выполненный учебно-исследовательский проект может быть представлен на различных конкурсах. После выполнения проектов этого уровня учащиеся подготовлены к выполнению более сложных научно-исследовательских проектов при большем самостоятельном участии. Учебно-исследовательские проекты могут также стать основой будущего научно-исследовательского проекта или инженерного<sup>1</sup> проекта следующего года (третьего и четвертого семестра).

**Научно-исследовательские проекты** выполняются в индивидуальном порядке или в микрогруппах<sup>2</sup> под руководством научного руководителя. Темой проекта могут стать избранные вопросы отдельных тематик Практикумов, имеющих актуальное прикладное или теоретическое значение.

Данный модуль является углубленным и содержит в себе как блок исследовательских проектов 3-го уровня ограничений, так и блок проектов 4-го уровня ограничений.

---

1 Кроме проектов исследовательского характера возможно выполнение инженерных проектов, связанных с автоматизацией эксперимента, созданием собственных установок, полезных моделей и т.п.

2 Работа по 2 человека, поскольку это ограничение большинства конкурсов проектной деятельности учащихся

Изучение данного модуля должно происходить после результативного освоения школьниками вводного модуля «Введение в материаловедение и нанотехнологии» (базового модуля по направлению нанотехнологий).

В программу занятий входит обучение работы на современном оборудовании, освоение методик анализа и синтеза с целью применения их в дальнейших собственных исследованиях и проектах.

В теоретической части курса даются основные концепции и понятия, которые очерчивают предметную область деятельности с точки зрения фундаментальной физики, химии, биологии. Дается начальное представление о материалах и их свойствах, иерархии взаимодействий в мире материи, нанотехнологиях и перспективах их развития.

Практическая часть посвящена формированию опыта проектной деятельности, практическому изучению методологии проведения исследований и выполнению учебно-исследовательского проекта с возможностью выполнения научно-исследовательского. В каждом из модулей предусмотрено время для индивидуальной работы, командной работы, оформление, обсуждение и представление результатов своих учебных проектов.

**Адресат программы.** Обучающиеся в возрасте от 12 до 18 лет.

**Объем и срок освоения программы.** 108ч. Программа рассчитана на четыре месяца обучения (6 ч в неделю, 18 недель).

**Формы обучения:** очная.

**Особенности организации образовательного процесса:** Количество обучающихся в группе: 14 человек. Состав постоянный, разновозрастной от 10 до 18 лет.

**Уровень освоения образовательной программы:** углубленный

**Углубленный уровень** предполагает углубленную форму подачи материала, более высокую сложность освоения материала. На данном уровне происходит расширение области познания преподаваемых направлений, закрепление терминологии и особенностей программного обеспечения, а также более детальное овладение основами научно-исследовательской и проектной деятельности. По завершении второй линии – защита проекта или участие в соревнованиях, конкурсах.

**Режим занятий, периодичность и продолжительность:** количество часов в неделю – 6 часов в неделю, количество занятий в неделю – 2 (2 раза в неделю по 3 часа), всего 108 ч, 18 недель. Продолжительность одного занятия – 45 минут.

**Описание «второй» линии:** Учащиеся изучают работу физико-химической лаборатории, ведут наблюдение за процессами и явления в материалах, фиксируют результаты наблюдений, изучают принципы и методы измерений, знакомятся с современными приборами, занимаются обработкой полученных результатов, решают проблемные задания и кейсы. Приобретают знания и навыки в области «Нанотехнологий», «Нанофизики», «Нанохимии», «Диагностики, методов изучения и анализа наноразмерных материалов» и «Применение наноматериалов в науке и технике». Особенностью второй линии является больший акцент на методах исследования поверхности материалов при помощи сканирующего зондового микроскопа (СЗМ). Учащиеся отрабатывают навык изготовления зондов для СЗМ, изучают особенности съёмки, возможные артефакты сканирования, а также овладевают навыками интерпретирования и обработки результатов сканирования.

## 1.2. Цель и задачи программы

**Цель программы:** формирование у учащихся научного мировоззрения, пробуждения интереса к инновационной, аналитической, творческой и интеллектуальной деятельности, закрепление теоретических знаний (полученных при изучении базовых модулей), формирование конкретных прикладных навыков и умений, обучение работы в команде, в обучение основам современного материаловедения и нанотехнологий через проектно-исследовательскую деятельность учащихся.

**Задачи программы:**

- сформировать аналитическое мышление;

- обучить проектной деятельности при работе над решением физических и химических задач;
- сформировать у учащихся профессиональные навыки работы с сканирующей зондовой микроскопией, спектроскопией и литографией (СЗМ СЛ);
- обучить владению современными методами и приборами модификации и нанодиагностики наноструктурированных материалов;
- дать углубленные теоретические знания и практические навыки в области наномодификации и диагностики объектов с нанометровыми топологическими размерами;
- помочь учащимся приобрести опыт в реализации реальных практико-ориентированных проектов в нанотехнологии;
- выработать у обучающихся навыки командной работы и публичных выступлений;
- выработать навыки подбора и использования дополнительных средств для комплексного решения поставленной задачи;
- пробудить интерес к современному естествознанию и новейшим технологиям;
- повысить качество образования и мотивации к целостному изучению предметов естественнонаучного цикла;
- сформировать у учащихся представление о научном исследовании;
- развить культуру исследовательской деятельности и разработки инновационных проектов;
- сформировать знания и навыки в области «Нанотехнологий», «Нанофизики», «Нанохимии», «Диагностики, методов изучения и анализа наноразмерных материалов» и «Применение наноматериалов в науке и технике».

### 1.3 Содержание программы

#### Учебный план

№ темы	Название разделов и тем	Форма занятия	Количество часов		
			всего	теория	практика
<b>Модуль 1. Введение. Общие концепции нанотехнологий</b>					
1.1.	Вводное занятие. Правила поведения и техника безопасности. Введение в химию наноматериалов. Этапы развития нанотехнологий	Лекция, инструктаж, кейс.	6	3	3
1.2.	Законы физики и химии в микромире	Лекция, беседа, кейс.	6	3	3
1.3.	Терминология и основные понятия в нанотехнологиях	Лекция, беседа, кейс.	6	3	3
1.4.	Размерные эффекты в нанотехнологиях	Лекция, беседа, кейс.	6	3	3
		<b>Итого</b>	24	12	12
<b>Модуль 2. Нанофизика</b>					
2.1	Строение кристаллов. Изучение изоморфных замещений в кристаллах	Лекция, практика	9	2	7
2.2	Методы синтеза наночастиц.	Лекция, практика	9	2	7
		<b>Итого</b>	18	4	14
<b>Модуль 3. Нанохимия</b>					
<b>Раздел 1. Основы химии дисперсных систем</b>					
3.1	Предмет, основные определения, Коллоидные системы и их особенности	Лекция, практика	9	2	7
<b>Раздел 2. Методы получения наноматериалов из жидкой фазы</b>					
3.2	Знакомство с золь-гель технологиями.	Лекция, практика	9	2	7
3.3	Полимерные гидрогели и их сорбционные свойства	Лекция, практика	9	2	7
		<b>Итого</b>	27	6	21

