

Комитет по образованию администрации  
Муниципального образования «Всеволожский муниципальный район»  
Ленинградской области  
Муниципальное общеобразовательное бюджетное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа  
«Центр образования «Кудрово»

РАССМОТРЕНО  
на Педагогическом совете  
МОБУ «СОШ «ЦО «Кудрово»  
Протокол №1 от 30.08.2021г.

УТВЕРЖДЕНО  
приказом  
МОБУ «СОШ «ЦО «Кудрово»  
от 31.08. 2021 г. № 437

Дополнительная общеразвивающая программа  
**Нанотехнологии и микроэлектроника**  
Естественнонаучная направленность

Педагог дополнительного  
образования  
Аньчков Максим Геннадьевич  
Уровень: разноуровневая  
Продолжительность освоения  
программы - 3 года  
Возраст учащихся -11-18 лет

г. Кудрово Ленинградская область  
2021 год

## Пояснительная записка

В современном мире умение работать с высокотехнологичным оборудованием стало одним из ключевых навыков, необходимых для успешного трудоустройства. Во многих областях исследовательский подход и навыки комплексного анализа проблем являются важнейшими качествами сотрудников. Благодаря тому, что метод сканирующей зондовой микроскопии, является одним из наиболее доступных и эффективных инструментов для исследования свойств поверхности, введение его в качестве курса по выбору, позволит школе удовлетворить запрос на приобретение учащимися соответствующих навыков, предоставить условия для проектно-исследовательской деятельности, а также, углубить знания обучающихся в области естественных наук.

### Направленность программы

Разработанная программа соответствует *естественнонаучной направленности* общеобразовательных программ дополнительного образования и ориентирована на:

- формирование научной картины мира
- удовлетворение познавательных интересов учащихся в области медицины и естественных наук
- развитие у детей исследовательской активности, нацеленной на изучение объектов живой и неживой природы и взаимосвязей между ними
- изучение современных методов диагностики поверхности
- изучение современных технологий создания наноматериалов и их применения, что позволяет реализовать межпредметные связи между дисциплинами естественнонаучного цикла.

С одной стороны, используемое во время занятий современное оборудование и передовые технологий, повышают интерес и престижность связанных с естественными науками профессий, а также, формируют корректные представления о связанных с нанотехнологиями профессиях. С другой стороны, применяемые образовательные технологии, такие как выполнение длительных исследовательских проектов и участие в конференциях, позволяют добиться развития способности к протяжённому усилию, формулировать, презентовать и защищать собственные гипотезы, способствуют овладевая основными научными методами познания, совершенствованию навыков работы с приборами и информационно-компьютерными технологиями (далее ИКТ), получению опыта выполнения задач в команде и формированию представлений о связанных с нанотехнологиями профессиях. Оптимальной реализацией общеобразовательной программы является создание научно-исследовательских групп для обучающихся в возрасте 12-17 лет, численностью 6-8 человек каждая, занимающихся от 2 часов в неделю (в зависимости от года обучения) в формате очного обучения с обеспечением необходимым материально-техническим оснащением, включающим в себя, в первую очередь, Оптический Атомно Силовой Микроскоп (далее: FemtoScan), комплект Зондов и персональных компьютеров (далее: ПК) объединённых в локальную сеть,

### Актуальность программы

В основе разработки данной общеобразовательной программы лежит целый ряд проблем и задач, стоящих перед образовательными организациями:

Во-первых, необходимость дополнительного образования в области нанотехнологий продиктована лавинообразным ростом этой отрасли, нуждающейся в большом количестве квалифицированных кадров, а значит, и абитуриентов, выбравших соответствующие специальности для продолжения своего обучения в ВУЗах, что требует от школ предоставления учащимся информации об этом направлении, а также, условий для приобретения учащимися ключевых навыков, необходимых для их успешного развития в этой области. С учётом того, что в ближайшей перспективе требования к специалистам в этой сложной области будут только

расти, трёхлетняя программа дополнительного образования, направленная на получение глубоких знаний и большого практического опыта, является особенно актуальной.

Во-вторых, практическая работа обучающихся в области нанотехнологий поддерживается в рамках Национальной образовательной инициативы "Наша новая школа" и позволяет образовательным организациям соответствовать Федеральному государственному образовательному стандарту в области дополнительного образования, обеспечивая условия для самореализации обучающихся, их раннюю профессиональную ориентацию и непрерывность образования в системе Школа-ВУЗ-Производство.

Однако, проведение занятий по нанотехнологиям с применением комплекса лабораторного оборудования, может не только удовлетворять описанный выше запрос, но и обеспечивать поддержку основного учебного процесса в рамках образовательных блоков «Естественные науки» и «Математика и информатика» и быть базой для проведения междисциплинарных индивидуальных и групповых исследовательских проектов. Это ставит перед педагогами дополнительного образования школ, получивших данное оборудование, сложную задачу по организации эффективного учебного процесса и оптимальному использованию приборов, универсального решения для которой пока не найдено.

Таким образом, причиной постановки задачи по разработке, апробации и дальнейшему улучшению данной образовательной программы является ее востребованность со стороны образовательных организаций, небольшое количество неотчуждаемых примеров успешной организации учебного процесса и запрос на обучающихся, обладающих знаниями в области нанотехнологий, со стороны ВУЗов и высокотехнологических компаний. Дополнительным стимулом является возможность реализации компетентного и деятельностного подходов, а также, повышение мотивации обучающихся за счёт широкого использования интересных для них ИКТ.

### **Отличительные особенности программы/новизна**

Характерная структура образовательной программы по направлению нанотехнологии опирается на выполнение лабораторных работ, описанных в Учебно-Методическом Комплексе (УМК), прилагаемом к комплексу установленных в лаборатории оборудования, и изучение необходимого для них теоретического материала. Типичными недостатками таких программ заключается в недостаточной освещённости актуальных технологий создания наноструктур и их применения, а также, в отсутствии взаимодействия с ключевыми организациями города, работающими в этой области и ВУЗами, осуществляющими подготовку студентов по соответствующим направлениям. Новизна предложенной образовательной программы выражается в увеличении объёма изучаемого теоретического материала путём добавления новых тем, что позволяет выстроить дополнительные меж предметные связи между дисциплинами естественнонаучного цикла и расширить кругозор обучающихся. Помимо увеличенной теоретической базы, данная программа предполагает проведение дополнительных групповых микроисследований, что позволит учащимся приобрести навыки, необходимые для выполнения и защиты своих самостоятельных исследовательских работ. Также, отдельное внимание уделяется профориентации обучающихся, выраженное во взаимодействии с ведущими лабораториями и организациями Санкт-Петербурга.

### **Адресат программы**

Программа рассчитана на постепенное увеличение сложности изучаемого материала, а также на изучении учащимися основы свойств материалов и создание материалов с заданными свойствами. Для обучения по программе рекомендованный возраст учащихся с 12 по 17 лет (с 7 класса, когда начинается изучение школьного предмета «Физика»). Рекомендуемый возраст детей по уровням сложности обучения:

11-16 лет – первый уровень обучения

13-17 лет – второй уровень обучения

14-18 лет – третий уровень обучения

Структура проведения занятий построена таким образом, чтобы вызывать у учащихся интерес к рассказываемому материалу, и оставляет не закрытыми вопросы, на которые учащиеся могут самостоятельно отвечать в домашних условиях, и/или задавать их руководителю, проявляя таким образом интерес к рассмотренной теме и позволяя руководителю объединения подобрать для учащихся интересную им тему исследования.

Базовые знания по каким-либо предметам не требуются, для учащихся важен интерес к теме исследования, и желания узнать больше в выбранном направлении. Все недостающие знания, учащийся получает в рамках программы, или с изучением обязательных школьных дисциплин по мере прохождения самой программы.

## **Цели и задачи программы**

### **Цель:**

- подготовка обучающихся к проектной деятельности в рамках технического практико-ориентированного образования.
- профессиональная ориентация школьников путём изучения основ нанотехнологий и ключевых этапов исследовательской деятельности
- личностное развитие учащихся в рамках исследователя и/или руководителя исследования.
- развитие индивидуальных способностей, самореализация личности учащегося на основе формирования интереса к исследованию в процессе проведения лабораторных работ и личных/групповых исследовательских проектов.

### **Задачи:**

#### **Образовательные:**

- обучение школьников современным методам измерения электрофизических характеристик материалов;
- теоретическое ознакомление с методами синтеза и анализа наноструктурированных материалов;
- практическое ознакомление с методами синтеза и анализа наноструктурированных материалов;
- подготовка к конференциям школьников по нанотехнологии, в том числе международным.

#### **Развивающие:**

- развитие навыков самостоятельной работы с измерительными приборами;
- развитие творческих способностей при разработке и сборке новых измерительных установок для исследования наноматериалов;
- развитие творческих способностей при исследовании материалов микро- и нано-размеров;
- развитие целеустремленности в достижении поставленной цели (решении задачи), способности преодоления трудностей, концентрации внимания.

