

Муниципальное общеобразовательное бюджетное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа
«Центр образования «Кудрово»
Всеволожского района Ленинградской области

Программа рассмотрена
на педагогическом совете
Протокол № 1
от «17» августа 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор школы
Сергеева Е.К.
Приказ № 52 от 17.08.2016 г.



Образовательная программа дополнительного образования

НАНОМИР

Естественнонаучной направленности

Педагог дополнительного образования
Аньчков Максим Геннадиевич
Продолжительность освоения программы: 3 года
Возраст учащихся с 12-17 лет

Ленинградская область
2016 год

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|--|
| 1. Пояснительная записка..... | 3 |
| Введение..... | 3 |
| Направленность..... | 3 |
| Актуальность..... | 3 |
| Новизна..... | 4 |
| Цель..... | 5 |
| Задачи..... | 5 |
| Материально-технологическое обеспечение..... | 5 |
| Возраст детей..... | 5 |
| Условия набора..... | 6 |
| Сроки реализации образовательной программы..... | 6 |
| Форма и режим занятий..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| Форма организации занятий..... | 6 |
| Основная форма занятий..... | 6 |
| Дополнительная форма занятий..... | 6 |
| Ожидаемые результаты и способы их проверки..... | 7 |
| Формы и методы подведения итогов..... | 10 |
| 2. Учебно-тематический план..... | 11 |
| Первый год обучения..... | 11 |
| Содержание программы первого года обучения..... | 12 |
| Второй год обучения..... | 17 |
| Содержание программы первого года обучения..... | 18 |
| Третий год обучения..... | 24 |
| Содержание программы первого года обучения..... | 24 |
| 3. Методическое обеспечение общеобразовательной программы дополнительного образования..... | 26 |
| Первый год обучения..... | 26 |
| Второй год обучения..... | 33 |
| Третий год обучения..... | 41 |
| 4. Список литературы..... | 45 |
| Для педагога..... | 45 |
| Для детей и родителей..... | 45 |
| Интернет-ресурсы | 45 |

Пояснительная записка

Введение

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

Разработанная программа соответствует техническому направлению общеобразовательных программ дополнительного образования и ориентирована на изучение современных методов диагностики поверхности, 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 технологии, 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 протязённому усилию, формулировать, презентовать и защищать собственные гипотезы, способствуют овладеваю основными научными методами познания, совершенствованию навыков работы с приборами и 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 6-9 человек каждая, занимающихся 3 часа в неделю в формате очного обучения с обеспечением необходимым материально-техническим оснащением, включающим в себя, в первую очередь, Сканирующий Зондовый Микроскоп (Далее - СЗМ), Устройство Заточки Игл (далее - УЗИ), комплект Зондов, и ПК

Актуальность

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 NanoEducator LE, 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 компетентностного и деятельностного подходов, а также, повышение мотивации обучающихся за счёт широкого использования интересных для них Информационно-Коммуникационных Технологий (ИКТ).

Новизна

Характерная структура образовательной программы по направлению нанотехнологии опирается на выполнение лабораторных работ, описанных в Учебно-Методическом Комплексе (УМК), прилагаемом к комплексу NanoEducator, 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.

Цель

Профессиональная ориентация школьников путём изучения основ нанотехнологий и ключевых этапов исследовательской деятельности.

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.

Материально-технологическое обеспечение

Для реализации данной программы необходим кабинет для проведения занятий и лабораторных работ (соответствующий санитарно-гигиеническим требованиям), комплекс NanoEducatorLE, также, рекомендуется оснащение кабинета видеопроектором или интерактивной доской.

Возраст детей

12-16 лет – первый год обучения

13-17 лет – второй год обучения

14-17 лет – третий год обучения

Условия набора

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

Сроки реализации образовательной программы

Программа рассчитана на 3 года обучения.

Форма организации занятий

Основная форма занятий

- групповые интегрированные и комбинированные занятия
изучается и закрепляется теоретический материал, устанавливаются межпредметные связи.
- групповые лабораторные работы
выполняются лабораторные работы, осуществляется допуск к работе и обсуждение результатов
- семинары
закрепляется теоретический материал, проверяется его знание, учащиеся приобретают навыки публичных выступлений, аргументированной защиты своей точки зрения
- индивидуальная работа над собственными исследовательскими проектами
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)
- обсуждение домашних заданий, выполняемых совместно с родителями (с участием родителей)
определенные задания выполняются учащимися дома совместно с родителями, после чего происходит презентация полученных результатов

Дополнительная форма занятий

- экскурсии
учащиеся изучают материалы о месте посещения, проводится экскурсия, проводится обсуждение проведенной экскурсии
- защиты проектов, конференции (с участием родителей)
проводится защита проектов в форме отдельных выступлений или конференции
- зачеты
устные, письменные зачеты или демонстрации навыков работы с приборами на тренажере
- публикации
написание тезисов/статьи, и последующей публикацией в научных или школьных журналах

Ожидаемые результаты и способы их проверки Образовательные

- профильные
 - 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;
- общие
 - 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;