<b>Модуль 4. Электронная и зондовая микроскопия</b>					
4.1.	Оптическая и электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия.	Лекция, беседа, кейс.	3	2	1
4.2.	Травление зонда для СЗМ	Лекция, практика	6	2	4
4.3.	Нанолитография. Создание изображения на поверхности.	Лекция, практика	6	2	4
		<b>Итого</b>	15	6	9
<b>Модуль 5. Реализация собственного проекта</b>					
5.1.	Проектная работа	Лекция, практика	21	0	21
5.2.	Итоговое занятие.	Беседа	3	3	0
		<b>Итого</b>	24	3	21
		<b>Всего</b>	108	25	83

#### Содержание учебного плана

##### **Модуль 1. Общие концепции нанотехнологий.**

*Вводное занятие. Правила поведения и техника безопасности. Введение в химию наноматериалов. Этапы развития нанотехнологий.*

Теория: История развития нанотехнологий. Зарубежные и отечественные научные школы. Критерии определения наноматериалов: критический размер и функциональные свойства. Размерный эффект. Корреляционный радиус. Классификация наноматериалов: 0D-, 1D-, 2D-, 3D-структуры. Квантовые точки, квантовые проволоки и квантовые колодцы. Примеры потенциального применения наноматериалов и нанотехнологий – что может ожидать нас в ближайшее будущее. Роль нанотехнологий в современном обществе и ожидаемые перспективы развития. Причины и последствия нанобума: новейшие методы исследования, развитие приборного парка, финансирование исследований (в т.ч. “Критические технологии”). Нанобобия. Нанокристаллы и нанокластеры, их применение и оптические свойства. Стадии роста зерен кристаллов, возможности контроля роста на разных стадиях, способы контролируемого получения нанокристаллов, границы зерен в нанокристаллах, получение монокристаллических материалов в нанокристаллическом состоянии, фазовые переходы в нанокристаллическом состоянии, деформационные и пластические свойства наноматериалов. (формы занятия – лекция, инструктаж)

Практика: Решение кейса или проблемной задачи. (формы занятия - беседа, кейс)

*Законы физики и химии в микромире. Терминология и основные понятия в нанотехнологиях. Размерные эффекты в нанотехнологиях*

Теория: Нанотрубки и нанонити. Углеродные и неуглеродные нанотрубки, их свойства, применение, строение, методы получения и разделения. Механизмы роста нанотрубок. Одностенные и многостенные нанотрубки. Механические свойства углеродных нанотрубок. Электрофизические свойства углеродных нанотрубок. Нанотрубки на основе сульфида молибдена. Нанонити на основе металлов и сплавов. Методы их получения и механизмы роста. Нанонити, состоящие из двух и более металлов. Способы соединения нанонитей в более сложные структуры. Самособирающиеся монослои, нанолитография на монослоях, наноматериалы для мембран, темплатный синтез наноструктурированных пленок на основе диоксида кремния, электрохимические подходы к получению нанокристаллических покрытий, распад слоистых структур на отдельные слои в неводных растворителях в присутствии ПАВ, сборка многослойных структур. Особенности физического и химического взаимодействия в наномасштабах. Гравитационное и электромагнитное взаимодействие, силы Ван-дер-Ваальса. Квантовые эффекты. Особенности прохождения электронов в нанопроводах. Оптические свойства нано-частиц. Магнитоуправляемые наночастицы. Основные группы методов синтеза наноматериалов: «сверху вниз» и «снизу-вверх». Пиролиз, механо-, электро- и криодиспергирование, химическая гомогенизация, сублимационная

сушка, нанолитография. Химические и физические методы осаждения наночастиц. Самосборка и самоорганизация нанообъектов. Примеры синтезированных наносистем. (формы занятия - лекция, объяснение, рассказ, демонстрация, инструктаж, просмотр фильмов)

Практика: Решение кейса или проблемной задачи. (формы занятия - беседа, кейс)

## **Модуль 2. Нанопфизика**

*Строение кристаллов. Изучение изоморфных замещений в кристаллах.*

Теория: Идеальный кристалл. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Индексы Миллера. Направления в кристаллах, положение узлов и плоскостей. Тепловые колебания кристаллической решётки. Фотоны. Решетчатая и электронная теплоемкость кристаллов. Элементы зонной теории кристаллов. Зонная структура энергетического спектра электронов. Заполнение зон: металлы, диэлектрики, полупроводники. Собственные полупроводники. Ковалентная связь. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Собственная проводимость и её зависимость от температуры. Фотопроводимость. (формы занятия - лекция)

Практика: Решение кейса или проблемной задачи. (формы занятия - беседа, кейс)

*Методы синтеза наночастиц.*

Теория: Собственные полупроводники. Ковалентная связь. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Собственная проводимость и её зависимость от температуры. Электронная и дырочная проводимость полупроводников и её зависимость от температуры. Основные и неосновные носители заряда. Работа выхода электрона. Контакт двух металлов, металл-полупроводник, электронно-дырочный переход. Понятие о транзисторе. Явление сверхпроводимости. Основные экспериментальные факты. Теория сверхпроводимости. Куперовское спаривание электронов. Понятие о высокотемпературной сверхпроводимости. Применение сверхпроводимости. Туннельный контакт. Эффект Джозефсона и его применение. Спонтанное и индуцированное излучение. Инверсное заселение уровней активной среды. Основные компоненты лазера. Условие усиления и генерации света. Спектральный состав излучения лазеров. Когерентность лазерного излучения. Особенности лазерного излучения. Основные типы лазеров и их применение. (формы занятия - лекция)

Практика: Решение кейса или проблемной задачи. (формы занятия - беседа, кейс)

## **Модуль 3. Нанохимия.**

### **Раздел 1. Основы химии дисперсных систем.**

*Предмет, основные определения, Коллоидные системы и их особенности*

Теория: Знакомство с коллоидными системами и их свойствами. Изучение некоторых методов получения коллоидов и эффектов светорассеяния в них.