#### **Воспитательные:**

- развитие умения выступать с докладами, адекватно воспринимать критику оппонента, аргументированно защищать свою точку зрения;
- развитие самостоятельности в выборе способа достижения поставленной цели при отсутствии типовых решений;
- развитие умения работать в команде для выполнения сложных комплексных задач.

## Учебно-тематический план

### Первый уровень/год обучения

№ п/п	Название раздела, темы	Количество часов			Формы аттестации/контроля	
		Всего	Теория	Практика		
<b>1</b>	<b>Введение</b>					
1	1	Введение в «НаноМир». Инструктаж по охране труда	2	1	1	
2	2	Математика: «Функциональный подход»	2	2		Доклад на выбор
3	3	Физика: «Поле – камень преткновения»	2	2		Доклад на выбор
4	4	Химия: «Как сделать из атомов человека»	2	2		Доклад на выбор
5	5	Биология: «Археи и люди»	2	2		Доклад на выбор
6	6	Математическая модель общества	2	1	1	Доклад на выбор
7	7	Фрактальный мир	2	1	1	
<b>2</b>	<b>Теория исследования</b>					
8	1	Лабораторные установки	2	2		
9	2	Принцип работы оптического микроскопа	2	2		
10	3	Виды энергии. Способы обработки и передачи.	2	2		
11	4	Пьезоактюаторы	2	2		
12	5	Выполнение лабораторных работа по группам.	2		2	Отчёт
13	6	Выполнение лабораторных работа по группам.	2		2	Отчёт
14	7	Выполнение лабораторных работа по группам.	2		2	Отчёт
15	8	Выполнение лабораторных работа по группам.	2		2	Отчёт
16	9	Оформление отчётов по лабораторным работам	2	1	1	Доклад
17	10	Защита лабораторных работ	2	1	1	Доклад
<b>3</b>	<b>Научно-техническое творчество в областях исследовательской деятельности</b>					
18	1	Выбор индивидуальных и групповых тем исследований	2	2		Название темы

19	2	Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований	2	2		Название темы
20	3	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
21	4	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
22	5	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
23	6	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
24	7	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
25	8	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
26	9	Подготовка исследовательских работ для публикации	2	2		тезисы/статья
27	10	Презентация и подача материала на выступлении	2	2		Презентация
28	11	Подготовка к защите исследовательских проектов	2	2		Анализ работ
29	12	Защита индивидуальных исследовательских проектов	2	2		Анализ работ
30	13	Защита групповых исследовательских проектов	2	2		Анализ работ
<b>4</b>	<b>Инструменты нанотехнологии будущего</b>					
31	1	Нанопинцет. Наноскальпель. Наношприц	2	2		
32	2	Нанотермометр, Нановесы	2	2		
33	3	Наноиндентор, Контеливер	2	2		
34	4	Обсуждение возможностей миниатюризации различных устройств/приборов и возникающих при этом проблем	2	2		
<b>5</b>	<b>Подведение итогов</b>					
35	5	Обсуждение достигнутых результатов	2	2		
36	6	Заключительное занятие	2	2		
Итого:			72	47	25	

## Второй уровень/год обучения

№ п/п	Название раздела, темы	Количество часов			Формы аттестации/контроля	
		Всего	Теория	Практика		
<b>1</b>	<b>Введени</b>					
1	1	Вводное занятие. Инструктаж по охране труда	2	2		
<b>2</b>	<b>Методы анализа размерных и структурированных материалов</b>					
2	1	Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия	2	2		
3	2	Методы статического и динамического светорассеяния	2	2		
4	3	Вибрационный и СКВИД магнетометры	2	2		
5	4	Спектроскопия комбинационного рассеяния	2	2		
6	5	Определение элементного состава и структуры вещества (РСМА, Оже, РФА, ДБЭ)	2	2		
7	6	Методы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)	2	2		
<b>3</b>	<b>Методы синтеза размерных и структурированных материалов</b>					
8	1	Резистивное, магнетронное, электронно-лучевое напыление	2	2		
9	2	Газо- и жидкофазная эпитаксия	2	2		
10	3	Самоорганизация и самосборка	2	2		
11	4	Области применения материалов и устройств	2	2		
12	5	Выполнение лабораторных работа по группам.	2		2	отчёт/протокол
13	6	Выполнение лабораторных работа по группам.	2		2	отчёт/протокол
14	7	Выполнение лабораторных работа по группам.	2		2	отчёт/протокол
15	8	Оформление отчётов по лабораторным работам	2	1	1	отчёт
16	9	Защита лабораторных работ	2	2		
<b>4</b>	<b>Научно-техническое творчество в областях исследовательской деятельности</b>					
17	1	Выбор индивидуальных и групповых тем исследований	2	2		Название темы
18	2	Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований	2	2		Название темы
19	3	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол

20	4	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
21	5	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
22	6	Обсуждение промежуточных результатов	2	1	1	
23	7	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
24	8	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
25	9	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
26	10	Подготовка исследовательских работ для публикации	2	2		тезисы/статья
27	11	Презентация и подача материала на выступлении	2	2		Презентация
28	12	Подготовка к защите исследовательских проектов	2	2		Анализ работ
29	13	Защита индивидуальных исследовательских проектов	2	2		Анализ работ
30	14	Защита групповых исследовательских проектов	2	2		Анализ работ
<b>5</b>	<b>Подведение итогов</b>					
31	1	Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а	2	2		
32	2	Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности	2	2		
33	3	Выбор тем исследовательских проектов на следующий год	2	2		
34	4	Выбор тем исследовательских проектов на следующий год	2	2		
35	5	Обсуждение достигнутых результатов	2	2		
36	6	Заключительное занятие	2	2		
Итого:			72	52	20	



### Третий уровень/год обучения

№ п/п		Название раздела, темы	Количество часов			Формы аттестации/контроля
			Всего	Теория	Практика	
<b>1</b>		<b>Введение</b>				
1	1	Вводное занятие. Инструктаж по охране труда.	2	2		Доклад на выбор
2	2	Космос – зеркало будущего.	2	2		Доклад на выбор
3	3	Квантовый мир	2	2		Доклад на выбор
4	4	Микросхемотехника	2	2		
5	5	Гибкая печатная электроника	2	2		
6	6	3D-печать и её будущее	2	2		
7	7	Будущее нанoeлектроники	2	2		
<b>2</b>		<b>Научно-техническое творчество в областях исследовательской деятельности</b>				
8	1	Выбор индивидуальных и групповых тем исследований	2	2		
9	2	Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований	2	2		
10	3	Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований	2	2		
11	4	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	
12	5	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	
13	6	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	
14	7	Обсуждение промежуточных результатов	2	2		
15	8	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	
16	9	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	
17	10	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	
18	11	Обсуждение промежуточных результатов	2	2		Название темы
19	12	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	Название темы
20	13	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
21	14	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол

22	15	Обсуждение промежуточных результатов	2	2		отчёт/протокол
23	16	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
24	17	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
25	18	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	2		2	отчёт/протокол
26	19	Подготовка исследовательских работ для публикации	2	2		тезисы/статья
27	20	Презентация и подача материала на выступлении	2	2		Презентация
28	21	Подготовка к защите исследовательских проектов	2	2		Анализ работ
29	22	Защита индивидуальных исследовательских проектов	2	2		Анализ работ
30	23	Защита групповых исследовательских проектов	2	2		Анализ работ
<b>3</b>	<b>Подведение итогов</b>					
31	1	Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а	2	2		
32	2	Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а	2	2		
33	3	Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности	2	2		
34	4	Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности	2	2		
35	5	Обсуждение достигнутых результатов и подведение итогов	2	2		
36	6	Заключительное занятие	2	2		
Итого:			72	48	24	

## **Содержание программы**

### **Первой уровень/год обучения**

#### **1. Введение**

##### **1.1. Введение в «НаноМир». Инструктаж по охране труда**

*Беседа о нанотехнологии. Понятие нано-, положение объектов на шкале размеров, миниатюризация устройств, перечисление основных разделов курса. Инструктаж по технике безопасности при работе с электроприборами, при проведении физических и химических экспериментов.*

*Экскурсия в лабораторию объединения с уточнением техники безопасности для каждой лабораторной установки.*

##### **1.2. Математика: «Функциональный подход»**

*Обсуждение о математике, арифметических операциях, функциях. Определение функций как определённой последовательности операций над 2-мя аргументами.*

##### **1.3. Физика: «Поле – камень преткновения»**

*Объяснение законов физики с точки зрения полей в N-мерном пространстве.*

##### **1.4. Химия: «Как сделать из атомов человека»**

*Возможность создания объекта из отдельных атомов. Состав человека из молекул и атомов.*

##### **1.5. Биология: «Археи и люди»**

*Эволюция человека. Почему бактерии более жизнеспособны нежели человек.*

##### **1.6. Математическая модель общества**

*Попытка представления общества как набор математических функций (формул).*

##### **1.7. Фрактальный мир**

*Фракталы в природе, в математике, в структуре городов.*

#### **2. Теория исследования**

##### **2.1. Лабораторные установки**

*Общие описание лабораторных работ. Принцип проведения исследований. Порядок проведения практических и теоретических разработок.*