Развивающие

- будет развито исследовательское мышление, навыки организации исследовательской деятельности;
- будут приобретены навыки оценивания хода и результатов своей деятельности и деятельности других;
- развитие познавательных потребностей и способностей детей;
- 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;

Воспитательные

- 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;

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;

3. Учебно-тематический план

Первый год обучения

| № п/п | Название раздела, темы | Количество часов | | | Формы аттестации/контроля |
|-------|--|------------------|--------|----------|---------------------------|
| | | Всего | Теория | Практика | |
| 1 | Введение | | | | |
| 1 | 1 Введение в «НаноМир». Инструктаж по охране труда | 4 | 2 | 2 | |
| 2 | 2 Математика: «Функциональный подход» | 6 | 2 | 4 | Доклад на выбор |
| 3 | 3 Физика: «Поле – камень преткновения» | 6 | 2 | 4 | Доклад на выбор |
| 4 | 4 Химия: «Как сделать из атомов человека» | 6 | 2 | 4 | Доклад на выбор |
| 5 | 5 Биология: «Археи и люди» | 6 | 2 | 4 | Доклад на выбор |
| 6 | 6 Математическая модель общества | 4 | 2 | 2 | Доклад на выбор |
| 2 | Теория исследования | | | | |
| 7 | 1 Техника эксплуатации лабораторных установок | 4 | 2 | 2 | |
| 8 | 2 Принцип работы оптического микроскопа «ПОЛАР 1» | 8 | 2 | 6 | |
| 9 | 3 Принцип работы СЗМ | 8 | 2 | 6 | |
| 10 | 4 Принцип работы установки зондов для СЗМ | 8 | 2 | 6 | |
| 11 | 5 Выполнение лабораторных работа по группам. | 8 | 2 | 6 | Отчёт |
| 12 | 6 Выполнение лабораторных работа по группам. | 8 | 2 | 6 | Отчёт |
| 13 | 7 Выполнение лабораторных работа по группам. | 8 | 2 | 6 | Отчёт |
| 14 | 8 Выбор индивидуальных и групповых тем исследований | 8 | 2 | 6 | Название темы |
| 15 | 9 Составление плана проведения исследований | 8 | 2 | 6 | Доклад |
| 3 | Электрические свойства материалов | | | | |
| 16 | 1 Фазовые состояние материи | 4 | 2 | 2 | |
| 17 | 2 Металлы | 4 | 2 | 2 | |
| 18 | 3 Диэлектрики | 4 | 2 | 2 | |
| 19 | 4 Полупроводники | 4 | 2 | 2 | |
| 20 | 5 Электропроводность твёрдых тел | 4 | 2 | 2 | |
| 21 | 6 Теплопроводность твёрдых тел | 4 | 2 | 2 | |
| 22 | 7 Явление поляризации и её виды | 4 | 2 | 2 | |
| 23 | 8 Магнитное упорядочение. Ферромагнетизм | 4 | 2 | 2 | |
| 24 | 9 Сверхпроводники | 4 | 2 | 2 | |
| 25 | 10 Проведение лабораторных для наблюдения различий металлов, диэлектриков и полупроводников. | 8 | 2 | 6 | Доклад |

| | | | | | | |
|----|---|--|-----|-----|-----|-------------------|
| 4 | | Инструменты нанотехнологии будущего | | | | |
| 26 | 1 | Нанопинцет | 4 | 2 | 2 | |
| 27 | 2 | Наноскальпель. Наношприц | 4 | 2 | 2 | |
| 28 | 3 | Нанотермометр | 4 | 2 | 2 | |
| 29 | 4 | Нановесы | 4 | 2 | 2 | |
| 30 | 5 | Наноиндентор, Контеливер | 4 | 2 | 2 | |
| 31 | 6 | Обсуждение возможностей миниатюризации различных устройств/приборов и возникающих при этом проблем | 4 | 2 | 2 | Заполнение анкеты |
| 5 | | Творчески ориентированные вопросы в области личной и групповой исследовательской деятельности | | | | |
| 32 | 1 | Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований | 4 | 2 | 2 | Название темы |
| 33 | 2 | Проведение экспериментальной части выбранных исследований | 24 | 8 | 16 | Отчёты |
| 34 | 3 | Подготовка исследовательских работ для публикации | 4 | 2 | 2 | Тезисы/статья |
| 35 | 4 | Презентация и подача материала на выступлении | 4 | 2 | 2 | Презентация |
| 36 | 5 | Подготовка к защите исследовательских проектов | 4 | 2 | 2 | Анализ работ |
| 37 | 6 | Защита индивидуальных исследовательских проектов | 4 | 2 | 2 | Анализ работ |
| 38 | 7 | Защита групповых исследовательских проектов | 4 | 2 | 2 | Анализ работ |
| | | Итого: | 216 | 82 | 134 | |
| 6 | | Индивидуальные проекты | 108 | 38 | 70 | |
| | | ИТОГО: | 324 | 120 | 204 | |

Содержание программы первого года обучения

1. Введение

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.