(формы занятия - лекция)

Практика: Получение коллоидных растворов, наблюдение эффекта Тиндаля. Изучение частиц на оптическом микроскопе

(формы занятия – практическая работа)

### **Раздел 2. Методы получения наноматериалов из жидкой фазы.**

*Золь-гель технология.*

Теория: Золь. Гель. Переход истинный раствор – золь. Гидролиз. Производство растворимости. Гидролиз органических солей. Алкоксотехнология. Поликонденсация. Строение гелей, ксерогели. Получение кремнезема. (формы занятия - лекция)

Практика: Получение геля и суспензии. Золь-гель синтез.

(формы занятия – практическая работа)

*Полимерные гидрогели и их сорбционные свойства*

Теория: Исследование сорбции и десорбции в гидрогелях на макро-и микро-уровнях. Сравнительный анализ и расчёт равновесной степени набухания гидрогелей разных видов. (формы занятия - лекция)

Практика: изучение набухания аквагрунта и гидрогеля в различных средах. Изучение кинетики сорбции. Коллапс гидрогеля в растворах солей. Наблюдение процесса набухания гидрогеля с помощью оптического микроскопа.



(формы занятия – практическая работа)

#### **Модуль 4. Электронная и зондовая микроскопия**

*Оптическая и электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия.*

Теория: Магнитные линзы. Сферическая и хроматическая абберация. Астигматизм магнитных линз и методы его уменьшения. Предел разрешения. в электронной микроскопии. Требования к вакууму. Изучение законов геометрической оптики и принципов формирования изображений в оптических приборах. Подготовка образцов. Устройство просвечивающего электронного микроскопа. Увеличение. Глубина резкости. Контраст. Разрешение. Режимы светлого и тёмного поля. Примеры изображений и их интерпретация. Решение задач на расчёт характеристик электронного микроскопа. Подготовка образцов. Устройство микроскопа. Методы формирования изображения. Увеличение. Разрешение. Примеры изображений. Стереоскопические изображения. Анализ рельефа. Решение задач на характеристики растрового электронного микроскопа. (формы занятия - лекция)

Практика: Решение кейса или проблемной задачи. (формы занятия - беседа, кейс)

#### **Модуль 5. Реализация собственного проекта**

*Проектная работа*

Практика: Самостоятельная проработка отдельных вопросов, проведение уточняющих экспериментов, анализ результатов и их оформление в качестве учебного проекта

(форма занятия - проектная работа, самостоятельная работа)

*Защита проекта.*

Практика: Защита проекта, представление результатов собственных измерений и расчетов. Обсуждение работ, выполненных в течение года. Перспективы дальнейших занятий. (форма занятия - презентация проекта).

### **1.4. Планируемые результаты**

Прохождение базового модуля должно сформировать у обучающихся компетенции, которые могут быть применены в ходе реализации последующих образовательных модулей.

По окончании изучения курса школьники должны знать и уметь:

Личностные и межличностные компетенции:

- умение генерировать идеи указанными методами;
- умение слушать и слышать собеседника;
- умение аргументированно отстаивать свою точку зрения;
- умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи;
- навыки командной работы;
- критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы;
- основы ораторского мастерства.

Компетенции - профессиональные и в области знаний:

- технологическое оборудование и основные методы получения наноструктурированных материалов;
- основы обработки наноструктурированных материалов;
- навыки работы на СЗМ различных типов;
- умение выбирать оптимальные расходные материалы;
- навыки построения траекторий выполнения исследовательский проектов;
- навыки анализа полученных данных.

Выполнение междисциплинарных исследовательских проектов формирует у школьников понимание и умение применять на практике алгоритм выполнения исследовательских задач:

- выбор и обоснование направления исследования, проведение аналитического обзора литературы по теме проекта;

- выбор объекта и методов исследований;
- разработка плана проведения исследований, распределение ролей в проекте;
- изучение объекта;
- анализ и сопоставление экспериментальных данных;
- подготовка отчета о результатах проведенных исследований;
- презентация основных достижений проекта, подготовка печатных материалов о результатах проекта.

По итогам обучения должно сформироваться представление о научном мировоззрении и методах проведения научного исследования, актуальных задачах современного естествознания и нанотехнологий, самоопределение с областью дальнейшей проектно-исследовательской деятельности. Должны быть сформированы следующие навыки: умение выбрать объект исследования, формулировать рабочую гипотезу, проверить ее и оценить достоверность полученных результатов, базовые знания и навыки в области «Нанотехнологий», «Нанофизики», «Нанохимии», «Диагностики, методов изучения и анализа наноразмерных материалов» и «Применение наноматериалов в науке и технике». Уровень сформированности и освоенности навыков выявляется в ходе защит учебных исследовательских работ. По итогам курса учащиеся выполняют исследовательский проект в одном из направлений современного естествознания и нанотехнологий.

## Раздел № 2. Комплекс организационно-педагогических условий

### 2.1. Календарный учебный график

Количество учебных недель по программе – 18 недель.

Количество учебных дней – 36 учебных дней.

Каникул нет.

Учебный год для учащихся первого года обучения начинается с 2 сентября (13 января), заканчивается – 28 декабря (24 мая).

Месяц	Название разделов и тем	Форма занятия	Всего	Место проведения	Форма контроля
<b>Модуль 1. Введение. Общие концепции нанотехнологий.</b>					
сентябрь	Вводное занятие. Правила поведения и техника безопасности. Введение в химию наноматериалов. Этапы развития нанотехнологий	Лекция, инструктаж, кейс.	6	Наноквантум	Устный опрос
	Законы физики и химии в микромире	Лекция, беседа, кейс.	6	Наноквантум	Устный опрос
	Терминология и основные понятия в нанотехнологиях	Лекция, беседа, кейс.	6	Наноквантум	Устный опрос
	Размерные эффекты в нанотехнологиях	Лекция, беседа, кейс.	6	Наноквантум	Устный опрос
<b>Модуль 2. Нанофизика</b>					
	Строение кристаллов. Изучение изоморфных замещений в кристаллах	Лекция	1	Наноквантум	Устный опрос
октябрь	Изучение изоморфных замещений в кристаллах	практика.	8	Наноквантум	Практическая работа
	Методы синтеза наночастиц.	Лекция, практика.	9	Наноквантум	Практическая работа
<b>Модуль 3. Нанохимия.</b>					
<b>Раздел 1. Основы химии дисперсных систем.</b>					