*Демонстрация создания магнитной жидкости.*

##### **1.1. Принцип работы оптического микроскопа**

*История создания оптического микроскопа. Описание принципа работы оптического микроскопа. Порядок проведения лабораторной работы.*

*Демонстрация порядка действий при проведении работ на оптическом микроскопе*

##### **2.2. Виды энергии. Способы обработки и передачи.**

*Солнечная, ветряная, атомная и другие виды энергии. Способы конвертации, эффективность (КПД), целесообразность.*

##### **2.3. Пьезоактюаторы**

*Создание. Структура. Где и как используют.*

##### **2.4. Выполнение лабораторных работ по группам.**

*Изучение конструкции лабораторной установки и проведение соответствующих лабораторных работ по бригадам.*

##### **2.5. Выполнение лабораторных работ по группам.**

*Изучение конструкции лабораторной установки и проведение соответствующих лабораторных работ по бригадам.*

##### **2.6. Выполнение лабораторных работ по группам.**

*Изучение конструкции лабораторной установки и проведение соответствующих лабораторных работ по бригадам.*

##### **2.7. Выполнение лабораторных работ по группам.**

*Конструкции лабораторной установки и проведение соответствующих лабораторных работ по бригадам.*

##### **2.8. Оформление отчётов по лабораторным работам**

*Итоговое оформление результатов, полученных в ходе выполнения лабораторных работ для последующей защиты.*

## **2.9. Защита лабораторных работ**

*Защита по группам лабораторных работ. Защита своей точки зрения не полученные результаты.*

## **2. Научно-техническое творчество в областях исследовательской деятельности**

### **2.1. Выбор индивидуальных и групповых тем исследований**

*Обсуждение с группами возможных тем исследовательских проектов, выбор тем исследовательских проектов для всех групп. И уточнения на практике возможности проведения выбранных исследований на установках.*

### **2.2. Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований**

*Обсуждение изменений в формулировки темы, связанные с более детальным изучением литературы по данной тематике, и в соответствии с новоприобретёнными знаниями изменение порядка проведения экспериментов и наблюдений.*

### **2.3. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

### **2.4. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

### **2.5. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

### **2.6. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

### **2.7. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

### **2.8. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

### **2.9. Подготовка исследовательских работ для публикации**

*Представление примера готовых работ, опубликованных ранее. Обсуждение обязательных и дополнительных частей текста публикаций. Составления плана текста работ.*

### **2.10. Презентация и подача материала на выступлении**

*Обсуждения и создания презентаций, для подачи материала перед аудиторией. Обсуждение каркаса необходимых элементов и выбор индивидуальных особенностей в презентации.*

### **2.11. Подготовка к защите исследовательских проектов**

*Рассмотрение обязательных пунктов при защите проектов. Составление каркаса защиты. наброска плана выступления перед аудиторией.*

### **2.12. Защита индивидуальных исследовательских проектов**

*Выступление обучающихся с презентацией со своими индивидуальными проектами. Обсуждение достигнутых результатов и уточнение отдельных частей по вопросам от слушателей.*

### **2.13. Защита групповых исследовательских проектов**

*Выступление групп, обучающихся с презентацией с групповыми индивидуальными проектами. Обсуждение достигнутых результатов и уточнение отдельных частей по вопросам от слушателей.*

## **3. Инструменты нанотехнологии будущего**

### **3.1. Нанопинцет. Наноскальпель. Наношприц**

*Определение. Основные характеристики. Бытовое и научное применение.*

### **3.2. Нанотермометр, Нановесы**

*Определение. Основные характеристики. Бытовое и научное применение.*

### **3.3. Наноинденитор, Контеливер**

*Определение. Основные характеристики. Бытовое и научное применение.*

### **3.4. Обсуждение возможностей миниатюризации различных устройств/приборов и возникающих при этом проблем**

*Выделение общих проблем связанных с уменьшением устройств до размеров «нано».*

## **4. Подведение итогов**

### **4.1. Обсуждение достигнутых результатов**

*Выявление проблем и используемых способов их решения, затронутых на первом году обучения в объединении по нанотехнологии.*

### **4.2. Заключительное занятие**

*Подведение итогов.*

## **Второй уровень/год обучения**

### **1. Введение**

#### **1.1. Вводное занятие. Инструктаж по охране труда**

*Беседа о нанотехнологии. Инструктаж по технике безопасности при работе с электроприборами, при проведении физических и химических экспериментов.*

*Экскурсия в лабораторию объединения с уточнением техники безопасности для каждой лабораторной установки.*

### **2. Методы анализа размерных и структурированных материалов**

#### **2.1. Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

#### **2.2. Методы статического и динамического светорассеяния**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

#### **2.3. Вибрационный и СКВИД магнетометры**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

#### **2.4. Спектроскопия комбинационного рассеяния**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

#### **2.5. Определение элементного состава и структуры вещества (РСМА, Оже, РФА, ДБЭ)**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

#### **2.6. Методы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

### **3. Методы синтеза размерных и структурированных материалов**

#### **3.1. Резистивное, магнетронное, электронно-лучевое напыление**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

#### **3.2. Газо- и жидкофазная эпитаксия**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

#### **3.3. Самоорганизация и самосборка**

*Технологии самосборки. Перспективные направления. Белки.*

#### **3.4. Области применения материалов и устройств**

*Объединение знаний о материалах и устройствах. Выделение классификации и взаимосвязи методов создания и получаемых свойств материалов.*

#### **3.5. Выполнение лабораторных работ по группам.**

*Изучение конструкции лабораторной установки и проведение соответствующих лабораторных работ по бригадам.*

#### **3.6. Выполнение лабораторных работ по группам.**

*Изучение конструкции лабораторной установки и проведение соответствующих лабораторных работ по бригадам.*

#### **3.7. Выполнение лабораторных работ по группам.**

*Изучение конструкции лабораторной установки и проведение соответствующих лабораторных работ по бригадам.*

#### **3.8. Оформление отчётов по лабораторным работам**

*Итоговое оформление результатов, полученных в ходе выполнения лабораторных работ для последующей защиты.*

#### **3.9. Защита лабораторных работ**

*Защита по группам лабораторных работ. Защита своей точки зрения не полученные результаты.*

### **4. Научно-техническое творчество в областях исследовательской деятельности**

#### **4.1. Выбор индивидуальных и групповых тем исследований**

*Обсуждение с группами возможных тем исследовательских проектов, выбор тем исследовательских проектов для всех групп. И уточнения на практике возможности проведения выбранных исследований на установках.*

#### **4.2. Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований**

*Обсуждение изменений в формулировке темы, связанные с более детальным изучением литературы по данной тематике, и в соответствии с новоприобретёнными знаниями изменение порядка проведения экспериментов и наблюдений.*

**4.3. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

**4.4. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

**4.5. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

**4.6. Обсуждение промежуточных результатов**

*При необходимости изменение название темы для возможного дальнейшего исследования. Обсуждение дальнейшего будущего тем исследований.*

**4.7. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

**4.8. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

**4.9. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

**4.10. Подготовка исследовательских работ для публикации**

*Обсуждение обязательных и дополнительных частей текста публикаций. Представление примера готовых работ, опубликованных ранее.*

**4.11. Презентация и подача материала на выступлении**

*Обсуждения и создания презентаций, для подачи материала перед аудиторией. Обсуждение каркаса необходимых элементов и выбор индивидуальных особенностей в презентации.*

**4.12. Подготовка к защите исследовательских проектов**

*Рассмотрение обязательных пунктов при защите проектов. Составление каркаса защиты.*

**4.13. Защита индивидуальных исследовательских проектов**

*Выступление обучающихся с презентацией со своими индивидуальными проектами.*

**4.14. Защита групповых исследовательских проектов**

*Выступление групп обучающихся с презентацией с групповыми индивидуальными проектами.*

**5. Подведение итогов**

**5.1. Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а**

*Проведение сравнительного анализа между оформлением и содержанием тем исследований, проведённых в лаборатории и проводимых в университетах.*

**5.2. Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности**

*Обсуждение с группами возможных тем исследовательских проектов, выбор тем исследовательских проектов для всех групп. И уточнения на практике возможности проведения выбранных исследований на установках.*

**5.3. Выбор тем исследовательских проектов на следующий год**

*Обсуждение с группами возможных тем исследовательских проектов, выбор тем исследовательских проектов для всех групп. И уточнения на практике возможности проведения выбранных исследований на установках.*

**5.4. Выбор тем исследовательских проектов на следующий год**

*Обсуждение с группами возможных тем исследовательских проектов, выбор тем исследовательских проектов для всех групп. И уточнения на практике возможности проведения выбранных исследований на установках.*

**5.5. Обсуждение достигнутых результатов**

*Выявление проблем и используемых способов их решения, затронутых на первом году обучения в объединении по нанотехнологии.*

**5.6. Заключительное занятие**

*Подведение итогов.*



### **Третий уровень/год обучения**

#### **1. Введение**

##### **1.1. Вводное занятие. Инструктаж по охране труда.**

*Беседа о нанотехнологии. Инструктаж по технике безопасности при работе с электроприборами, при проведении физических и химических экспериментов. Экскурсия в лабораторию объединения с уточнением техники безопасности для каждой лабораторной установки.*