2) Математика: «Функциональный подход»

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

3) Физика: «Поле – камень преткновения»

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

4) Химия: «Как сделать из атомов человека»

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

5) Биология: «Археи и люди»

Эволюция человека. Почему бактерии более жизнеспособны нежели человек.

6) Математическая модель общества

Попытка представления общества как набор математических функций (формул). Фракталы в природе, в математике, в структуре городов.

2. Теория исследования

1) Техника эксплуатации лабораторных установок

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

2) Принцип работы оптического микроскопа «ПОЛАР 1»

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

3) Принцип работы СЗМ

История создания сканирующей зондовой микроскопии. Общие принципы и понятия СЗМ. Работа с интерактивным тренажёром.

4) Принцип работы установки зондов для СЗМ

Общие принципы и понятия травления

5) Выполнение лабораторных работа по группам.

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

6) Выполнение лабораторных работа по группам.

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

7) Выполнение лабораторных работа по группам.

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

8) Выбор индивидуальных и групповых тем исследований

Обсуждение с группами возможных тем исследовательских проектов, выбор тем исследовательских проектов для всех групп

9) Составление плана проведения исследований

Совместное составление планов проведения индивидуальных и групповых исследований, выделение ключевых сроков выполнения этапов исследования и форматов отчётности, а также выбор акцентов на конференциях.

3. Электрические свойства материалов

1) Фазовые состояния материи

Рассмотрение различных фазовых состояний материи, определение главных и второстепенных характеристик для каждого фазового состояния.

2) Металлы

Примеры различных металлов, область применения и назначения. Характеристики металлов.

3) Диэлектрики

Примеры различных диэлектриков, область применения и назначения. Характеристики диэлектриков.

4) Полупроводники

Примеры различных полупроводников, область применения и назначения. Характеристики полупроводников.

5) Электропроводность твёрдых тел

Рассмотрения электропроводности тел. Применение в технике, быту и нанотехнологии.

6) Теплопроводность твёрдых тел

Рассмотрения теплопроводности тел. Применение в технике, быту и нанотехнологии.

7) Явление поляризации и её виды

Определение поляризации, область применения.

8) Магнитное упорядочение. Ферромагнетизм

Определение свойств и характеристик магнитных полей. Магнитные домены. Ферромагнетизм.

9) Сверхпроводники

Определение сверхпроводников. Область применения. Возможное использования в будущем.

10) Проведение лабораторных для наблюдения различий металлов, диэлектриков и полупроводников

Наблюдение металлов, диэлектриков и полупроводников в оптическом микроскопе, проведение экспериментов с электропроводностью и теплопроводностью.

4. Инструменты нанотехнологии

1) Нанопинцет

Определение. Основные характеристики. Бытовое и научное применение.

2) Наноскальпель. Наношприц

Определение. Основные характеристики. Бытовое и научное применение.

3) Нанотермометр

Определение. Основные характеристики. Бытовое и научное применение.

4) Нановесы

Определение. Основные характеристики. Бытовое и научное применение.

5) Наноиндентор, Контеливер

Определение. Основные характеристики. Бытовое и научное применение.

6) Обсуждение возможностей миниатюризации различных устройств/приборов и возникающих при этом проблем

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

5. Творчески ориентированные вопросы в области личной и групповой исследовательской деятельности

1) Обсуждение изменений в выбранных тем и модернизация 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) 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.

3) Подготовка исследовательских работ для публикации

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

4) 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.

5) Подготовка к защите исследовательских проектов

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

6) Защита индивидуальных исследовательских проектов

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

7) Защита групповых исследовательских проектов

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

Второй год обучения

| № п/п | Название раздела, темы | Количество часов | | | Формы аттестации/контроля |
|-------|--|------------------|--------|----------|---------------------------|
| | | Всего | Теория | Практика | |
| 1 | Введение | | | | |
| 1 | 1 Достижения в области технологии и электроники. | 6 | 4 | | |
| | 2 Инструктаж по охране труда | | | 2 | |
| 2 | 3 Наноматериалы | 6 | 4 | | Доклад на выбор |
| | 4 Наноматериалы в оптическом микроскопе | | | 2 | Фотографии |
| 3 | 5 «Умные» материалы | 6 | 4 | | Доклад на выбор |
| | 6 Наблюдение «умных» материалов в оптическом микроскопе | | | 2 | Фотографии |
| 4 | 7 Медицина | 6 | 4 | | Доклад на выбор |
| | 8 Наблюдение материалов, используемых в медицине | | | 2 | Фотографии |
| 5 | 9 Актуальные задачи нанотехнологии | 6 | 4 | | Доклад на выбор |
| | 10 Наблюдение МЭМС в оптическом микроскопе | | | 2 | Фотографии |
| 2 | Индивидуальные и групповые исследования | | | | |
| 6 | 1 Выбор темы и анализ доступной научной литературы | 6 | 2 | 4 | |
| 7 | 2 Составления плана проведения исследования | 6 | 2 | 4 | План исследования |
| 3 | Методы анализа размерных и структурированных материалов | | | | |
| 8 | 1 Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия | 6 | 2 | | |
| | 2 Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | 4 | отчёт |
| 9 | 3 Методы статического и динамического светорассеяния | 6 | 2 | | |
| | 4 Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | 4 | отчёт |
| 10 | 5 Вибрационный и СКВИД магнетометры | 6 | 2 | | |
| | 6 Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | 4 | отчёт |
| 11 | 7 Спектроскопия комбинационного рассеяния | 6 | 2 | | |
| | 8 Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | 4 | отчёт |
| 12 | 9 Определение элементного состава и структуры вещества (РСМА, Оже, РФА, ДБЭ) | 6 | 2 | | |
| | 10 Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | 4 | отчёт |
| 13 | 11 Методы сканирующей зондовой микроскопии | 6 | 2 | | |
| | 12 Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | 4 | отчёт |
| 4 | Методы синтеза размерных и структурированных материалов | | | | |
| 14 | 1 Резистивное, магнетронное, электронно-лучевое напыление | 6 | 2 | | |
| | 2 Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | 4 | Протокол |