	Предмет, основные определения, Коллоидные системы и их особенности	Лекция, практика.	9	Наноквантум	Практическая работа
<b>Раздел 2. Методы получения наноматериалов из жидкой фазы.</b>					
октябрь	Знакомство с золь-гель технологиями.	Лекция, практика	9	Наноквантум	Практическая работа
	Полимерные гидрогели и их сорбционные свойства	Лекция, практика	9	Наноквантум	Практическая работа
	<b>Модуль 4. Электронная и зондовая микроскопия</b>				
	Оптическая и электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия.	Лекция, беседа, кейс.	3	Наноквантум	Устный опрос
ноябрь-декабрь	Травление зонда для СЗМ	Лекция, практика	6	Наноквантум	Практическая работа
	Нанолитография. Создание изображения на поверхности.	Лекция, практика	6	Наноквантум	Практическая работа
	<b>Модуль 5. Реализация собственного проекта.</b>				
	Проектная работа	Лекция, практика	18	Наноквантум	Практическая работа
	Защита проекта	презентация проекта, защита	3	Наноквантум	презентация проекта
	Итоговое занятие.	Беседа	3	Наноквантум	Устный опрос
	<b>Итого:</b>		<b>108</b>		

## 2.2. Условия реализации программы

### *Материально-техническое обеспечение*

Требования к помещениям: для организации лекционных занятий требуется учебный класс на 12-15 чел., оборудованный всем необходимым презентационным оборудованием. В помещениях размещены: вытяжные шкафы -2 шт, один для общих работ, второй для муфельной печи и установки для пиролитического синтеза, шкафы для хранения химической посуды, шкафы для реактивов, весовые столики, стол для установки оптического микроскопа и компьютера к нему, стол для установки компьютера для СЗМ, лабораторные островные столы с химически стойким покрытием, лабораторные пристенные столы для приборов, шкаф для хранения кислот, тележка для зарядки и хранения ноутбуков.

Перечень необходимого оборудования и расходных материалов. Для успешного выполнения кейса потребуется следующее оборудование, материалы, программное обеспечение и условия. Количество единиц оборудования и материалов приведен из расчета количественного состава группы обучающихся (14 человек). Распределение комплектов оборудования и материалов – 1 комплект на 2-3 обучающихся:

- работа над кейсом должна производиться в хорошо освещенном, просторном, проветриваемом помещении и в специализированной нанолаборатории;
- методические рекомендации, 1 шт. на 2 ученика;
- СЗМ NanoTutor, 1 шт. на 1-3 ученика;
- оптический микроскоп, 1 шт. на 1-5 учеников;
- тестовые калибровочные структуры, 1 шт. на 1-5 учеников;
- технологическая установка для изготовления наноигл;

- видео-проектор;
  - ноутбук;
  - экран;
  - фломастеры;
  - набор наночастиц различной природы, набор шампуней, вытяжной шкаф и химические реагенты;
  - расходный материал: W проволока, перчатки, дозаторы и т.п.;
  - ультразвуковая ванна, 1 шт. на 5-7 учеников;
  - центрифуга Eppendorf, 1 шт. на 5-7 учеников;
  - активная виброзащита: тяжелый стол или упоры с гранитной плитой, 1 шт. на 2 ученика;
  - весы и посуда, 1 шт./набор на 5-7 учеников;
  - шлифовальная бумага, полировочные пасты, дрель с насадками (войлок, фетр, резина и т.д.);
  - ножницы по металлу;
  - химические реактивы: спирт этиловый, серная кислота, фосфорная кислота, пероксид водорода, щавелевая кислота, дистиллированная вода;
  - химическая посуда: тигли, бюксики, мерные стаканы и т.д.;
  - муфельная печь до 900 градусов по Цельсию;
  - виброзащита: активная или пассивная (гранитный стол);
  - источник постоянного тока до 180 В. (+крокодильчики);
  - вытяжной шкаф;
  - USB-оптический микроскоп Levenhuk DTX 50;
  - образцы титана (BT1-00, BT6);
  - клеточная линия (например, клетки подкожной соединительной ткани мыши линии NCTC L929);
  - клеточный блок: инкубатор (термостат) с CO<sub>2</sub>, ламинар, холодильник, питательные среды, флуоресцентный инвертированный оптический микроскоп;
  - образцы различной бумаги, среди которых должен быть фольгированный картон, металлизированная бумага, цветная фольга, фотобумага, обычная бумага;
  - лак для ногтей прозрачный (для защиты нанометок).
- В ходе работы предлагается следующее распределение участников в группе:
- участники работают все вместе в ходе обсуждения проблемной ситуации, рефлексии и подготовки к защите проекта;
  - участники работают в подгруппах по два-три человека в ходе выполнения проекта по технологической карте и самостоятельных заданий.
  - работа над кейсом должна производиться в хорошо освещенном, просторном, проветриваемом помещении и в специализированной нанолаборатории;
  - методические рекомендации, 1 шт. на 2 ученика;
  - СЗМ NanoTutor, 1 шт. на 1-3 ученика;
  - оптический микроскоп, 1 шт. на 1-5 учеников;
  - тестовые калибровочные структуры, 1 шт. на 1-5 учеников;
  - набор наночастиц различной природы, набор шампуней, вытяжной шкаф и химические реагенты;
  - расходный материал: W проволока, перчатки, дозаторы и т.п.;
  - ультразвуковая ванна, 1 шт. на 5-7 учеников;
  - центрифуга Eppendorf, 1 шт. на 5-7 учеников;
  - активная виброзащита: тяжелый стол или упоры с гранитной плитой, 1 шт. на 2 ученика;
  - весы и посуда, 1 шт./набор на 5-7 учеников.
  - шлифовальная бумага, полировочные пасты, дрель с насадками (войлок, фетр, резина и т.д.)– 1 набор для группы 3-5 человек;

