

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДЕТСКИЙ ТЕХНОПАРК
«КВАНТОРИУМ»

Принята
на заседании методического совета
Протокол № 1(33)
от «01» сентября 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор

А.В. Андрияшкин
Приказ № 16-СД от «01» сентября 2023 г.



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА
ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ
«В МИРЕ НАНО»

Уровни реализации программы: стартовый, базовый, продвинутый

Возраст обучающихся: 12-18 лет

Срок реализации: 3 года

Составитель:

Карпиков Евгений Геннадиевич,
педагог дополнительного образования

г. Брянск, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	4
Учебный план первого года обучения.....	19
Содержание учебного плана первого года обучения	22
Учебный план второго года обучения	35
Содержание учебного плана второго года обучения	38
Учебный план третьего года обучения	49
Содержание учебного плана третьего года обучения.....	52
Организационно-педагогические условия	64
Программа воспитания.....	73
Список литературы.....	77
Приложения.....	84
Приложение 1. Рабочая программа.....	84

Пояснительная записка

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «В МИРЕ НАНО» (далее - Программа) имеет **естественнонаучную направленность.**

Настоящая программа составлена в соответствии со следующими нормативными документами:

✓ Федеральный закон от 29.12.2012 года № 273-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Об образовании в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2022).

✓ Закон Брянской области от 08.08.2013 года № 62-З «Об образовании в Брянской области».

✓ Приказ Минпросвещения Российской Федерации от 27.07.2022 года № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023).

✓ Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 22.09.2021 года № 652н «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог дополнительного образования детей и взрослых».

✓ Письмо Минобрнауки России от 18.11.2015 года № 09-3242 «О направлении информации по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (включая разноуровневые программы)».

✓ Письмо Министерства просвещения Российской Федерации от 31.01.2022 года № ДГ-245/06 «О направлении методических рекомендаций».

✓ Целевая модель развития региональных систем дополнительного образования детей (утверждена приказом Министерства просвещения РФ от 03.09. 2019 года № 467).

✓ Приказ Министерства просвещения РФ от 13.03.2019 года №114 «Об утверждении показателей, характеризующих общие критерии оценки качества условий осуществления образовательной деятельности, организациями,

осуществляющими образовательную деятельность по основным общеобразовательным программам, образовательным программам среднего профессионального образования, основным программам профессионального обучения, дополнительным общеобразовательным программам».

✓ Приказ Минобрнауки РФ от 23.08.2017 года №816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».

✓ Письмо Минпросвещения РФ от 07.05.2020 года № ВБ 976/04 «О реализации курсов внеурочной деятельности, программ воспитания и социализации, дополнительных общеразвивающих программ с использованием дистанционных образовательных технологий».

✓ Приложение № 1 к письму Минпросвещения России от 07.05.2020 года № ВБ-976/04 «Рекомендации по реализации внеурочной деятельности, программы воспитания и дополнительных общеобразовательных программ с применением дистанционных образовательных технологий»).

✓ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.06.2020 года N 16 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 3.1/2.4.3598-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы образовательных организаций и других объектов социальной инфраструктуры для детей и молодежи в условиях распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19)».

✓ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 года № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4. 3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

✓ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.03.2022 года № 678-р, утвердившее Концепцию развития дополнительного образования детей до 2030 года (с изм. и доп., вступ. в силу с 15.05.2023).

✓ Положение о дополнительной общеобразовательной

общеразвивающей программе ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум».

Данная программа разработана на основе:

- принципов, утвержденных Конвенцией ООН о правах ребенка;
- собственного педагогического опыта.

Новизна программы

Сегодня нанотехнологии, предсказанные в середине прошлого века, относятся к лидирующим, инновационным, областям развития научного знания, которое аккумулирует большие интеллектуальные и материальные усилия.

Данная программа направлена на освоение трех типов личностных результатов обучающихся: знаниевое, мотивационное и деятельностное, а также обогащение мировоззренческого компонента личности. В области мировоззрения предполагается формирование знания соответствующего современному уровню развития науки и техники. В области знания планируется формирование готовности и способности к образованию, в том числе самообразованию, сознательное отношение к непрерывному образованию, как условию успешной деятельности. В мотивационном компоненте предлагается участие обучающихся в научных мероприятиях и конкурсах различного уровня с целью формирования образовательного портфолио. Деятельностные результаты предполагают получение практических навыков работы с лабораторным и высокоточным исследовательским оборудованием.