##### **1.2. Космос – зеркало будущего.**

*Космос безграничен и всё что случится, уже случилось где-то в космосе.*

##### **1.3. Квантовый мир**

*Фантастика и реальность. Поднятие вопроса о большей пустоте внутри материи.*

##### **1.4. Микросхемотехника**

*История. Особенности развития.*

##### **1.5. Гибкая печатная электроника**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

##### **1.6. 3D-печать и её будущее**

*Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.*

##### **1.7. Будущее нанoeлектроники**

*Беседа о будущем нанoeлектроники. Перспективы развития. И окончания пути миниатюризации всего и вся.*

#### **2. Научно-техническое творчество в областях исследовательской деятельности**

##### **2.1. Выбор индивидуальных и групповых тем исследований**

*Обсуждение с группами возможных тем исследовательских проектов, выбор тем исследовательских проектов для всех групп. И уточнения на практике возможности проведения выбранных исследований на установках.*

##### **2.2. Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований**

*Обсуждение изменений в формулировки темы, связанные с более детальным изучением литературы по данной тематике, и в соответствии с новоприобретёнными знаниями изменение порядка проведения экспериментов и наблюдений.*

##### **2.3. Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований**

*Обсуждение изменений в формулировки темы, связанные с более детальным изучением литературы по данной тематике, и в соответствии с новоприобретёнными знаниями изменение порядка проведения экспериментов и наблюдений.*

##### **2.4. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

##### **2.5. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

##### **2.6. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

##### **2.7. Обсуждение промежуточных результатов**

*При необходимости изменение название темы для возможного дальнейшего исследования. Обсуждение дальнейшего будущего тем исследований.*

##### **2.8. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**

*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*

- 2.9. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**  
*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*
- 2.10. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**  
*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*
- 2.11. Обсуждение промежуточных результатов**  
*При необходимости изменение название темы для возможного дальнейшего исследования. Обсуждение дальнейшего будущего тем исследований.*
- 2.12. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**  
*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*
- 2.13. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**  
*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*
- 2.14. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**  
*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*
- 2.15. Обсуждение промежуточных результатов**  
*При необходимости изменение название темы для возможного дальнейшего исследования. Обсуждение дальнейшего будущего тем исследований.*
- 2.16. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**  
*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*
- 2.17. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**  
*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*
- 2.18. Проведение экспериментальной части выбранных исследований**  
*В зависимости от поставленной темы для проведения исследований и составленного плана, у каждой группы и/или отдельных обучающихся индивидуальное планирование по за ранее составленному плану.*
- 2.19. Подготовка исследовательских работ для публикации**  
*Обсуждение обязательных и дополнительных частей текста публикаций.  
Представление примера готовых работ, опубликованных ранее.*
- 2.20. Презентация и подача материала на выступлении**  
*Обсуждения и создания презентаций, для подачи материала перед аудиторией.  
Обсуждение каркаса необходимых элементов и выбор индивидуальных особенностей в презентации.*
- 2.21. Подготовка к защите исследовательских проектов**  
*Рассмотрение обязательных пунктов при защите проектов. Составление каркаса защиты.*
- 2.22. Защита индивидуальных исследовательских проектов**  
*Выступление обучающихся с презентацией со своими индивидуальными проектами.*
- 2.23. Защита групповых исследовательских проектов**

*Выступление групп обучающихся с презентацией с групповыми индивидуальными проектами.*

### **3. Подведение итогов**

**3.1. Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а**  
*Проведение сравнительного анализа между оформлением и содержанием тем исследований, проведённых в лаборатории и проводимых в университетах.*

**3.2. Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а**  
*Проведение сравнительного анализа между оформлением и содержанием тем исследований, проведённых в лаборатории и проводимых в университетах.*

**3.3. Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности**  
*Обсуждение с группами возможных тем исследовательских проектов, выбор тем исследовательских проектов для всех групп. И уточнения на практике возможности проведения выбранных исследований на установках.*

**3.4. Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности**  
*Обсуждение с группами возможных тем исследовательских проектов, выбор тем исследовательских проектов для всех групп. И уточнения на практике возможности проведения выбранных исследований на установках.*

**3.5. Обсуждение достигнутых результатов и подведение итогов**  
*Выявление проблем и используемых способов их решения, затронутых на первом году обучения в объединении по нанотехнологии.*

**3.6. Заключительное занятие**  
*Подведение итогов.*

## **Организационно - педагогические условия**

### **Условия реализации программы**

#### **Условие набора в коллектив**

Принимаются все желающие (дополнительное описание есть в пункте «Адресат программы»).

Предварительная дополнительная подготовка необязательна для первого и второго уровня обучения. Для поступления на третий уровень обучения, требуется умение работать на установках/приборах, имеющихся в наличии в лаборатории (обучение происходит на первом и/или втором году обучения).

Объем и срок реализации программы

Программа рассчитана на 3 года обучения.

#### **Форма и режим занятий:**

Год/уровень обучения	Уровень обучения	Общее количество часов	Количество часов в неделю	Количество занятий в неделю
1 год/уровень	1	72	2	1
2 год/уровень	2	72	2	1
3 год/уровень	3	72	2	1
<i>Дополнительный модуль: «Биология мозга»</i>				
1 год	1	36	1	1
2 год	1	36	1	1

#### **Условия формирования групп**

- участники групповых исследований должны находиться в одной группе;
- третий год обучения: все участники должны уметь работать на оборудовании, требуемом для проведения их исследования (исключения составляет те случае, когда из исследования можно выделить полноценное исследование

более маленького уровня, которое можно передать младшим группам, таким образом включив их результаты в своё исследование).

### ***Количество детей в группе***

Размер группы может быть от 6 до 15 учащихся. Такое количество учащихся вызвано ограниченным количеством рабочих мест в лаборатории школы с указанным материально-техническим обеспечением.

### ***Особенности организации образовательного процесса***

Программа поделена на три года обучения, которые совпадают с уровнями обучения при последовательном прохождении. В первом году предоставляется общие знания по направлению «нанотехнология». Во второй год обучения уделяется особое внимание методам получения и исследования материалов, что требует больших усилий для осознания рассматриваемых тем. Третий год обучения полностью отдается практической реализации целенаправленных учащихся, и посвящается выполнению исследовательских проектов. При желании учащиеся могут повторно записываться на третий год, после прохождения всего курса образовательной программы, для реализации своих интересов в исследовательской области.

### ***Формы проведения занятий***

Основные формы проведения занятий:

- Фронтальные
  - **Лекции.** Изучение нового материала, и краткие ответы на вопросы учащихся либо если ответ требует длительного объяснения указание где и как можно найти ответ на поставленные учащимися вопросы.
  - **Конференции.** Учащиеся выступают с темой, самостоятельно изученной и/или выполненным индивидуальным/групповым исследовательским проектом.
- Коллективные
  - **Обсуждения.** Обсуждения тем исследований, лекций, которые следует провести в рамках объединения, как на следующий год, так и в этом году обучения.
  - **Семинары.** Закрепляется теоретический материал, проверяется его знание, учащиеся приобретают навыки публичных выступлений, аргументированной защиты своей точки зрения
- Групповые
  - **Интегрированные и комбинированные занятия.** изучается и закрепляется теоретический материал, устанавливаются межпредметные связи.
  - **Лабораторные работы.** Получение допуска к лабораторной работе, её выполнение и обсуждение полученных результатов
  - **Исследовательские проекты (групповые).** реализуются основные этапы исследования: выбор предмета и объекта исследования, анализ литературных источников, определение актуальности проблемы, выработка гипотезы, выбор метода исследования, сбор и обработка данных, анализ результатов, подготовка отчета, представление результатов
- Индивидуальные
  - **Исследовательские проекты (индивидуальные).** реализуются основные этапы исследования: выбор предмета и объекта исследования, анализ литературных источников, определение актуальности проблемы, выработка гипотезы, выбор метода

исследования, сбор и обработка данных, анализ результатов, подготовка отчета, представление результатов

- **Домашние задания.** Выполняемые совместно с родителями (с участием родителей). Определенные задания выполняются учащимися дома совместно с родителями, после чего происходит презентация полученных результатов

Дополнительные формы проведения занятий:

- **Экскурсии.** Учащиеся изучают материалы о месте посещения, проводится экскурсия, проводится обсуждение проведенной экскурсии
- **Защиты проектов.** Проводится защита проектов в форме отдельных выступлений или конференции в рамках школьных занятий на объединении.
- **Конференции** (по желанию с участием родителей). Выезд на конференции для участия в качестве выступающих и/или слушателей.
- **Зачёты.** Устные, письменные зачеты или демонстрации навыков работы с приборами на тренажере.
- **Публикации.** Написание тезисов/статьи, и последующей публикацией в научных или школьных журналах

#### ***Формы организации деятельности учащихся на занятиях***

- Фронтальные: Лекции, Конференции;
- Коллективные: Обсуждения, Семинары;
- Групповые: Интегрированные и Комбинированные занятия, Лабораторные работы, Исследовательские проекты;
- Индивидуальные: Исследовательские проекты, Домашние задания.