- химические реактивы: спирт этиловый, серная кислота, фосфорная кислота, пероксид водорода, щавелевая кислота, дистиллированная вода– 1 комплект для группы 3-5 человек;
- химическая посуда: тигли, бюксы, мерные стаканы и т.д.– 1 набор для группы 3-5 человек;
- муфельная печь до 900 градусов по Цельсию– 1 шт. для группы 3-5 человек;
- сканирующий-зондовый микроскоп "NanoTutor" (NT-SPb, технопарк Университета ИТМО)– 1 шт. для группы 3-5 человек;
- виброзащита: активная или пассивная (гранитный стол)– 1 шт. для группы 3-5 человек;
- источник постоянного тока до 180 В(+ «крокодилы»)– 1 шт. для группы 3-5 человек;
- вытяжной шкаф– 1 шт. для группы 3-5 человек;
- оптический микроскоп– 1 шт. для группы 3-5 человек;
- USB-оптический микроскоп Levenhuk DTX 50– 1 шт. для группы 3-5 человек;
- образцы титана (BT1-00, BT6)– 1 набор для группы 3-5 человек;
- клеточная линия (например, клетки подкожной соединительной ткани мыши линии NCTCL929)– 1 комплект для группы 3-5 человек;
- клеточный блок: инкубатор (термостат) с CO<sub>2</sub>, ламинар, холодильник, питательные среды, флуоресцентный инвертированный оптический микроскоп – 1 комплект;
- работа над кейсом должна производиться в хорошо освещенном, просторном, проветриваемом помещении;
- компьютер (ноутбук) с монитором, клавиатурой и мышкой, на который установлено следующие программное обеспечение: операционная система Windows (версия не ниже 7), пакет офисных программ MSOffice – 5 шт.;
- компьютеры (ноутбуки) и смартфоны(планшеты) должны быть подключены к единой Wi-Fi-сети с доступом в Интернет;
- презентационное оборудование (проектор с экраном/телевизор с большим экраном) с возможностью подключения к компьютеру (ноутбуку) – 1 комплект;
- флипчарт с комплектом листов/маркерная доска, соответствующий набор письменных принадлежностей – 1 шт.;
- каждый стол для работы над кейсом должен позволять разместить за одним компьютером (ноутбуком) двух обучающихся и предоставлять достаточно места для работы с компонентами создаваемого устройства;
- инструмент режущий (ножницы, кусачки) – 7 шт.;
- книга с лабораторными работами для СЗМ NanoTutor.
- работа над кейсом должна производиться в хорошо освещенном, просторном, проветриваемом помещении;
- расположение помещения - желательно подвальное и с минимумом внешних вибраций (тяжелое/вибрирующее оборудование за стеной, проходной "популярный" коридор и т.д.);
- наличие кондиционера для поддержания стабильной температуры очень желательно;
- сканирующий зондовый микроскоп;
- устройство создания и заточки зондов;
- расходные материалы для зондов - вольфрамовая проволока и щелочь КОН
- тестовые структуры для освоения микроскопа;
- USB-микроскоп;
- оптический микроскоп с большим увеличением;
- образцы различной бумаги, среди которых должен быть фольгированный картон, металлизированная бумага, цветная фольга, фотобумага, обычная бумага;
- лак для ногтей прозрачный (для защиты нанометок);

- тяжелый стол с виброзащитой (гранитной плитой) для размещения зондового микроскопа;
- стол с виброзащитой для размещения устройства травления зондов;
- компьютеры для подключения к микроскопам, а также компьютеры для самостоятельного поиска информации;
- инструменты (ножницы, кусачки, шприцы);
- пинцеты;
- светодиодный фонарик белого света;
- чашки Петри для хранения образцов;
- материалы по лабораторным работам на зондовом микроскопе;
- презентационное оборудование (проектор с экраном/телевизор с большим экраном) с возможностью подключения к компьютеру (ноутбуку);
- флипчарт с комплектом листов/маркерная доска, соответствующий набор письменных принадлежностей.

### **2.3. Формы аттестации**

Текущий контроль успеваемости обучающихся проводится в течение учебного периода (триместра, полугодия) с целью систематического контроля уровня освоения обучающимися тем, разделов, глав учебных программ за оцениваемый период, прочности формируемых предметных знаний и умений, степени развития деятельностно-коммуникативных умений, ценностных ориентаций.

Порядок, формы, периодичность, количество обязательных мероприятий при проведении текущего контроля успеваемости обучающихся определяются педагогом, преподающим этот предмет, и отражаются в календарно-тематических планах, рабочих вариантах программ. Формы текущего контроля успеваемости - оценка устного ответа обучающегося, его самостоятельной, практической работы, тематического зачета, контрольной работы и др.

#### **Метод работы с кейсом**

Кейс-метод связан с решением проблемных ситуаций, где используются творческие идеи учащихся. Кейс характеризует наличие реальной проблемы, потребность выбора. Источниками кейс-метода являются:

- жизненные ситуации;
- образование (устанавливает задачи обучения и формируемый посредством кейса способ действия);
- наука (создает научные способы, включенные в кейс);
- литература (необходимо явно и грамотно описать ситуацию, создать смысл и сюжет кейса);
- различные материалы из разных сфер человеческой деятельности.

Работа над кейсом может проходить как в аудитории, так и вне аудитории (на подготовительном этапе) для педагога и учащихся. Учителя подготавливают кейсы по следующим вопросам: определяют случаи, взаимосвязь лиц в трудной ситуации кейса; разрабатывают начало, развитие и завершение; обнаруживают вопросы, возникающие во время прохождения кейса и аргументы, на которые делают акцент обучающиеся. Разработанные вопросы помогают ученикам найти правильное решение; разработать систему оценки кейса.

Решение кейса для учащихся вне класса состоит в том, чтобы изучить описанную ситуацию и выполнить задание, связанное с формулированием существующей проблемы, прогнозированием развития ситуации и оценкой рисков, поиском способа решения данной проблемной ситуации.

Внедрение кейс-метода помогает контролировать освоение учащимися умений применять свои знания и опыт для решения проблем, смоделированных на основе реальных жизненных ситуаций. При использовании кейсов для контроля педагог может включать

решение кейсов в число контрольных заданий на учебном занятии либо организовать дистанционное решение тестов посредством онлайн-ресурса.

Применение кейсов как средства контроля заключается в том, чтобы обучающиеся могли добиться своих целей в учебном процессе. Когда ученик будет понимать, что он может рассчитывать лишь на свои знания, он начнёт учить намного больше, стремится к своим целям и из ряда слушателей на уроках, начнёт переходить в ряд активных учеников.

Немаловажным преимуществом кейса при контроле является то, что знания приобретаются обучаемым, а не даются в готовом виде. Ученики приобретают жизненно важный опыт преодоления трудностей. Появляется умение слушать и понимать других людей. Большие умение работы с информацией и оценка альтернативных решений. Не каждый метод может реализовать такие возможности для обучаемых.

Кейс при контроле выявляет построение модели какой-либо ситуации; обучающийся начинает представлять и анализировать данную ему ситуацию; представляет проблемы, лежащие в основе проблемы; ученик представляет варианты поведения героев, генерировать идеи относительно данной ситуации.

Реализуя контроль с помощью кейсов, преподавателям приходится разрабатывать разные ситуации, учитывая такие факторы, как, например, интернет. В настоящее время любой ученик может спокойно войти в сеть и найти любую информацию. Поэтому у кейсов, предназначенных для дистанционного контроля, не должно быть «готовых решений» в сети Интернет. А это значит, что преподавателю, разрабатывающему такие задания, придётся с большой отдачей подходить к созданию кейсов. Тогда при проверке работ, он будет уверен в знаниях своих учеников. Что поможет преподавателю помогать слабым и повышать уровень знаний своих обучаемых.