Образовательная программа решает следующие основные задачи:

- формирование у обучающихся углубленных знаний в области фундаментальных дисциплин;
- умение работать в группе, проводить литературно-патентные изыскания и экономическое обоснование, представлять проекты и вступать в научные дискуссии;
- получение навыков работы с научно-исследовательским инструментарием, в том числе высокоточным, а также обработки полученной информации.

Актуальность программы

Существующие образовательные программы, как за рубежом, так и в России, затрагивающие достижения нанотехнологий, как правило, представляют собой лекционный материал, который не отражает практическую значимость, и представляет собой сложный набор научных терминологий, доступный для понимания узкого круга слушателей. В предлагаемой Программе наставник выступает в качестве связующего звена («переводчика») научной действительности и детского восприятия.

Отличительные особенности

Отличительной особенностью Программы является междисциплинарность, базирующаяся на углубленном знании фундаментальных дисциплин физика и химия в связи с математикой, информатикой, биологией, геологией, экономикой, медициной, техникой и т.д., что позволяет затронуть широкий спектр интересов обучающихся. Практическая деятельность является важной и неотъемлемой составляющей программы, способствующей более качественному усвоению материала, а также стимулированию познавательных способностей, приобретению навыков исследовательской деятельности, этики и вовлечению обучающихся в проектную деятельность, результатом которой становится интеллектуальный или материальный продукт.

Адресат программы – обучающиеся 12-18 лет.

Объём и срок усвоения программы

Дополнительна общеобразовательная общеразвивающая программа «В МИРЕ НАНО» является разноуровневой. Уровни освоения программы: стартовый, базовый, продвинутый.

Срок освоения программы – 3 года, всего – 432 часа.

Формы и режим занятий:

- 1 год обучения – стартовый уровень и базовый уровень: количество учебных часов на группу - 4 часа, из них: 2 групповых, 2 подгрупповых (звеньевых);

- 2 год обучения – базовый уровень: количество учебных часов на группу - 4 часа, из них: 2 групповых, 2 подгрупповых (звеньевых);
- 3 год обучения – продвинутый уровень: количество учебных часов на группу - 4 часа, из них: 2 групповых, 2 подгрупповых (звеньевых).

Формы и режим занятий

Год обучения	Возраст обучающихся	Продолжительность занятий	Режим занятий	Кол-во часов в неделю	Кол-во часов в год	Наполняемость учебной группы	Формы организации учащихся на занятиях
1 год обучения «Физика и химия атомного мира»	12-15 лет	45 минут	2 раза в неделю по 2 часа	4 часа	144 часа	15 человек	Групповая, подгрупповая (звеньевая)
2 год обучения «Твой наномир»	13-16 лет	45 минут	2 раза в неделю по 2 часа	4 часа	144 часа	15 человек	Групповая, подгрупповая (звеньевая)
3 год обучения «Наномагия»	15-18 лет	45 минут	2 раза в неделю по 2 часа	4 часа	144 часа	15 человек	Групповая, подгрупповая (звеньевая)

Форма проведения занятий: групповая исследовательская работа, групповая практическая работа, лекция, беседа, конференция, мастер-класс, экскурсия, эксперимент, лабораторное занятие, защита проектов, открытое занятие.

При невозможности проведения очных занятий (внешние факторы, включающие неблагоприятную эпидемиологическую обстановку) возможно проведение занятий в дистанционном формате с целью реализации Программы.

Формы и режим занятий при использовании электронного обучения, дистанционных образовательных технологий с использованием ПЭВМ (демонстрация обучающих фильмов, программ) для разных возрастных групп

Возраст обучающихся	Продолжительность одного занятия	Продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ	Периодичность в неделю	Количество часов в неделю
12-13 лет	не более 20 минут	15 минут	2	4
14-18 лет	не более 30 минут	15 минут	2	4

Во время проведения занятий работа с гаджетами чередуется с другими видами деятельности – чтение или письмо.

Для профилактики утомления в перерыве между занятиями проводится гимнастика для глаз.