#### ***Материально-техническое оснащение***

Для реализации данной программы необходим:

- кабинет<sup>1</sup> для проведения
  - теоретических занятий (рекомендуется наличие видеопроектора и/или интерактивной доски);
  - лабораторных работ;
- лабораторный комплекс<sup>2</sup>;
  - FemtoScan (АСМ)
  - 3D-моделирование
  - Рекуперация энергии
  - Лаборатория на чипе
  - Пьезоактюаторы
  - Монитор ЭЭГ (Пример: BioRadio Profi Set).

#### **Планируемые результаты**

- Личностные
  - развитие исследовательского мышления;
  - развитие навыков организации исследовательской деятельности;
  - приобретения навыков оценивания хода и результатов своей деятельности и деятельности других;
  - развитие познавательных потребностей и способностей учащихся;

<sup>1</sup> соответствующий санитарно-гигиеническим требованиям.

<sup>2</sup> в состав входит всё требуемое оборудование и УМК для проведения лабораторных работ

- развитие мелкой моторики, внимательности, аккуратности и изобретательности;
- развитие умения работать с информацией и современными образовательными и информационными технологиями;
- развитие креативного, логического, критического мышления и пространственного воображения обучающихся;
- развитие навыков презентации и защиты собственных результатов, рефлексии;
- развитие коммуникативных навыков
  
- учащиеся будут стремиться к исследовательской деятельности и изучению нанотехнологий;
- будет сформирован и развит интерес к естественным наукам;
- будет развита целеустремленность, способность к протяженному действию, ответственность, самостоятельность, инициативность;
- будут сформированы навыки проектного мышления;
- будут развиты навыки работы в команде;
- будет сформировано понимание роли естественных наук в жизни и развитии общества, понимание перспектив ее развития;
  
- **Метапредметные результаты**
  - расширение представлений о естественнонаучной картине мира на примере изучения нанообъектов и их сравнения с макрообъектами;
  - расширение представлений о взаимодействии человека с окружающей средой, возможностях и способах охраны природы;
  - способность доказывать и применять фундаментальные физические законы;
  - расширение представлений о нанотехнологиях и их месте в науке и производстве;
  - приобретение опыта проведения инструментального эксперимента;
  - укрепление межпредметных связей с физикой, химией, биологией, информатикой и математикой;
  
- **Предметные результаты**
  - знание понятий наноматериал, нанотехнологий и умение проводить примеры наноматериалов;
  - знание характеристик различных методов исследования наноматериалов, описывать применяемые в них технологии, их преимущества и недостатки;
  - приобретение знаний о классификации нанообъектов по размеру, размерности;
  - получение навыков работы на оптическом микроскопе;
  - приобретение знаний о базовых методах диагностики нанообъектов, получение навыков использования методов СЗМ;
  - сформированные представления о типах взаимодействия зонда с объектом;
  - приобретение навыков обработки результатов исследований, выполненных с применением сканирующего зондового микроскопа;
  - знание понятий ЭЭГ и ритмов мозга;
  - знание характеристик ЭЭГ, методов исследования, описывать полученные результаты.

## Система оценки результатов освоения образовательной программы

### Способы проверки

формы проверки промежуточных образовательных результатов

- проведение промежуточных зачетов, тестов и самостоятельных работ;
- проверка навыков проведения исследований с использованием сканирующего зондового микроскопа на тренажере;
- проверка навыков проведения исследований с использованием оптического микроскопа;
- совместное решение задач по определению свойств нанообъектов;
- выполнение индивидуальных и групповых лабораторных работ;
- выступление обучающихся на внешних конференциях и олимпиадах;
- проведение внутренних конференций с участием родителей;
- проведение открытых занятий, на которых учащиеся демонстрируют свои навыки работы со сканирующим зондовым микроскопом;
- проведение открытых занятий, на которых учащиеся демонстрируют свои навыки работы с оптическим микроскопом;

формы проверки развивающих и воспитательных результатов

- беседы на тему заинтересованности обучающихся в дальнейшем изучении естественных наук;
- беседы на тему роли естественных наук в жизни и развитии общества;
- наблюдение стремления обучающихся к самостоятельной и творческой работе, совершенствованию своих навыков;
- наблюдение организации работы и коммуникации при выполнении групповых заданий;
- наблюдение развития проектного мышления, мелкой моторики, внимательности, аккуратности и изобретательности;
- наблюдение регулярной и интенсивной работы над заданиями;
- выступление обучающихся на внешних и внутренних конференциях и олимпиадах;
- анкетирование обучающихся для выявления и повторения наименее понятных мест;
- анкетирование обучающихся для выявления предпочтений в выборе тем, индивидуальных проектов;
- анкетирование обучающихся и взаимное оценивание для развития навыков самооценивания и рефлексии;

### Критерии оценки образовательных результатов

- низкий уровень
  - среднее значение результатов промежуточных зачетов, тестов и самостоятельных работ составляет более 60%;
  - демонстрационные упражнения на тренажере выполняются, но с ошибками;
  - обучающийся выполнил не менее 60% лабораторных работ;
  - обучающийся сдал зачеты по технике безопасности и правилам проведения физических и химических лабораторных работ;
- средний уровень, расширение требований к низкому уровню в пунктах:
  - среднее значение результатов промежуточных зачетов, тестов и самостоятельных работ составляет более 70% для первого года обучения и более 80% для второго и третьего;

- демонстрационные упражнения на тренажере выполняются с незначительными ошибками;
- обучающийся выполнил не менее 80% лабораторных работ;
- обучающийся принял участие во внутренней конференции;
- высокий уровень, расширение требований к среднему уровню в пунктах:
  - выполнены все индивидуальные и групповые лабораторные работы;
  - среднее значение результатов промежуточных зачетов, тестов и самостоятельных работ составляет более 80% для первого года обучения и более 90% для второго и третьего;
  - демонстрационные упражнения на тренажере выполняются без ошибок;
  - обучающиеся в составе команд решают большинство задач по нанотехнологиям без помощи педагога (но возможно использование справочных материалов и сети Интернет);
  - обучающийся принял участие во внешней конференции или олимпиаде регионального уровня по соответствующему профилю;

критерии оценки воспитательных и развивающих результатов

- низкий уровень
  - обучающийся необходима значительная помощь при работе над индивидуальными проектами;
  - обучающийся нуждается в помощи при выполнении самостоятельной работы или при поиске информации;
  - наблюдается регулярная работа над обязательными заданиями;
  - наблюдается развитие мелкой моторики, внимательности, аккуратности;
  - наблюдается развитие навыков самооценки и рефлексии;
- средний уровень, расширение требований к низкому уровню в пунктах:
  - наблюдается регулярная работа над некоторыми дополнительными заданиями, интересными для обучающегося;
  - обучающемуся необходима незначительная помощь при работе над индивидуальными проектами;
  - обучающиеся проявляют себя в творческой и самостоятельной работе;
  - обучающиеся заинтересованы в совершенствовании своих навыков;
  - обучающиеся получают опыт выступления на внешних и внутренних конференциях и олимпиадах;
- высокий уровень, расширение требований к среднему уровню в пунктах:
  - наблюдается регулярная работа над большинством дополнительных заданий;
  - обучающиеся успешно выступают на внешних и внутренних конференциях и олимпиадах;
  - обучающиеся способны самостоятельно организовать работу над исследовательским проектом;
  - обучающиеся заинтересованы в изучении естественных наук и изучают дополнительный материал в свободное время;

#### ***Формы и методы подведения итогов***

- выполнение и защита индивидуальных исследовательских проектов;
- подготовка отчетов о проведении индивидуальных исследовательских проектов;



- проведение зачетов по изученному теоретическому материалу (возможно освобождение в случае успешного выступления на профильных конференциях и олимпиадах);
- проведение зачетных лабораторных работ по изученным методам работы с оптическим микроскопом и технике безопасности выполнения физических и химических экспериментов;
- проведение зачетных лабораторных работ по изученным методам работы со сканирующим зондовым микроскопом и технике безопасности выполнения физических и химических экспериментов;
- организация внутренних конференций и олимпиад;

### Календарный учебный график

на 2021 – 2022 учебный год

Год обучения	Уровень	Дата занятий		Количество учебных			Регим занятий
		начала	окончания	недель	дней	часов	
1 год	1	02.09.21	29.05.22	36	36	72	
2 год	2	02.09.22	29.05.22	36	36	72	
3 год	3	02.09.22	29.05.22	36	36	72	
<p><b>Каникулы</b></p> <p><i>Осенние с 25.10.2021-03.11.2021, 10 дней</i>  <i>Зимние с 29.12.2021 – 09.01.2022, 12 дней</i>  <i>Весенние с 24.03.2022- 02.04.2022, 8 дней</i></p> <p><i>Дополнительные каникулы для 1 классов с 14.02.2022 – 20.02.2022, 7 дней</i></p> <p><b>Праздничные дни:</b></p> <p>4 ноября-7 ноября (4 дн.),  31 декабря-9 января (10 дн.),  23 февраля (1 дн.),  5 марта-8 марта (4 дн.),  30 апреля-3 мая (4 дн.),  7 мая-10 мая (4 дн.)</p> <p><b>Дни знаний и Дни здоровья</b></p> <p>01.09.2021 для 1-11-х кл.</p>							

17.09.2021, – для 1-4-х кл, 5-7-х кл.  
17-18.09.2021 – для 8-11 кл.