Таким образом, кейс-метод повышает эффективность образовательного процесса, так как позволяет моделировать будущую деятельность участников кейса и формировать положительные побуждения к освоению нового материала, фактов и в дальнейшем получению новой информации. Внедрение кейсов в учебный процесс позволяет не только усвоить новую информацию, применяя её в моделируемых кейсом ситуациях, но и проверить свои знания, в том числе, при дистанционном контроле.

#### **Формы подведения итогов (промежуточная аттестация)**

Промежуточный контроль результата проектной деятельности осуществляется по итогам выполнения групповых и индивидуальных заданий, а также по итогам самостоятельной работы участников команды.

Итоговый контроль состоит в публичной демонстрации результатов проектной деятельности перед экспертной комиссией с ответами на вопросы по содержанию проекта, методам решения и полученным инженерно-техническим и изобретательским результатам.

Формой подведения итогов усвоения программы может быть проведена самостоятельная работа, контрольное занятие, опрос, тестирование, защита исследовательских работ, коллективный анализ работ, самоанализ. Также используются такие формы подведения итогов усвоения программы как участие в научно – практических конференциях, участие в конкурсах, соревнованиях.

### **2.4. Оценочные материалы**

Результативность выполнения проектов оценивается согласно следующим критериям:

#### **Критерии оценки проекта**

<b>Критерии оценки</b>			
<b>п р о е к т</b>	<b>Показатели</b>	<b>Градации</b>	<b>Баллы</b>
	<b>1.Актуальность и значимость проекта</b>	<b>актуальность проекта обоснована</b>	<b>0-5</b>
		<b>частично обоснована</b>	
		<b>актуальность не обоснована</b>	
	<b>соответствует полностью</b>		

	2.Логическая связанность и реализуемость проекта, соответствие проекта его целям, задачам и ожидаемым результатам	есть несоответствия (отступления)	0-5
		в основном не соответствует	

#### Критерии оценки защиты проекта

Критерии оценки			
Показатели		Градация	Баллы
выс- туп- ле- ние	1.Структурированность (организация) сообщения, которая обеспечивает понимание его содержания	структурировано, обеспечивает	0-5
		структурировано, не	
		не структурировано, не обеспечивает	
	2.Культура выступления – чтение с листа или рассказ, обращённый к аудитории	рассказ без обращения к тексту	0-5
		рассказ с обращением к тексту	
		чтение с листа	
3.Целесообразность, инструментальность наглядности, уровень её использования	целесообразна	0-5	
	целесообразность сомнительна		
	не целесообразна		
дис- кус- сия	1.Чёткость и полнота ответов на дополнительные вопросы по существу сообщения	все ответы чёткие, полные	0-5
		некоторые ответы нечёткие	
		все ответы нечёткие/неполные	
	2.Владение специальной терминологией по теме проекта, использованной в сообщении	владеет свободно	0-5
		иногда был неточен, ошибался	
		не владеет	
	3. Культура дискуссии – умение понять собеседника и аргументировано ответить на его вопросы	ответил на все вопросы	0-5
		ответил на большую часть	
		не ответил на большую часть вопросов	

Итоговая аттестация обучающихся осуществляется наставником по итогам защиты проектов, всех кейсов и тестирования по 100 бальной шкале, которая переводится в один из уровней освоения образовательной программы согласно таблице:

Набранные обучающимся баллы	Уровень освоения
0-49 баллов	Низкий
50-79 баллов	Средний
80-100 баллов	Высокий

## 2.5. Методические материалы

**Педагогическая целесообразность** реализации данной дополнительной образовательной программы заключается в создании особой развивающей среды для выявления и развития общих и творческих способностей учащихся, что может способствовать не только их приобщению к техническому творчеству, но и раскрытию лучших человеческих качеств, потому целесообразно применение таких форм занятий как: комбинированное занятие, лекция, практическое занятие, самостоятельная работа, защита проектов.

Программа занятий содержит теоретическую и практическую части. В теоретической части используются **методы**, в основе которых лежит уровень деятельности детей:



объяснительно-иллюстративный (дети воспринимают и усваивают готовую информацию), репродуктивный (учащиеся воспроизводят полученные знания и освоенные способы деятельности). Для изложения теоретической части используются такие **приемы**, как беседа, рассказ, лекция, показ видеороликов, презентация. Это обусловлено тем, что поступающая информация лучше воспринимается через сочетание сенсорных, наглядных и вербальных потоков. Реализация данной образовательной программы заключается в создании особой развивающей среды для выявления и развития общих и творческих способностей учащихся, что может способствовать не только их приобщению к науке и творчеству, но и раскрытию лучших человеческих качеств, для этого применяются частично-поисковый и исследовательский **методы** проведения занятий (проектные работы, научно-практические конференции, соревнования, конкурсы, олимпиады). Планируются также образовательные экскурсии, хакатоны, посещение выставок, форумов или подготовка к ним.

#### **Методы**

- методика проблемного обучения;
- методика проектной деятельности.

#### **Формы работы**

Командное выполнение междисциплинарных исследовательских проектов 3-го и 4-го уровней ограничений. Проведение индивидуальных углубленных лекционных занятий со школьниками.

**Формы проведения занятий:** фронтальная, групповая, индивидуальная, микрогруппы.

#### **Формы занятий образовательного модуля:**

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

**Методы и приемы** проведения занятий: словесные (рассказ, инструктаж, беседа, лекции), наглядные (демонстрации, презентации, просмотр видео), практические работы, частично-поисковый и исследовательский методы (научно-практические конференции, соревнования, конкурсы, олимпиады).

#### **Описание основных разделов программы**

**Теоретическая часть.** Лекционные занятия для всей группы, с возможным разбиением на микрогруппы во время занятий. Тематика занятий связана с современным материаловедением и пониманием структуры и фундаментальных свойств микромира. Материалы окружают нас повсюду, с каждым годом они становятся все «интеллектуальнее» и создают совершенно новые возможности для приборостроения, машиностроения, медицины, образования, строительства, энергетики, экологии и дизайна. Мы уже давно привыкли к сплавам, которые не ржавеют; к пластикам, которым можно придать любую форму; к удобным контактными линзам ... но разработки современных ученых и инженеров позволяют прогнозировать еще более удивительные применения, которые изменят в будущем многие аспекты жизни. Понимание как создавать микро и нано-размерные материалы и какими свойствами они будут обладать ключевой вопрос развития нанотехнологий, а он требует знаний и физики, и химии, и биологии, и математики. Лекционные занятия делятся на классические лекции. В конце лекции идет игровое обучение в виде (Edutainment), которое включает разнообразные игры, обсуждения, кейс-турниры, в ходе которого важна ответная реакция ребят, и их повышение уровня заинтересованности.