Цель дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы «В МИРЕ НАНО» – создание условий для формирования интереса обучающихся при помощи инженерно-технического проектирования в области физико-химической манипуляции малыми объектами, получение импульса обучающимися для дальнейшего саморазвития в современной физике квантового и атомного взаимодействия малых частиц, привитие навыков изобретательства и поощрение стремления к реализации собственных идей, получение необходимых знаний и умений командной работы.

Задачи Программы:

Обучающие задачи:

- организовать работу по освоению «soft» и «hard» компетенций;
- организовать деятельность обучающихся по изучению особенностей проектной деятельности: этапы реализации проекта и инструменты организации проектной работы, представление результатов проекта;
- обеспечить усвоение основных понятий и законов квантовой, атомной и ядерной физики;
- обеспечить усвоение основных понятий и законов неорганической и коллоидной химии;
- организовать деятельность обучающихся по самостоятельному применению знаний и умений на различных этапах реализации проекта;

- организовать деятельность обучающихся по углубленному освоению проектной деятельности и проведению научно-исследовательских изысканий;
- обеспечить усвоение основных понятий и законов, используемых при изучении нанотехнологий;
- сформировать знание основных направлений развития современных нанотехнологий;
- обеспечить усвоение основных физических методов получения наноструктур, а также методов диагностики наноматериалов и их свойств;
- организовать лабораторный практикум;
- организовать работу по углубленному изучению приборов и оборудования, применяемых для исследования и манипуляции нано-объектами, рассмотреть их устройство и принцип работы;
- сформировать стремление к углубленным подходам в научно-исследовательской и проектной деятельности;
- обеспечить воплощение и развитие научно-практических идей обучающихся, выявленных на основе ранее полученных знаний, при непосредственном вовлечении в проектную деятельность;
- освоить теоретические подходы к патентной защите результатов научно-исследовательской работы при реализации финальных этапов проектной деятельности;
- рассмотреть начальные экономические аспекты реализации научно-исследовательской проектной деятельности.

Развивающие задачи:

- сформировать умение ориентироваться на идеальный конечный результат, ставить перед собой конкретные задачи, разбивать их на отдельные этапы и добиваться их выполнения;
- сформировать умение пользоваться технической литературой;
- сформировать целостную физическую и химическую картины мира;
- сформировать интерес к техническим знаниям;

- развить у обучающихся техническое мышление, изобретательность, образное, пространственное и критическое мышление;
- сформировать учебную мотивацию и мотивацию к творческому поиску;
- развить аккуратность, внимание и самоконтроль;
- стимулировать познавательную активность обучающихся посредством включения их в различные виды конкурсной деятельности;
- сформировать организаторские и лидерские качества;
- сформировать умение работать в команде;
- получить практический опыт исследования и манипуляции нано-объектами при помощи современного лабораторного и научно-исследовательского оборудования;
- освоить методы контрастирования, поляризации, интерференции, люминесценции, монохроматизации, преодоления предела разрешающей способности в оптической микроскопии; овладеть принципами работы сканирующей зондовой микроскопии; сформировать способность, а также развить практический опыт, работы в малых научно-исследовательских группах при четком распределении ролей;
- овладеть навыками составления патентной документации для правовой защиты результатов научно-исследовательской деятельности;
- получить начальные навыки технико-экономического обоснования продукта, полученного в ходе проектных изысканий.

Воспитательные задачи:

- воспитать дисциплинированность, ответственность, самоорганизацию;
 - воспитать трудолюбие, уважение к труду;
 - воспитать чувство патриотизма, гражданственности, гордости за достижения отечественной науки и техники;
- воспитать сознательность, гражданскую ответственность, самостоятельность, активность, инициативность, целеустремленность, настойчивость, уверенность в своих силах, культуру поведения, толерантность;

- способствовать формированию культуры научной достоверности, полученных результатов, а также стремлению к здоровому образу жизни;
- содействовать профессиональной профорientации обучающихся.

Цель программы первого года обучения (стартовый уровень, базовый уровень) – сформировать у обучающихся знания и навыки в области атомного и квантового мира в ходе командной работы и исследовательской деятельности.