| | | | | | | |
|--------|---|---|-----|-----|-----|----------|
| 15 | 3 | Газо- и жидкофазная эпитаксия | 6 | 2 | 4 | Протокол |
| | 4 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | | |
| 16 | 5 | Самоорганизация и самосборка | 6 | 2 | 4 | Протокол |
| | 6 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | | |
| 17 | 7 | Области применения материалов и устройств, полученных различными методами, их преимущества и недостатки | 6 | 2 | 4 | Протокол |
| | 8 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | | |
| 5 | Индивидуальные и групповые исследования | | | | | |
| 18 | 1 | Подведение промежуточных итогов исследований | 6 | 3 | 3 | Доклад |
| 19 | 2 | Представление промежуточных результатов исследований | 6 | 3 | 3 | Тезисы |
| 6 | Наносистемная техника. Сенсоры на основе наноматериалов | | | | | |
| 20 | 1 | Структуры МЭМС (балки, мембраны, ключи, микрозеркала, микрокапилляры) и технология их создания | 6 | 2 | 4 | Протокол |
| | 2 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | | |
| 21 | 3 | Сенсоры ускорения, давления, магнитного поля | 6 | 2 | 4 | Протокол |
| | 4 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | | |
| 22 | 5 | Наноприводы и наномашинны | 6 | 2 | 4 | Протокол |
| | 6 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | | |
| 23 | 7 | Газовые датчики на основе наноматериалов | 6 | 2 | 4 | Протокол |
| | 8 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | | | | |
| 7 | Индивидуальные и групповые исследования | | | | | |
| 24 | 1 | Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности | 6 | 3 | 3 | |
| 25 | 2 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | 36 | 8 | 28 | Протокол |
| 31 | 8 | Подготовка исследовательских работ для публикации | 18 | 8 | 10 | |
| 34 | 11 | Подготовка к защите исследовательских проектов | 6 | 0 | 6 | |
| 35 | 12 | Защита индивидуальных исследовательских проектов | 6 | 0 | 6 | |
| 36 | 13 | Защита групповых исследовательских проектов | 6 | 0 | 6 | |
| Итого: | | | 216 | 77 | 139 | |
| 8 | Индивидуальные проекты | | 108 | 38 | 70 | |
| ИТОГО | | | 324 | 115 | 209 | |

Содержание программы второго года обучения

1. Введение

1) Достижения в области технологии и электроники. Инструктаж по охране труда.

Представлений современных новостей нанотехнологии.

2) Достижения в области технологии и электроники.

Обсуждение перспектив озвученных направлений.

3) Наноматериалы

Материалы, обладающие специфическими свойствами, возникающих при уменьшении размеров и/или соединении различных наноматериалов.

4) Наноматериалы в оптическом микроскопе

Рассмотрение в оптическом микроскопе примеров наноматериалов.

5) «Умные» материалы

Определение «умных» материалов. Выделение основных отличий от простых материалов.

6) Наблюдение «умных» материалов в оптическом микроскопе

Рассмотрение в оптическом микроскопе примеров «умных» материалов.

7) Медицина

Устройства и материалы, используемые в медицине.

8) Наблюдение материалов, используемых в медицине

Рассмотрение в оптическом микроскопе примеров материалов используемых в медицине.

9) Актуальные задачи нанотехнологии

Обсуждение задач, стоящих перед нанотехнологией и обществом в целом.

10) Наблюдение МЭМС в оптическом микроскопе

Рассмотрение в оптическом микроскопе МЭМС датчиков в собранном и разобранном виде.

2. Индивидуальные и групповые исследования

1) Выбор темы и анализ доступной научной литературы

Обсуждение и выбор тем исследований. Поиск научной литературы. Выбор важной и вспомогательной.

2) Составления плана проведения исследования

Составление плана исследований.

3. Методы анализа размерных и структурированных материалов

1) Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия

Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.

2) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

3) Методы статического и динамического светорассеяния

Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.

4) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

5) Вибрационный и СКВИД магнетометры

Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.

6) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

7) Спектроскопия комбинационного рассеяния

Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.

8) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

9) Определение элементного состава и структуры вещества (РСМА, Оже, РФА, ДБЭ)

Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.

10) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

11) Методы сканирующей зондовой микроскопии

Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.

12) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

4. Методы синтеза наноразмерных и наноструктурированных материалов

1) Резистивное, магнетронное, электронно-лучевое напыление

Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.

2) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

3) Газо- и жидкофазная эпитаксия

Особенности технологии. Область применения. Перспективы развития.

4) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

5) Самоорганизация и самосборка

Технологии самосборки. Перспективные направления. Белки.

6) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

7) Области применения материалов и устройств, полученных различными методами, их преимущества и недостатки

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

8) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

5. Индивидуальные и групповые исследования

1) Подведение промежуточных итогов исследований

Обсуждение достигнутых результатов при проведении исследований. Выбор/уточнений дальнейшего направления исследований.

2) Представление промежуточных результатов исследований

Выступление обучающихся с презентациями по промежуточным результатам исследований.

6. Наносистемная техника. Сенсоры на основе наноматериалов

1) Структуры МЭМС (балки, мембраны, ключи, микрзеркала, микрокапилляры) и технология их создания

Особенности МЭМС. Технология МЭМС. Возможное применение. Будущие технологии.

2) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение индивидуальных и групповых исследований

3) Сенсоры ускорения, давления, магнитного поля

Датчики ориентации. Сравнение оптических, механических и МЭМС датчиков, используемых в навигации.

4) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение индивидуальных и групповых исследований

5) Наноприводы и наномашинны

Серая слизь. Нанороботы. Нанофабрики. Миниатюризация технологий и устройств.

6) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение индивидуальных и групповых исследований

7) Газовые датчики на основе наноматериалов

Определение частичного и/или полного состава воздуха. Способность материалов изменять свои свойства в зависимости от окружающей среды. Воздействия, оказываемые наблюдателями в процессе наблюдения.

8) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение индивидуальных и групповых исследований

7. Индивидуальные и групповые исследования

1) Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности

Обсуждение дальнейшего будущего тем исследований. Изменение название темы для возможного дальнейшего исследования.

2) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований и корректировка плана в случае необходимости.

3) Подготовка исследовательских работ для публикации

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

4) Подготовка к защите исследовательских проектов

Рассмотрение обязательных пунктов при защите проектов. Составление каркаса защиты.

5) Защита индивидуальных исследовательских проектов

Выступление обучающихся с презентацией со своими индивидуальными проектами.

6) Защита групповых исследовательских проектов

Выступление групп обучающихся с презентацией с групповыми индивидуальными проектами.

Третий год обучения

| № п/п | Название раздела, темы | Количество часов | | | Формы аттестации/контроля | |
|-------|------------------------|---|--------|----------|---------------------------|-------------------|
| | | Всего | Теория | Практика | | |
| 1 | Введение | | | | | |
| 1 | 1 | Космос – зеркало будущего. Инструктаж по охране труда. | 8 | 4 | 4 | Доклад на выбор |
| 2 | 2 | Квантовый мир | 8 | 4 | 4 | Доклад на выбор |
| 3 | 3 | Микросхемотехника | 8 | 4 | 4 | Доклад на выбор |
| 2 | | Индивидуальные и групповые исследования | | | | |
| 4 | 1 | Выбор темы исследования | 8 | 4 | 4 | Тема |
| 5 | 2 | Анализ доступной научной литературы | 12 | 4 | 8 | Список литературы |
| 6 | 3 | Составления плана проведения исследования | 8 | 4 | 4 | План |
| 7 | 4 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | 108 | 28 | 80 | Протокол |
| 8 | 5 | Подготовка исследовательских работ для публикации | 8 | 4 | 4 | Тезисы/статья |
| 9 | 6 | Подготовка к защите исследовательских проектов | 8 | 4 | 4 | Презентация |
| 10 | 7 | Защита индивидуальных исследовательских проектов | 8 | 4 | 4 | |
| 11 | 8 | Защита групповых исследовательских проектов | 8 | 4 | 4 | |
| 3 | | Заключение | | | | |
| 12 | 1 | Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а | 8 | 4 | 4 | Анализ работ |
| 13 | 2 | Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности | 8 | 4 | 4 | План |
| 14 | 3 | Обсуждение достигнутых результатов и подведение итогов | 8 | 4 | 4 | |
| | | Итого: | 216 | 80 | 136 | |
| 4 | | Индивидуальные проекты | 108 | 39 | 69 | |
| | | ИТОГО: | 324 | 119 | 205 | |

Содержание программы третьего года обучения

1. Введение**1) Космос – зеркало будущего. Инструктаж по охране труда.**

Рассмотрение космоса как голограмму. Фрактальная структура космоса.

2) Квантовый мир

Возможность существования бесконечно большого количества параллельных миров. Телепортация. Мост Бозе-Эйнштейна

3) Микросхемотехника

Создание микросхем. Различные технологические ограничения. Географическое расположение центров микросхемотехники.

2. Индивидуальные и групповые исследования

1) Выбор темы исследования

Обсуждение и выбор тем исследований.

2) Анализ доступной научной литературы

Поиск научной литературы. Выбор важной и вспомогательной.