## Оценочные и методические материалы

### Способы проверки

формы проверки личностных и предметных результатов

- проведение промежуточных зачетов, тестов и самостоятельных работ;
- проверка навыков проведения исследований с использованием сканирующего зондового микроскопа на тренажере;
- проверка навыков проведения исследований с использованием оптического микроскопа;
- совместное решение задач по определению свойств нанообъектов;
- выполнение индивидуальных и групповых лабораторных работ;
- выступление обучающихся на внешних конференциях и олимпиадах;
- проведение внутренних конференций с участием родителей;
- проведение открытых занятий, на которых учащиеся демонстрируют свои навыки работы со сканирующим зондовым микроскопом;
- проведение открытых занятий, на которых учащиеся демонстрируют свои навыки работы с оптическим микроскопом;

формы проверки предметных и метапредметных результатов

- беседы на тему заинтересованности обучающихся в дальнейшем изучении естественных наук;
- беседы на тему роли естественных наук в жизни и развитии общества;
- наблюдение стремления обучающихся к самостоятельной и творческой работе, совершенствованию своих навыков;
- наблюдение организации работы и коммуникации при выполнении групповых заданий;
- наблюдение развития проектного мышления, мелкой моторики, внимательности, аккуратности и изобретательности;
- наблюдение регулярной и интенсивной работы над заданиями;
- выступление обучающихся на внешних и внутренних конференциях и олимпиадах;
- анкетирование обучающихся для выявления и повторения наименее понятных мест;
- анкетирование обучающихся для выявления предпочтений в выборе тем, индивидуальных проектов;
- анкетирование обучающихся и взаимное оценивание для развития навыков самооценивания и рефлексии;

### Входной контроль

Выполнения любого из указанного пункта в соответствующем годе обучения.

*Первый год/уровень обучения:*

- без проведения контрольных заданий на выяснения уровня подготовки учащегося;

*Второй год/уровень обучения:*

- собеседование с преподавателем, и представления плана проведения исследования;

#### **Третий год обучения:**

- умение работать с установками, представленными в лаборатории;
- составленный план исследований;
- указание исследований, которые будут делегированы младшим группам для проведения практической части;

Дополнительные модули:

#### **Биология мозга. 1 год**

- прохождение любого из первых трёх годов/уровней;
- обучение в классах биологической направленности;
- обучение в классах естественнонаучной направленности;

#### **Биология мозга. 2 год**

- прохождение 1 года обучения модуля «Биология мозга»;
- знание основ волновой активности мозга;
- план-проект исследование активности головного мозга;

## **Текущий и промежуточный контроль**

### **Личностные результаты**

- низкий уровень
  - среднее значение результатов промежуточных зачетов, тестов и самостоятельных работ составляет более 60%;
  - демонстрационные упражнения на тренажере выполняются, но с ошибками;
  - обучающийся выполнил не менее 60% лабораторных работ;
  - обучающийся сдал зачеты по технике безопасности и правилам проведения физических и химических лабораторных работ;
- средний уровень, расширение требований к низкому уровню в пунктах:
  - среднее значение результатов промежуточных зачетов, тестов и самостоятельных работ составляет более 70% для первого года обучения и более 80% для второго и третьего;
  - демонстрационные упражнения на тренажере выполняются с незначительными ошибками;
  - обучающийся выполнил не менее 80% лабораторных работ;
  - обучающийся принял участие во внутренней конференции;
- высокий уровень, расширение требований к среднему уровню в пунктах:
  - выполнены все индивидуальные и групповые лабораторные работы;
  - среднее значение результатов промежуточных зачетов, тестов и самостоятельных работ составляет более 80% для первого года обучения и более 90% для второго и третьего;
  - демонстрационные упражнения на тренажере выполняются без ошибок;
  - обучающиеся в составе команд решают большинство задач по нанотехнологиям без помощи педагога (но возможно использование справочных материалов и сети Интернет);
  - обучающийся принял участие во внешней конференции или олимпиаде регионального уровня по соответствующему профилю;

### **Предметный и метапредметные результаты**

- низкий уровень

- обучающийся необходима значительная помощь при работе над индивидуальными проектами;
- обучающийся нуждается в помощи при выполнении самостоятельной работы или при поиске информации;
- наблюдается регулярная работа над обязательными заданиями;
- наблюдается развитие мелкой моторики, внимательности, аккуратности;
- наблюдается развитие навыков самооценки и рефлексии;
- средний уровень, расширение требований к низкому уровню в пунктах:
  - наблюдается регулярная работа над некоторыми дополнительными заданиями, интересными для обучающегося;
  - обучающемуся необходима незначительная помощь при работе над индивидуальными проектами;
  - обучающиеся проявляют себя в творческой и самостоятельной работе;
  - обучающиеся заинтересованы в совершенствовании своих навыков;
  - обучающиеся получают опыт выступления на внешних и внутренних конференциях и олимпиадах;
- высокий уровень, расширение требований к среднему уровню в пунктах:
  - наблюдается регулярная работа над большинством дополнительных заданий;
  - обучающиеся успешно выступают на внешних и внутренних конференциях и олимпиадах;
  - обучающиеся способны самостоятельно организовать работу над исследовательским проектом;
  - обучающиеся заинтересованы в изучении естественных наук и изучают дополнительный материал в свободное время;

## **Итоговый контроль**

- выполнение и защита индивидуальных исследовательских проектов;
- подготовка отчетов о проведении индивидуальных исследовательских проектов;
- проведение зачетов по изученному теоретическому материалу (возможно освобождение в случае успешного выступления на профильных конференциях и олимпиадах);
- проведение зачетных лабораторных работ по изученным методам работы с оптическим микроскопом и технике безопасности выполнения физических и химических экспериментов;
- проведение зачетных лабораторных работ по изученным методам работы со сканирующим зондовым микроскопом и технике безопасности выполнения физических и химических экспериментов.

Итоговая аттестация не предусмотрена.

## **Возможные формы фиксации результатов**

- Педагогическое наблюдение
- «Карта учета творческих достижений учащихся» (участие в концертах, праздниках, фестивалях);
- Анкета для родителей «Отношение родительской общественности к качеству образовательных услуг и степень удовлетворенности образовательным процессом в объединении»;
- Анкета для учащихся «Изучение интереса к занятиям у учащихся объединения»;
- Бланки тестовых заданий по темам программы;
- Видеозаписи и фотографии выступлений коллектива, участия в соревнованиях, выставках и т.п.;

## **Список литературы**

### **Перечень литературы для педагога**

1. Алфимова М.М. Занимательные нанотехнологии. – Москва, Бином, 2010.
2. Богданов К.Ю. Что могут нанотехнологии? – Москва, Просвещение, 2009
3. Еремин В.В., Дроздов А.А. Нанохимия и нанотехнология ( Нанохимия и нанотехнологии, элективный курс для учащихся 10 – 11 классов), Москва, Дрофа, 2009
4. Кабаяси Н. Введение в нанотехнологию. – Москва, Бином, 2007.
5. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. - Москва, Техносфера, 2005
6. Сканирующий зондовый микроскоп NanoEducator. Руководство пользователя. «НТ-МДТ», 2006

### **Перечень литературы для детей и родителей**

1. Алфимова М.М. Занимательные нанотехнологии. – Москва, Бином, 2010.
2. Богданов К.Ю. Что могут нанотехнологии? – Москва, Просвещение, 2009
3. Кабаяси Н. Введение в нанотехнологию. – Москва, Бином, 2007. «Нанотехнологии. Азбука для всех». Сборник статей под редакцией Ю. Третьякова, М.: Физматлит, 2007
4. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии, Москва, Техносфера, 2006
5. Хартман У. Очарование нанотехнологии, Москва, Бином, 2008

### **Интернет-ресурсы**

1. <http://www.nanometer.ru> - сайт нанотехнологического сообщества «Нанометр»

2. <http://www.nanorf.ru/> - журнал «Российские нанотехнологии»
3. <http://window.edu.ru/> - единое окно доступа к образовательным ресурсам
4. <http://www.ntmdt.ru/> - сайт производителя СЗМ NanoEducator.

.