Задачи программы первого года обучения (стартовый уровень, базовый уровень):

Обучающие задачи:

1. Формировать устойчивый интерес к проблемам химии, физики.
2. Расширить область знаний по направлению.
3. Познакомить с терминологией и основными понятиями.
4. Познакомить с особенностями разработки научно-технических и исследовательских проектов.
5. Познакомить с физикой атомного и квантового миров.
6. Способствовать формированию навыков исследовательской деятельности.

Развивающие задачи:

1. Развить творческие способности и познавательный интерес в области наночастиц.
2. Развить у обучающихся систему умственных действий и операций, таких как анализ, синтез, сравнение, обобщение и др.

Воспитательные задачи:

1. Воспитывать умения видеть, чувствовать, понимать, проявляя самостоятельность и творческую активность.
2. Способствовать формированию коммуникативной культуры, терпимость к чужому мнению, умение работать в группе.
3. Воспитывать аккуратность, чувство самоконтроля, взаимопомощи.
4. Привить бережное отношение к окружающему миру.

Цель программы второго года обучения (базовый уровень) – сформировать у обучающихся навыки и знания в области нанотехнологий и наноматериалов.

Задачи программы второго года обучения (базовый уровень):

Обучающие задачи:

1. Научить работе с учебной литературой, извлечению из нее важной информации, установлению взаимосвязи между отдельными фрагментами текста, так и между разными темами.
2. Научить работать с заданиями, отличающимися по своей формулировке, типологии, уровню сложности.
3. Сформировать базовые навыки работы с опытными образцами.
4. Расширить знания в области наноструктур, диагностике наноматериалов.
5. Обучить основам работы при выполнении проектной деятельности.

Развивающие задачи:

1. Развить творческие способности и познавательный интерес в изучаемой области.
2. Развить у обучающихся систему умственных действий и операций, таких как анализ, синтез, сравнение, обобщение и др.

Воспитательные задачи:

1. Воспитывать умения видеть, чувствовать, понимать, проявляя самостоятельность и творческую активность.
2. Способствовать формированию коммуникативной культуры, терпимость к чужому мнению, умение работать в группе.
3. Воспитывать аккуратность, чувство самоконтроля, взаимопомощи.
4. Привить бережное отношение к окружающему миру.

Цель программы третьего года обучения (продвинутый уровень) – сформировать у обучающихся навыки и знания в области оптической микроскопии посредством проектно-исследовательской деятельности.

Задачи программы третьего года обучения (продвинутый уровень):

Обучающие задачи:

1. Научить приемам работы с информацией – от тренировки памяти до систематизации материала, его трансформации в текст, таблицу, график и обратно.
2. Научить распределить время для осмысления предложенных заданий и грамотного изложения знаний в тестовых заданиях, заданий с развернутым ответом и заданий с нестандартным решением.
3. Обучить работе в химической лаборатории.
4. Способствовать формированию основных учебных компетенций по направлению.
5. Формировать навыки и умения в области электронной микроскопии.
6. Расширить базовые знания в области нанотехнологий.
7. Освоить методы преодоления разрешающей способности в оптической микроскопии.
8. Овладеть навыками составления патентной документации для защиты результатов исследовательской деятельности.
9. Обучить навыкам технико-экономического обоснования продуктов, полученного в ходе проектных изысканий.

Развивающие задачи:

1. Способствовать формированию учебной мотивации и познавательной активности.
2. Сформировать умение ориентироваться на конечный результат, ставить перед собой конкретные задачи, разбивая их на отдельные этапы и добиваться их выполнения.
3. Сформировать умение пользоваться технической литературой.
4. Сформировать умение работать в команде.
5. Сформировать организаторские и лидерские качества.

Воспитательные задачи:

1. Воспитывать умения видеть, чувствовать, понимать, проявляя самостоятельность и творческую активность.

2. Формировать коммуникативную культуру, терпимость к чужому мнению, умение работать в группе (команде).
3. Воспитывать аккуратность, чувство самоконтроля, взаимопомощи.
4. Способствовать формированию культуры научной достоверности полученных результатов, стремлению к здоровому образу жизни.
5. Содействовать профессиональной ориентации обучающихся.