3) Составления плана проведения исследования

Составление плана исследований.

4) Проведение индивидуальных и групповых исследований

Проведение исследований по ранее составленному плану. В случае необходимости, корректировка плана исследований.

5) Подготовка исследовательских работ для публикации

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

6) Подготовка к защите исследовательских проектов

Рассмотрение обязательных пунктов при защите проектов. Составление каркаса защиты.

7) Защита индивидуальных исследовательских проектов

Выступление обучающихся с презентацией со своими индивидуальными проектами.

8) Защита групповых исследовательских проектов

Выступление групп обучающихся с презентацией с групповыми индивидуальными проектами.

3. Заключение

1) Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а

Заслушивание исследовательских проектов представленных студентов ВУЗ-ов к защите. И сравнение исследований проводимых в университетах и в школе.

2) Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности

Обсуждение дальнейшего будущего тем исследований. Изменение название темы для возможного дальнейшего исследования.

3) Обсуждение достигнутых результатов и подведение итогов

Подведение итога всего курса кружка. Обсуждения возможных тем для рассмотрения на кружке в будущем.

4. Методическое обеспечение общеобразовательной программы дополнительного образования.

Первый год обучения

| № п/п | Раздел или тема программы | Формы занятий | Методы организации образовательного процесса | Приёмы организации образовательного процесса | Дидактический материал, техническое оснащение занятий | Формы подведения итогов |
|-------|--|-------------------------|---|---|---|--------------------------------|
| 1 | Введение | | | | | |
| 1.1 | Введение в «НаноМир». Инструктаж по охране труда | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 1.2 | Математика: «Функциональный подход» | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 1.3 | Физика: «Поле – камень преткновения» | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 1.4 | Химия: «Как сделать из атомов человека» | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|-----|---|--|---|---|---|--------------------------------|
| | | | | решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | | |
| 1.5 | Биология: «Археи и люди» | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 1.6 | Математическая модель общества | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 2 | Теория исследования | | | | | |
| 2.1 | Техника эксплуатации лабораторных установок | Интегрированное занятие, лабораторная работа | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация проектор, комплекс NanoEducator | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 2.2 | Принцип работы оптического микроскопа «ПОЛАР 1» | Интегрированное занятие, лабораторная работа | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация проектор, комплекс NanoEducator | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|-----|--|--|--|---|---|--------------------------------|
| 2.3 | Принцип работы СЗМ | Интегрированное занятие, лабораторная работа | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация проектор, комплекс NanoEducator | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 2.4 | Принцип работы установки изготовления зондов для СЗМ | Интегрированное занятие, лабораторная работа | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация проектор, комплекс NanoEducator | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 2.5 | Выполнение лабораторных работа по группам. | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 2.6 | Выполнение лабораторных работа по группам. | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 2.7 | Выполнение лабораторных работа по группам. | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 2.8 | Выбор индивидуальных и групповых тем исследований | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой, частично поисковый | Беседа, анализ текста, решение проблемных ситуаций | Презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | Коллективный анализ |
| 2.9 | Составление плана проведения исследований | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой, частично | Беседа, анализ текста, решение проблемных ситуаций | Презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | Коллективный анализ |

| | | | | | | |
|-----|-----------------------------------|-------------------------|---|---|--|--------------------------------|
| | | | поисковый | | | |
| 3 | Электрические свойства материалов | | | | | |
| 3.1 | Фазовые состояние материи | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.2 | Металлы | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.3 | Диэлектрики | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.4 | Полупроводники | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.5 | Электропроводность | Интегрированное | Наглядный, | Показ | Презентация и | Рефлексия |

| | | | | | | |
|-----|--|-------------------------|---|---|--|--------------------------------|
| | твёрдых тел | занятие | частично-поисковый, репродуктивный | презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | видеоматериалы, проектор | обучающихся, семинар |
| 3.6 | Теплопроводность твёрдых тел | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.7 | Явление поляризации и её виды | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.8 | Магнитное упорядочение. Ферромагнетизм | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.9 | Сверхпроводники | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|------|--|-------------------------|---|---|---|--------------------------------|
| | | | | решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | | |
| 3.10 | Проведение лабораторных для наблюдения различий металлов, диэлектриков и полупроводников | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | показ презентации, решение проблемных ситуаций, беседа | Презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | Групповой анализ работ |
| 4 | Инструменты нанотехнологии | | | | | |
| 4.1 | Нанопинцет | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 4.2 | Наноскальпель. Наношприц | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 4.3 | Нанотермометр | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|-----|--|--|---|---|--|--------------------------------|
| 4.4 | Нановесы | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 4.5 | Наноиндентор, Контеливер | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 4.6 | Обсуждение возможностей миниатюризации различных устройств/приборов и возникающих при этом проблем | Интегрированное занятие, комбинированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, исследовательский, репродуктивный, групповой | показ презентации, решение проблемных ситуаций, беседа | Презентация и видеоматериалы, проектор | коллективный анализ работ |
| 5 | Творчески ориентированные вопросы в области личной и групповой исследовательской деятельности | | | | | |
| 5.1 | Обсуждение выбранных тем и выбор порядка проведения исследований | Комбинированное занятие | | | | |
| 5.2 | Проведение экспериментальной части выбранных исследований | Комбинированное занятие | | | | |
| 5.3 | Подготовка исследовательских | Комбинированное занятие | Наглядный, частично | показ презентации, | Презентация, проектор, комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |

| | | | | | | |
|-----|--|--|--|---|---|---------------------------|
| | работ для публикации | | поисковый, практический, коллективно-групповой | решение проблемных ситуаций, беседа, работа по образцу | | |
| 5.4 | Подготовка презентации к выступлению | Комбинированное занятие | Наглядный, частично поисковый, практический, коллективно-групповой | показ презентации, решение проблемных ситуаций, беседа, работа по образцу | Презентация, проектор, комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 5.5 | Подготовка к защите исследовательских проектов | Интегрированное занятие, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 5.6 | Защита индивидуальных исследовательских проектов | Защита проектов | Практический, репродуктивный | защита проектов | Презентация и видеоматериалы, проектор | коллективный анализ работ |
| 5.7 | Защита групповых исследовательских проектов | Защита проектов | Практический, репродуктивный | защита проектов | Презентация и видеоматериалы, проектор | коллективный анализ работ |

Второй год обучения

| № п/п | Раздел или тема программы | Формы занятий | Методы организации образовательного процесса | Приёмы организации образовательного процесса | Дидактический материал, техническое оснащение занятий | Формы подведения итогов |
|-------|--|-------------------------|--|--|---|--------------------------------|
| 1 | Введение | | | | | |
| 1.1 | Достижения в области технологии и электроники. | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, | Показ презентации и видеоматериалов, | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|-----|---|--|---|---|--|--------------------------------|
| 1.2 | Инструктаж по охране труда | | репродуктивный | наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | | |
| 1.3 | Наноматериалы | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 1.4 | Наноматериалы в оптическом микроскопе | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 1.5 | «Умные» материалы | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 1.6 | Наблюдение «умных» материалов в оптическом микроскопе | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 1.7 | Медицина | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|------|---|--|--|---|---|--------------------------------|
| | | | | ситуаций, беседа, семинар | | |
| 1.8 | Наблюдение материалов, используемых в медицине | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 1.9 | Актуальные задачи нанотехнологии | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентаций, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 1.10 | Наблюдение МЭМС в оптическом микроскопе | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 2 | Индивидуальные и групповые исследования | | | | | |
| 2.1 | Выбор темы и анализ доступной научной литературы | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой, частично поисковый | Беседа, анализ текста, решение проблемных ситуаций | Презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | Коллективный анализ |
| 2.2 | Составления плана проведения исследования | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой, частично поисковый | Беседа, анализ текста, решение проблемных ситуаций | Презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | Коллективный анализ |
| 3 | Методы анализа размерных и структурированных материалов | | | | | |
| 3.1 | Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|-----|--|--|---|---|--|--------------------------------|
| | | | | семинар | | |
| 3.2 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 3.3 | Методы статического и динамического светорассеяния | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.4 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 3.5 | Вибрационный и СКВИД магнетометры | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.6 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 3.7 | Спектроскопия комбинационного рассеяния | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|------|--|--|---|---|--|--------------------------------|
| | | | | ситуаций, беседа, семинар | | |
| 3.8 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 3.9 | Определение элементного состава и структуры вещества (РСМА, Оже, РФА, ДБЭ) | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.10 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 3.11 | Методы сканирующей зондовой микроскопии | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 3.12 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 4 | Методы синтеза наноразмерных и наноструктурированных материалов | | | | | |
| 4.1 | Резистивное, магнетронное, электронно-лучевое напыление | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|-----|--|--|---|---|--|--------------------------------|
| | | | | решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | | |
| 4.2 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 4.3 | Газо- и жидкофазная эпитаксия | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 4.4 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 4.5 | Самоорганизация и самосборка | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 4.6 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 4.7 | Области применения материалов и устройств, | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, | Показ презентации и видеоматериалов, | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |

| | | | | | | |
|-----|--|--|---|---|---|--------------------------------|
| | полученных различными методами, их преимущества и недостатки | | репродуктивный | наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | | |
| 4.8 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 5 | Индивидуальные и групповые исследования | | | | | |
| 5.1 | Подведение промежуточных итогов исследований | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | показ презентации, решение проблемных ситуаций, беседа | презентация, проектор, комплекс NanoEducator | Групповой анализ работ |
| 5.2 | Представление промежуточных результатов исследований | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | показ презентации, решение проблемных ситуаций, беседа | презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | Групповой анализ работ |
| 6 | Наносистемная техника. Сенсоры на основе наноматериалов | | | | | |
| 6.1 | Структуры МЭМС (балки, мембраны, ключи, микрозеркала, микрокапилляры) и технология их создания | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 6.2 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 6.3 | Сенсоры ускорения, давления, магнитного | Интегрированное занятие | Наглядный, частично- | Показ презентации и | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, |