## Приложение

### Календарно тематический план

#### Первый уровень/год обучения

№ п/п	Дата	Время	Форма занятия	Кол-во часов	Тема занятия	Место проведения	Форма контроля
<b>1</b>					<b>Введение</b>		
1	1	05.09.2020	интегрированное	2	Введение в «НаноМир». Инструктаж по охране труда	4.2.20	
2	2	12.09.2020	интегрированное	2	Математика: «Функциональный подход»	4.2.20	доклад
3	3	19.09.2020	интегрированное	2	Физика: «Поле – камень преткновения»	4.2.20	доклад
4	4	26.09.2020	интегрированное	2	Химия: «Как сделать из атомов человека»	4.2.20	доклад
5	5	03.10.2020	интегрированное	2	Биология: «Археи и люди»	4.2.20	доклад
6	6	10.10.2020	интегрированное	2	Математическая модель общества	4.2.20	доклад
7	7	17.10.2020	интегрированное	2	Фрактальный мир	4.2.20	доклад
<b>2</b>					<b>Теория исследования</b>		
8	1	24.10.2020	интегрированное, комбинированное	2	Лабораторные установки	4.2.20	
9	2	31.10.2020	интегрированное	2	Принцип работы оптического микроскопа	4.2.20	
10	3	07.11.2020	интегрированное	2	Виды энергии. Способы обработки и передачи.	4.2.20	
11	4	14.11.2020	интегрированное	2	Пьезоактюаторы	4.2.20	
12	5	21.11.2020	лабораторная работа	2	Выполнение лабораторных работа по группам.	4.2.20	Отчёт
13	6	28.11.2020	лабораторная работа	2	Выполнение лабораторных работа по группам.	4.2.20	Отчёт
14	7	05.12.2020	лабораторная работа	2	Выполнение лабораторных работа по группам.	4.2.20	Отчёт

15	8	12.12.2020		лабораторная работа	2	Выполнение лабораторных работа по группам.	4.2.20	Отчёт
16	9	19.12.2020		интегрированное, комбинированное	2	Оформление отчётов по лабораторным работам	4.2.20	Доклад
17	10	26.12.2020		защита лаб.работ	2	Защита лабораторных работ	4.2.20	Доклад
<b>3</b>	<b>Научно-техническое творчество в областях исследовательской деятельности</b>							
18	1	16.01.2021		интегрированное, комбинированное	2	Выбор индивидуальных и групповых тем исследований	4.2.20	темы
19	2	23.01.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований	4.2.20	темы
20	3	30.01.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
21	4	06.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
22	5	13.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
23	6	20.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
24	7	27.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
25	8	06.03.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
26	9	13.03.2021		интегрированное, комбинированное	2	Подготовка исследовательских работ для публикации	4.2.20	тезисы/статья
27	10	20.03.2021		интегрированное, комбинированное	2	Презентация и подача материала на выступлении	4.2.20	презентация
28	11	27.03.2021		интегрированное, комбинированное	2	Подготовка к защите исследовательских проектов	4.2.20	анализ работ



29	12	03.04.2021		защита проектов	2	Защита индивидуальных исследовательских проектов	4.2.20	анализ работ
30	13	10.04.2021		защита проектов	2	Защита групповых исследовательских проектов	4.2.20	анализ работ
<b>4</b>	<b>Инструменты нанотехнологии будущего</b>							
31	1	17.04.2021		интегрированное	2	Нанопинцет. Наноскальпель. Наношприц	4.2.20	
32	2	24.04.2021		интегрированное	2	Нанотермометр, Нановесы	4.2.20	
33	3	01.05.2021		интегрированное	2	Наноиндентор, Контеливер	4.2.20	
34	4	08.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение возможностей миниатюризации различных устройств/приборов и возникающих при этом проблем	4.2.20	
<b>5</b>	<b>Подведение итогов</b>							
35	5	15.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение достигнутых результатов	4.2.20	
36	6	22.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Заключительное занятие	4.2.20	

**Второй уровень/год обучения**

№ п/п	Дата	Время	Форма занятия	Кол-во часов	Тема занятия	Место проведения	Форма контроля
<b>1 Введени</b>							
1	1	05.09.2020	интегрированное	2	Вводное занятие. Инструктаж по охране труда	4.2.20	
<b>2 Методы анализа размерных и структурированных материалов</b>							
2	1	12.09.2020	интегрированное	2	Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия	4.2.20	
3	2	19.09.2020	интегрированное	2	Методы статического и динамического светорассеяния	4.2.20	
4	3	26.09.2020	интегрированное	2	Вибрационный и СКВИД магнетометры	4.2.20	
5	4	03.10.2020	интегрированное	2	Спектроскопия комбинационного рассеяния	4.2.20	
6	5	10.10.2020	интегрированное	2	Определение элементного состава и структуры вещества (РСМА, Оже, РФА, ДБЭ)	4.2.20	
7	6	17.10.2020	интегрированное	2	Методы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)	4.2.20	
<b>3 Методы синтеза размерных и структурированных материалов</b>							
8	1	24.10.2020	интегрированное	2	Резистивное, магнетронное, электронно-лучевое напыление	4.2.20	
9	2	31.10.2020	интегрированное	2	Газо- и жидкофазная эпитаксия	4.2.20	
10	3	07.11.2020	интегрированное	2	Самоорганизация и самосборка	4.2.20	
11	4	14.11.2020	интегрированное, комбинированное	2	Области применения материалов и устройств	4.2.20	
12	5	21.11.2020	лабораторная работа	2	Выполнение лабораторных работа по группам.	4.2.20	
13	6	28.11.2020	лабораторная работа	2	Выполнение лабораторных работа по группам.	4.2.20	отчёт/протокол
14	7	05.12.2020	лабораторная работа	2	Выполнение лабораторных работа по группам.	4.2.20	отчёт/протокол

15	8	12.12.2020		интегрированное, комбинированное	2	Оформление отчётов по лабораторным работам	4.2.20	отчёт/протокол
16	9	19.12.2020		защита лаб.работ	2	Защита лабораторных работ	4.2.20	отчёт
<b>4</b>	<b>Научно-техническое творчество в областях исследовательской деятельности</b>							
17	1	26.12.2020		интегрированное, комбинированное	2	Выбор индивидуальных и групповых тем исследований	4.2.20	
18	2	16.01.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований	4.2.20	Название темы
19	3	23.01.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	Название темы
20	4	30.01.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
21	5	06.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
22	6	13.02.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение промежуточных результатов	4.2.20	отчёт/протокол
23	7	20.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	
24	8	27.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
25	9	06.03.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
26	10	13.03.2021		интегрированное, комбинированное	2	Подготовка исследовательских работ для публикации	4.2.20	отчёт/протокол
27	11	20.03.2021		интегрированное, комбинированное	2	Презентация и подача материала на выступлении	4.2.20	тезисы/статья
28	12	27.03.2021		интегрированное, комбинированное	2	Подготовка к защите исследовательских проектов	4.2.20	Презентация

29	13	03.04.2021		защита проектов	2	Защита индивидуальных исследовательских проектов	4.2.20	Анализ работ
30	14	10.04.2021		защита проектов	2	Защита групповых исследовательских проектов	4.2.20	Анализ работ
<b>5</b>		<b>Подведение итогов</b>						
31	1	17.04.2021		интегрированное, комбинированное	2	Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а	4.2.20	
32	2	24.04.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности	4.2.20	
33	3	01.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Выбор тем исследовательских проектов на следующий год	4.2.20	
34	4	08.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Выбор тем исследовательских проектов на следующий год	4.2.20	
35	5	15.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение достигнутых результатов	4.2.20	
36	6	22.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Заключительное занятие	4.2.20	

**Третий уровень/год обучения**

№ п/п		Дата	Время	Форма занятия	Кол-во часов	Тема занятия	Место проведения	Форма контроля
<b>1</b>		<b>Введение</b>						
1	1	05.09.2020		интегрированное	2	Вводное занятие. Инструктаж по охране труда.	4.2.20	доклад
2	2	12.09.2020		интегрированное	2	Космос – зеркало будущего.	4.2.20	доклад
3	3	19.09.2020		интегрированное	2	Квантовый мир	4.2.20	доклад
4	4	26.09.2020		интегрированное	2	Микросхемотехника	4.2.20	доклад
5	5	03.10.2020		интегрированное	2	Гибкая печатная электроника	4.2.20	доклад
6	6	10.10.2020		интегрированное	2	3D-печать и её будущее	4.2.20	доклад
7	7	17.10.2020		интегрированное	2	Будущее нанoeлектроники	4.2.20	доклад
<b>2</b>		<b>Научно-техническое творчество в областях исследовательской деятельности</b>						
8	1	24.10.2020		интегрированное, комбинированное	2	Выбор индивидуальных и групповых тем исследований	4.2.20	
9	2	31.10.2020		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований	4.2.20	
10	3	07.11.2020		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований	4.2.20	
11	4	14.11.2020		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	
12	5	21.11.2020		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	
13	6	28.11.2020		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	
14	7	05.12.2020		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение промежуточных результатов	4.2.20	
15	8	12.12.2020		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	

16	9	19.12.2020		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	
17	10	26.12.2020		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	
18	11	16.01.2021			2	Обсуждение промежуточных результатов	4.2.20	Название темы
19	12	23.01.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	Название темы
20	13	30.01.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
21	14	06.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
22	15	13.02.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение промежуточных результатов	4.2.20	отчёт/протокол
23	16	20.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
24	17	27.02.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
25	18	06.03.2021		комбинированное	2	Проведение экспериментальной части выбранных исследований	4.2.20	отчёт/протокол
26	19	13.03.2021		интегрированное, комбинированное	2	Подготовка исследовательских работ для публикации	4.2.20	тезисы/статья
27	20	20.03.2021		интегрированное, комбинированное	2	Презентация и подача материала на выступлении	4.2.20	Презентация
28	21	27.03.2021		интегрированное, комбинированное	2	Подготовка к защите исследовательских проектов	4.2.20	Анализ работ
29	22	03.04.2021		защита проектов	2	Защита индивидуальных исследовательских проектов	4.2.20	Анализ работ
30	23	10.04.2021		защита проектов	2	Защита групповых исследовательских проектов	4.2.20	Анализ работ
<b>3</b>	<b>Подведение итогов</b>							