По окончании программы первого года обучения – стартовый уровень, базовый уровень освоения программы, обучающиеся будут:

Знать:

- историю развития квантовой физики и химии;
- основные понятия и законы квантовой, атомной и ядерной физики, неорганической и коллоидной химии;
- особенности разработки научно-технических и исследовательских проектов.

Уметь:

- работать в команде, быстро адаптироваться, презентовать себя;
- критически мыслить и оценивать полученные результаты;
- работать с ПК и современными программами обработки и представления информации.

Смогут владеть:

- навыками поиска, сбора, обработки и редактирования информации;
- навыками работы с научной, технической и патентной документацией;
- навыками презентации и защиты научно-технических и исследовательских проектов.

У обучающихся 1 года обучения недостаточно сформировано желание учиться и развиваться, есть четко поставленные цели овладеть теоретическими и практическими навыками в сфере нанотехнологий, однако нечетко определены направления развития, слабо сформировано умение работать в команде, быстро адаптироваться и презентовать себя, присутствует цифровая грамотность, высокая ответственность и критическое мышление.

По окончании программы второго года обучения – базовый уровень освоения программы, обучающиеся будут:

Знать:

- историю развития нанотехнологий;
- терминологию нанотехнологий;
- классификацию наноструктур и нанобъектов, а также их отличительные особенности;
- методы детектирования нанообъектов и их свойств.

Уметь:

- обращаться с оптическими микроскопами;
- работать со сканирующим электронным микроскопом;
- применять спектрофотометр;
- пользоваться лабораторным оборудованием;
- работать в команде, быстро адаптироваться, презентовать себя;
- критически мыслить и оценивать полученные результаты.

Смогут владеть:

- методиками научно-исследовательской деятельности;
- методами получения наноструктур и нанообъектов;
- навыками работы с научной, технической и патентной документацией;
- навыками презентации и защиты научно-технических и исследовательских проектов.

У обучающихся 2 года обучения недостаточно сформировано знание об основных направлениях развития современных нанотехнологий, классификации наноструктур и их методах получения, а также способах детектирования структуры и свойств наномодифицированных материалов, слабо сформировано умение быстро адаптироваться и презентовать себя, недостаточно развито владение современным оптическим и цифровым оборудованием, используемым при изучении и получении наноструктур, нечетко определены направления развития, присутствует цифровая грамотность, высокая ответственность и критическое мышление.

**По окончании программы третьего года обучения – продвинутый
уровень освоения программы, обучающиеся будут:**

Знать:

- устройство и принцип работы приборов и оборудования, применяемых для исследования и манипуляции нанообъектами;
- теоретические подходы к патентной защите результатов научно-исследовательской работы при реализации финальных этапов проектной деятельности;
- начальные экономические аспекты реализации научно-исследовательской проектной деятельности.

Уметь:

- исследовать и манипулировать микрообъектами при помощи оптической микроскопии;
- исследовать и манипулировать нано-объектами при помощи сканирующего электронного микроскопа;
- формировать документацию для защиты интеллектуальной собственности;
- рассчитывать технико-экономические показатели конечного продукта научно-исследовательского проекта.

Смогут владеть:

- углубленными подходами в научно-исследовательской и проектной деятельности;
- методами настройки и управления оптическим микроскопом;
- методами настройки и управления сканирующим электронным микроскопом;
- навыками составления патентной документации для правовой защиты результатов научно-исследовательской деятельности;
- навыками технико-экономического обоснования продукта, полученного в ходе проектных изысканий.

У обучающихся 3 года обучения недостаточно сформировано знание о приборах и оборудовании, применяемых для исследования и манипуляции нано-

объектами, отсутствует понимание их устройства и принципа работы, не освоены теоретические подходы к патентной защите результатов научно-исследовательской работы при реализации финальных этапов проектной деятельности, а так же слабо выработано представление о принципах технико-экономического обоснования продукта, полученного в ходе проектных изысканий.

Формы контроля/аттестации

В течение учебного года используются следующие виды и формы контроля знаний, умений и навыков, полученных обучающимися.