| | | | | | | |
|-----|---|---|---|--|---|--------------------------------------|
| | поля | | поисковый, репродуктивный | видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | | семинар |
| 6.4 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 6.5 | Наноприводы и наномашинны | Интегрированное занятие | Наглядный, частично- поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 6.6 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 6.7 | Газовые датчики на основе наноматериалов | Интегрированное занятие | Наглядный, частично- поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 6.8 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 7 | Индивидуальные и групповые исследования | | | | | |

| | | | | | | |
|------|---|--|--|---|---|---------------------------|
| 7.1 | Обсуждение развитие темы исследовательской проектной деятельности | Интегрированное занятие, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Беседа, анализ текста, консультация | презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | Групповой анализ работ |
| 7.2 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 7.8 | Подготовка исследовательских работ для публикации | Интегрированное занятие, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой, частично поисковый | показ презентации, решение проблемных ситуаций, беседа, работа по образцу | презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | Групповой анализ работ |
| 7.11 | Подготовка к защите исследовательских проектов | Интегрированное занятие, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой, частично поисковый | лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | Групповой анализ работ |
| 7.12 | Защита индивидуальных исследовательских проектов | Защита проектов | Практический, репродуктивный | защита проектов | презентация и видеоматериалы, проектор | коллективный анализ работ |
| 7.13 | Защита групповых исследовательских проектов | Защита проектов | Практический, репродуктивный | защита проектов | презентация и видеоматериалы, проектор | коллективный анализ работ |

Третий год обучения

| № п/п | Раздел или тема программы | Формы занятий | Методы организации образовательного процесса | Приёмы организации образовательного процесса | Дидактический материал, техническое оснащение занятий | Формы подведения итогов |
|-------|---------------------------|---------------|--|--|---|-------------------------|
|-------|---------------------------|---------------|--|--|---|-------------------------|

| | | | | | | |
|-----|---|-------------------------|--|---|--|--------------------------------|
| 1 | Введение | | | | | |
| 1.1 | Космос – зеркало будущего. Инструктаж по охране труда. | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 1.2 | Квантовый мир | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 1.3 | Микросхемотехника | Интегрированное занятие | Наглядный, частично-поисковый, репродуктивный | Показ презентации и видеоматериалов, наблюдение, решение проблемных ситуаций, беседа, семинар | Презентация и видеоматериалы, проектор | Рефлексия обучающихся, семинар |
| 2 | Индивидуальные и групповые исследования | | | | | |
| 2.1 | Выбор темы исследования | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Беседа, анализ текста, решение проблемных ситуаций | Презентация и видеоматериалы, проектор | Коллективный анализ |
| 2.2 | Анализ доступной научной литературы | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой, частично поисковый | Беседа, анализ текста, решение проблемных ситуаций | Презентация и видеоматериалы, проектор | Коллективный анализ |

| | | | | | | |
|-----|---|--|--|---|---|---------------------------|
| 2.3 | Составления плана проведения исследования | Комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Беседа, анализ текста, консультация | презентация и видеоматериалы, проектор | коллективный анализ |
| 2.4 | Проведение индивидуальных и групповых исследований | Лабораторная работа, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | Лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | Комплекс NanoEducator | Групповой анализ работ |
| 2.5 | Подготовка исследовательских работ для публикации | Комбинированное занятие | Наглядный, частично поисковый, практический, коллективно-групповой | показ презентации, решение проблемных ситуаций, беседа, работа по образцу | презентация и видеоматериалы, проектор, комплекс NanoEducator | групповой анализ работ |
| 2.6 | Подготовка к защите исследовательских проектов | Интегрированное занятие, комбинированное занятие | Исследовательский, репродуктивный, групповой | лабораторная работа, беседа, анализ текста, консультация | презентация и видеоматериалы, проектор | групповой анализ работ |
| 2.7 | Защита индивидуальных исследовательских проектов | Защита проектов | Практический, репродуктивный | защита проектов | презентация и видеоматериалы, проектор | коллективный анализ работ |
| 2.8 | Защита групповых исследовательских проектов | Защита проектов | Практический, репродуктивный | защита проектов | презентация и видеоматериалы, проектор | коллективный анализ работ |
| 3 | Заключение | | | | | |
| 3.1 | Сравнение исследовательских проектов с работами студентов ВУЗ-а | Интегрированное занятие, комбинированное занятие | Практический, репродуктивный | Беседа, анализ текста, консультация | презентация, текст исследований студентов ВУЗ-а | коллективный анализ работ |
| 3.2 | Обсуждение развитие темы исследовательской проектной | Интегрированное занятие, комбинированное занятие | Практический, репродуктивный | Беседа, анализ текста, консультация | презентация | коллективный анализ работ |

| | | | | | | |
|-----|--|--|------------------------------|-------------------------------------|-------------|---------------------------|
| | деятельности | | | | | |
| 3.3 | Обсуждение достигнутых результатов и подведение итогов | Интегрированное занятие, комбинированное занятие | Практический, репродуктивный | Беседа, анализ текста, консультация | презентация | коллективный анализ работ |

5. Список 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

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