31	1	17.04.2021		интегрированное, комбинированное	2	Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а	4.2.20	
32	2	24.04.2021		интегрированное, комбинированное	2	Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а	4.2.20	
33	3	01.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности	4.2.20	
34	4	08.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности	4.2.20	
35	5	15.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Обсуждение достигнутых результатов и подведение итогов	4.2.20	
36	6	22.05.2021		интегрированное, комбинированное	2	Заключительное занятие	4.2.20	

**Дополнительный уровень (1 год). Биология мозга.**

№ п/п	Дата	Время	Форма занятия	Кол-во часов	Тема занятия	Место проведения	Форма контроля
<b>1 Введение</b>							
1	1	05.09.2020	интегрированное	1	Вводное занятие. Инструктаж по охране труда.	4.2.20	доклад
2	2	12.09.2020	интегрированное	1	Строение мозга	4.2.20	доклад
3	3	19.09.2020	интегрированное	1	Нейроны	4.2.20	доклад
4	4	26.09.2020	интегрированное	1	Синапсы	4.2.20	доклад
5	5	03.10.2020	интегрированное	1	Дендриды	4.2.20	доклад
6	6	10.10.2020	интегрированное	1	Искусственные нейронные сети (ИНС)	4.2.20	доклад
7	7	17.10.2020	интегрированное	1	Математические модели ИНС	4.2.20	доклад
8	1	24.10.2020	интегрированное	1	Ритмы головного мозга	4.2.20	
<b>2 Практические измерения</b>							
9	2	31.10.2020	комбинированное	1	Измерение $\gamma$ -ритм	4.2.20	протокол
10	3	07.11.2020	комбинированное	1	Измерение $\beta$ -ритм	4.2.20	протокол
11	4	14.11.2020	комбинированное	1	Измерение $\alpha$ -ритм, $\kappa$ -ритм, $\mu$ -ритм	4.2.20	протокол
12	5	21.11.2020	комбинированное	1	Измерение $\lambda$ -ритм, $\tau$ -ритм, $\theta$ -ритм	4.2.20	протокол
13	6	28.11.2020	комбинированное	1	Измерение $\delta$ -ритм	4.2.20	протокол
14	7	05.12.2020	интегрированное, комбинированное	1	Сравнение ритмов головного мозга (формирование отчёта)	4.2.20	отчёт
15	8	12.12.2020	комбинированное	1	Наблюдение изменение ритмов в зависимости от деятельности	4.2.20	график
<b>3 Проектная часть</b>							
16	9	19.12.2020	интегрированное, комбинированное	1	Обсуждение возможности управление устройством с помощью ритмов головного мозга	4.2.20	Название темы
17	10	26.12.2020	интегрированное, комбинированное	1	Распределение исследование между участниками	4.2.20	Название темы
18	11	16.01.2021	комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол



19	12	23.01.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
20	13	30.01.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
21	14	06.02.2021		интегрированное, комбинированное	1	Обсуждение предварительных результатов	4.2.20	
22	15	13.02.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
23	16	20.02.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
24	17	27.02.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
25	18	06.03.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
26	19	13.03.2021		интегрированное, комбинированное	1	Оформление текста/отчёта по проекту	4.2.20	Текст/статья
27	20	20.03.2021		интегрированное, комбинированное	1	Оформление тезисов по проекту	4.2.20	тезисы
28	21	27.03.2021		интегрированное, комбинированное	1	Оформление презентации	4.2.20	Презентация
29	22	03.04.2021		интегрированное	1	Подготовка к защите исследовательских проектов	4.2.20	Анализ работ
30	23	10.04.2021		защита проектов	1	Защита проектов	4.2.20	Анализ работ
<b>3</b>	<b>Подведение итогов</b>							
31	1	17.04.2021		интегрированное, комбинированное	1	Фурье преобразование	4.2.20	доклад
32	2	24.04.2021		интегрированное, комбинированное	1	Создание концепции устройства снятия активности головного мозга	4.2.20	план
33	3	01.05.2021		интегрированное, комбинированное	1	Создание концепции управление устройствами по активности головного мозга	4.2.20	план
34	4	08.05.2021		интегрированное, комбинированное	1	ИНС для анализа информации	4.2.20	доклад
35	5	15.05.2021		интегрированное, комбинированное	1	ИНС для принятия решений	4.2.20	доклад

36	6	22.05.2021		интегрированное, комбинированное	1	Заключительное занятие		4.2.20	анкета
----	---	------------	--	-------------------------------------	---	------------------------	--	--------	--------

**Дополнительный уровень (2 год). Биология мозга.**

№ п/п	Дата	Время	Форма занятия	Кол-во часов	Тема занятия	Место проведения	Форма контроля
<b>1 Введение</b>							
1	1	05.09.2020	интегрированное	1	Вводное занятие. Инструктаж по охране труда.	4.2.20	доклад
2	2	12.09.2020	интегрированное	1	Строение мозга	4.2.20	доклад
3	3	19.09.2020	интегрированное	1	Нейроны	4.2.20	доклад
4	4	26.09.2020	интегрированное	1	Синапсы	4.2.20	доклад
5	5	03.10.2020	интегрированное	1	Дендриды	4.2.20	доклад
6	6	10.10.2020	интегрированное	1	Искусственные нейронные сети (ИНС)	4.2.20	доклад
7	7	17.10.2020	интегрированное	1	Математические модели ИНС	4.2.20	доклад
8	1	24.10.2020	интегрированное	1	Ритмы головного мозга	4.2.20	
<b>2 Практические измерения</b>							
9	2	31.10.2020	комбинированное	1	Измерение электроэнцефалограммы (ЭЭГ) спокойного состояния	4.2.20	протокол
10	3	07.11.2020	комбинированное	1	Измерение ЭЭГ (чтения)	4.2.20	протокол
11	4	14.11.2020	комбинированное	1	Измерение ЭЭГ (спорт)	4.2.20	протокол
12	5	21.11.2020	комбинированное	1	Измерение ЭЭГ (математика)	4.2.20	протокол
13	6	28.11.2020	комбинированное	1	Измерение ЭЭГ (игры)	4.2.20	протокол
14	7	05.12.2020	комбинированное	1	Измерение ЭЭГ (активная смена деятельности)	4.2.20	протокол
15	8	12.12.2020	интегрированное, комбинированное	1	Сравнение ЭЭГ (формирование отчёта)	4.2.20	отчёт
<b>3 Проектная часть</b>							
16	9	19.12.2020	интегрированное, комбинированное	1	Обсуждение возможности управление устройством с помощью ритмов головного мозга	4.2.20	Название темы
17	10	26.12.2020	интегрированное, комбинированное	1	Распределение исследование между участниками	4.2.20	Название темы
18	11	16.01.2021	комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол

19	12	23.01.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
20	13	30.01.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
21	14	06.02.2021		интегрированное, комбинированное	1	Обсуждение пердварительных результатов	4.2.20	
22	15	13.02.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
23	16	20.02.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
24	17	27.02.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
25	18	06.03.2021		комбинированное	1	Проведение экспериментов	4.2.20	отчёт/протокол
26	19	13.03.2021		интегрированное, комбинированное	1	Оформление текста/отчёта по проекту	4.2.20	Текст/статья
27	20	20.03.2021		интегрированное, комбинированное	1	Оформление тезисов по проекту	4.2.20	тезисы
28	21	27.03.2021		интегрированное, комбинированное	1	Оформление презентации	4.2.20	Презентация
29	22	03.04.2021		интегрированное	1	Подготовка к защите исследовательских проектов	4.2.20	Анализ работ
30	23	10.04.2021		защита проектов	1	Защита проектов	4.2.20	Анализ работ
<b>3</b>	<b>Подведение итогов</b>							
31	1	17.04.2021		интегрированное, комбинированное	1	Управление курсором мыши с помощью ЭЭГ	4.2.20	отчёт
32	2	24.04.2021		интегрированное, комбинированное	1	Набор текста с помощью ЭЭГ	4.2.20	отчёт
33	3	01.05.2021		интегрированное, комбинированное	1	Управление виртуальным персонажем с помощью ЭЭГ	4.2.20	отчёт/доклад
34	4	08.05.2021		интегрированное, комбинированное	1	ИНС и ЭЭГ	4.2.20	доклад
35	5	15.05.2021		интегрированное, комбинированное	1	Память и воспоминания	4.2.20	доклад

36	6	22.05.2021		интегрированное, комбинированное	1	Заключительное занятие		4.2.20	анкета
----	---	------------	--	-------------------------------------	---	------------------------	--	--------	--------