**Практическая часть.** Освоение этого раздела начинается параллельно с теоретическим, работа ведется по подгруппам не более чем из 10-12 человек. Она состоит из набора модулей.

## 2.6 Список литературы

1. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества, Гудилин Е.А. и др., под ред. Ю.Д.Третьякова. – М.БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
2. Мир материалов и технологий. Нанотехнологии Ч.Пул – мл., Ф Оуэнс, Москва:Техносфера, 2006.
3. Мир физики и техники. В.Л.Миронов. Основы сканирующей зондовой микроскопии Москва:Техно 2009
4. Нанохимия ,Сергеев Г.Б. – М.:Изд-во МГУ, 2007
5. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов, под ред. С.В. Калужного, москва, ФИЗМАТЛИТ, 2010
6. Удивительные наноструктуры, К. Деффейс, С. Деффейс; под ред. Л.Н.Патрикеева – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011
7. Химия новых материалов и нанотехнологий. Учебное пособие. Пер. с англ.: Научное издание/Б.Фехльман – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 464 с.: цв.вкл.
8. Химия элементов: в 2 томах./Н.Гринвуд, А.Эрншо; .-М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010

### Основная литература

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007, -416 с.
2. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов М.: КомКнига, 2006, - 592 с.
3. Дубровский В.Г. Теоретические особенности технологии полупроводниковых наноструктур, Санкт-Петербург 2006, 347 с.
4. Новые материалы. Колл. авторов под редакцией Ю.С. Карабасова. – МИСИС . – 2002 – 736 с.

### Дополнительная литература

1. Анатомия волоса: <http://www.trichology.ru/index.php?page=1069233949492512>
2. Строение волос человека. Волосы: строение и функции: [https://www.syl.ru/article/154065/new\\_stroenie-voles-cheloveka-volesyi-stroenie-i-funktsii](https://www.syl.ru/article/154065/new_stroenie-voles-cheloveka-volesyi-stroenie-i-funktsii)
3. Новые подробности из жизни волосяного фолликула: <https://biomolecula.ru/articles/novye-podrobnosti-iz-zhizni-volesianogo-follikula>
4. Волосы человека: строение волос, химический состав здорового волоса, стержень волоса, структура и рост волос, жизненный цикл волос: <http://www.inmoment.ru/beauty/beautiful-body/hair-man>
5. Средства для волос во всём своём многообразии для ухода, лечения и укладки локонов любого типа: <http://beautiface.net/uhod/za-volesami/sredstva.html>
6. Болезни волос: <http://surgeryzone.net/medicina/bolezni-voles.html>
7. Л.М. Попова. Введение в нанотехнологию: <http://www.nizrp.narod.ru/metod/kaforgchem/1.pdf>
8. Применение зондовой микроскопии в нанотехнологиях (презентация): <http://www.myshared.ru/slide/531483>
9. В. Савич, Д. Сарока. Модификация поверхности титановых имплантатов и её влияние на их физико-химические и биомеханические параметры в биологических средах (2012).

10. Основы взаимодействия биологических тканей с искусственными материалами [http://www.ispms.ru/files/Publications/sharkeev\\_2013/pdf/5\\_1.pdf](http://www.ispms.ru/files/Publications/sharkeev_2013/pdf/5_1.pdf)
11. Химические методы получения наноструктур [http://www.elch.chem.msu.ru/rus/mfti/mfti09\\_8.pdf](http://www.elch.chem.msu.ru/rus/mfti/mfti09_8.pdf)
12. Л.М. Попова. Введение в нанотехнологию (учебное пособие) <http://www.nizrp.narod.ru/metod/kaforgchem/1.pdf>
13. M.D. Roach, R.S. Williamson, I.P. Blakely, L.M. Didier. Tuning anatase and rutile phase ratios and nanoscale surface features by anodization processing onto titanium substrate surfaces. *Materials Science and Engineering C* 58 (2016) 213–223
14. В. В. Трухачев, М. Б. Сергеев. Технологии защиты денежных знаков и ценных бумаг (учебное пособие) <http://guap.ru/guap/kaf44/trud/truhachev-sergeev.pdf>
15. А. Кекин, А. Ковалев и соавт. Аппаратурные средства проверки подлинности документов на основе оптического метода неразрушающего контроля. (статья в журнале) <http://www.bre.ru/security/22938.html>
16. Методы и оборудование для определения подлинности денежных знаков и ценных бумаг (статья в журнале) <http://bankir.ru/publikacii/20050804/metodi-i-oborydovanie-dlya-opredeleniya-podlinnosti-denezhnyh-znakov-i-cennyh-byomag-1364377/>
17. Л.М. Попова. Введение в нанотехнологию (учебное пособие) <http://www.nizrp.narod.ru/metod/kaforgchem/1.pdf>
18. В.Л. Миронов. Основы сканирующей зондовой микроскопии (учебное пособие) [http://ipmras.ru/UserFiles/publications/mironov/RUS\\_Fundamentals\\_SPM.pdf](http://ipmras.ru/UserFiles/publications/mironov/RUS_Fundamentals_SPM.pdf)

**Кейс № 1. Добавка к шампуням на основе комплексов наночастиц**

**Описание проблемной ситуации или феномена**

До сих пор механизмы роста, деградации и выпадения волос остаются не до конца изученными. Несоблюдение правил ухода за волосами, а также генетическая предрасположенность могут привести к таким недугам, как сухость, ломкость, появление перхоти и выпадение волос. Постоянный контроль за состоянием чешуек и создание новых типов шампуней на основе различных активных веществ – одна из современных тенденций по разработке новых средств ухода за волосами. Может ли использование нано-ингредиентов оказывать положительное влияние на структуру и эластичность волосяного покрова головы, состояние кутикулы и волосяных чешуек?

**Метод работы с кейсом**

Метод проектов

**Минимально необходимый уровень входных компетенций**

Знание основ метода сканирующей зондовой микроскопии. Умение работать на сканирующем зондовом микроскопе.

Углубленные знания в области физике, химии, биологии (не обязательно по каждому предмету), желательны знания в области экономики и социологии.

**Предполагаемые образовательные результаты учащихся (артефакты, решения), формируемые навыки (Soft и HardSkills)**

В результате прохождения данного образовательного модуля (кейса) обучающийся будет знать следующие ключевые понятия: атомно-силовая микроскопия, обратная связь, зонд, установка травления зондов, полуконтактный метод атомно-силовой микроскопии, силовая литография, структура волоса, наночастицы, ансамбли наночастиц, поверхностно-активные вещества, суспензоиды, коллоидные системы, виды средств по уходу за волосами, туннельный ток, закон Ома, резонансная частота, болезни волос, трихология, кутикула, мозговое вещество, кортекс, волосяной сосочек, эпидермис, нанотехнологии, артефакты изображения.

Прохождение данного образовательного модуля (кейса) должно сформировать у обучающихся следующие компетенции. Все выработанные компетенции могут быть применены в ходе реализации последующих образовательных модулей:

- умение генерировать идеи указанными методами;
- умение слушать и слышать собеседника;
- умение аргументированно отстаивать свою точку зрения;
- умение искать информацию в свободных источниках и структурировать ее;
- умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи;
- навыки командной работы;
- умение грамотно письменно формулировать свои мысли;
- критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы;
- основы ораторского искусства;
- основы работы в текстовом редакторе и программе для создания презентаций;
- создание активных нанодобавок;
- освоение работы с USB-оптическим микроскопом;
- освоение работы на сканирующем-зондовом микроскопе (и его использование для визуализации поверхности волос).
- интерпретация и анализ данных СЗМ изображения
- умение проводить расчеты оптимальной концентрации наночастиц
- основы пробоподготовки, в частности, методы фиксации нитевидных структур (волосы)
- работа с ультразвуковой ванной, центрифугой, проведение химических реакций

## **Кейс № 2. Управление приживляемостью титановых имплантов**

### **Описание проблемной ситуации или феномена**

Приживляемость(или более широко – биосовместимость) имплантата зависит от физико-химических свойств его поверхности, таких как её микро- и макрошероховатость, смачиваемость биологическими жидкостями и адгезия к биологическим тканям. Именно от полноты, скорости смачивания, отсутствия микропузырьков газов на границе раздела жидкость-имплант будет зависеть последующая его интеграция в костные и мягкие ткани. Поверхность такого импланта должна обладать гидрофильными свойствами. Наоборот, если имплантат не должен быть интегрированным (например, для его безболезненного удаления после выполнения функции замещения, для предотвращения тромбов и т.п.), его поверхность должна быть, по возможности, наиболее гидрофобной. Поэтому при создании титановых имплантатов важно уметь управлять смачиваемостью поверхности титана, т.е. степенью гидрофильности или гидрофобности, которые в свою очередь определяются ее микро- и наноструктурой.

### **Метод работы с кейсом**

Метод проектов

### **Минимально необходимый уровень входных компетенций**

Углубленные знания в области физике, химии, биологии (не обязательно по каждому предмету).

### **Предполагаемые образовательные результаты учащихся (артефакты, решения), формируемые навыки (Soft и HardSkills)**

В результате прохождения данного образовательного модуля обучающийся должен знать следующие ключевые понятия: напряжение, сопротивление, сила тока, краевой угол смачиваемости, шероховатость, отрицательная и положительная обратная связь, коэффициент усиления обратной связи, механический резонанс, дифракционный предел, конструктивная и деструктивная интерференция, стерильность при работе с клетками, функции живых клеток, методики окрашивания клеток, коэффициент натяжения, давление жидкости, объем капли, площадь контакта жидкости и твердого тела, эксперимент, график, статистика, прогноз, закон Ома, отношения величин, измерительная шкала.

Прохождение данного образовательного модуля должно сформировать у обучающихся следующие компетенции. Все выработанные компетенции могут быть применены в ходе реализации последующих образовательных модулей:

- умение генерировать идеи указанными методами;
- умение слушать и слышать собеседника;
- умение аргументированно отстаивать свою точку зрения;
- умение искать информацию в свободных источниках и структурировать ее;
- умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи;
- навыки командной работы;
- умение грамотно письменно формулировать свои мысли;
- критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы;
- основы ораторского искусства;
- основы работы в текстовом редакторе и программе для создания презентаций;
- методы модифицирования титана новым способом и анализ физико-химических свойства его поверхности;
- использование USB-оптического микроскопа Levenhuk DTX 50;
- навык работы на сканирующем-зондовом микроскопе (СЗМ) "NanoTutor" и его использование для визуализации поверхности модифицированных имплантов;
- интерпретация и анализ данных СЗМ изображения;
- измерение краевого угла смачивания с помощью соответствующего пакета программы ImageJ;

- окрашивание ядер клеток красителем Hoechst;
- подсчет числа клеток с помощью соответствующего пакета в программе ImageJ.

### **Кейс № 3. Защита бумажных документов**

#### **Описание проблемной ситуации или феномена**

В повседневной жизни нас окружает огромное количество различных документов, ценных бумаг, бланков. Все они очень важны и выполняют определенную функцию в работе общества. Поэтому, когда злоумышленники подделывают ценные бумаги, это наносит огромный ущерб обществу и государству. Для защиты документов и ценных бумаг от незаконного копирования используются различные методы, включая водяные знаки, защитную металлическую нить, микроперфорацию, микротексты, цветные голограммы, объемную рельефность и др. Все эти методы работают с макро- и микрообъектами, они хорошо известны, и мошенники умеют их подделывать. Если же перейти на наноуровень и научиться делать специальные наноразмерные метки, а также придумать, как их быстро считывать, то это будет новый метод защиты, который обеспечит надежную защиту подлинность и оригинальность документов.

#### **Метод работы с кейсом**

Метод проектов

#### **Минимально необходимый уровень входных компетенций**

Знание основ метода сканирующей зондовой микроскопии. Умение работать на сканирующем зондовом микроскопе навыки работы с оптическим микроскопом. Знания персонального компьютера на уровне пользователя.

Знание физики (раздел «Оптика»).

#### **Предполагаемые образовательные результаты учащихся (артефакты, решения), формируемые навыки (Soft и HardSkills)**

Решение данного кейса должно сформировать у обучающихся следующие компетенции и навыки. Все выработанные компетенции могут быть применены в ходе реализации последующих образовательных модулей:

- умение анализировать проблемную ситуацию, выделять проблему, формулировать цель, ставить задачи;
- умение анализировать предметную область, самостоятельно искать, структурировать и интерпретировать информацию;
- умение генерировать идеи различными методами, анализировать их, видоизменять и обсуждать;
- умение формировать, прорабатывать и рационализировать итоговые технические решения;
- умение работать в команде, критически мыслить, грамотно формулировать мысли и аргументированно отстаивать точку зрения;
- уметь интерпретировать и анализировать полученные результаты, объективно их оценивать;
- умение представлять результаты своей работы и докладывать о них публике;
- практические навыки в работе с высокотехнологичными приборами - освоение основ оптической микроскопии и сканирующей зондовой микроскопии;
- знания в области нанотехнологий, микроскопии и оптики;
- навыки проведения комплексных исследований с использованием различного научного оборудования;
- опыт проектной деятельности.