Вид контроля	Форма контроля
Входной контроль	Опрос, тестирование
Текущий контроль	Опрос, беседа, наблюдение, прослушивание
Промежуточный контроль	Тестирование, опрос
Итоговый контроль	Защита (презентация) проектов

**Учебный план первого года обучения
«Физика и химия атомного мира»**

№	Раздел, тема	Количество часов			Формы контроля
		Теоретические	Практические	Общие	
	Стартовый уровень				
	Введение в предмет. Инструктаж по технике безопасности	2	-	2	Опрос, тестирование
	Занятие на командообразование	1	1	2	Опрос, наблюдение, прослушивание
	Раздел 1. История атома	4	4	8	
1.1	История появления и развития химического знания об атомах	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.2	Химия нанобъектов	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.3	История появления и развития физического знания об атомах.	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.4	Физика нанобъектов	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
	Раздел 2. Физика атомного мира	17	9	26	
2.1	Строение атома	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.2	Спектральный принцип Бора	2	-	2	Опрос, беседа
2.3	Основы спектроскопии	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.4	Теория атомного ядра	2	-	2	Опрос, беседа
2.5	Силы ядерного взаимодействия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.6	История открытия радиоактивности	2	-	2	Опрос, беседа
2.7	Знакомство с изотопами	-	2	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.8	Таблица ядер изотопов	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.9	Виды радиоактивного распада ядер	2	-	2	Опрос, беседа
2.10	Период полураспада	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.11	Методы детектирования радиации	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.12	Физические способы получения наночастиц. Способ получения «Сверху вниз»	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.13	Промежуточная аттестация	1	1	2	Опрос, тестирование
	Раздел 3. Химия атомного мира	17	17	34	
3.1	История появления и развития химического знания об атомах	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.2	Химия нанобъектов	1	1	2	Опрос, беседа,

					наблюдение
3.3	Объекты нанохимии	2	-	2	Опрос, беседа
3.4	Классификации наночастиц	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.5	Распределение электронов в атоме	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.6	Принцип минимума энергии	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.7	Квантовые числа и платоновы тела в теории построения электронных орбиталей	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.8	Правило Клечковского	1	3	4	Опрос, беседа, наблюдение
3.9	Исключения из правила Клечковского	-	2	2	Опрос, наблюдение, прослушивание
3.10	Основные понятия и законы неорганической химии	2	-	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.11	История возникновения коллоидной химии	2	-	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.12	Классификация дисперсных систем	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.13	Способы получения дисперсных систем	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.14	Устойчивость дисперсных систем	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.15	Химические способы получения наночастиц. Способ получения «Снизу вверх»	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.16	Промежуточная аттестация	1	1	2	Опрос, тестирование
	Базовый уровень				
	Раздел 4. Физика квантового мира	16	8	24	
4.1	История возникновения квантовой физики	2	-	2	Опрос, беседа
4.2	Классическая физика и квантовый мир	2	-	2	Опрос, беседа
4.3	Корпускулярно-волновой дуализм света	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.4	Тепловое излучение. Ультрафиолетовая катастрофа.	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.5	Гипотеза о квантах	2	-	2	Опрос, беседа
4.6	Тепловое излучение вселенной	2	-	2	Опрос, беседа
4.7	Фотоэффект	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.8	Квантовые размерные эффекты	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.9	Оптика и квантовые свойства света	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.10	Квантовый компьютер	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.11	Лазер и лазерное излучение	1	1	2	Опрос, тестирование
4.12	Промежуточная аттестация	1	1	2	Опрос, тестирование

	Раздел 5. Химия квантового мира	11	7	18	
5.1	Приближенная и строгая теория атома водорода	2	-	2	Опрос, беседа
5.2	Спектр атома водорода	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
5.3	Эффективный заряд ядра и экранирование электронов	2	-	2	Опрос, беседа
5.4	Типы связей электронов в атоме	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
5.5	Релаксация орбиталей	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
5.6	Электронные и орбитальные энергии	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
5.7	Потенциальная яма конечной глубины	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
5.8	Потенциальный барьер (туннельный эффект)	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
5.9	Промежуточная аттестация	1	1	2	Опрос, тестирование
	Раздел 6. Основы научных исследований	2	28	28	
6.1	Основы работы с ПК и современными программами обработки и представления информации	-	2	2	Опрос, наблюдение, прослушивание
6.2	Особенности разработки научно-технических и исследовательских проектов	1	1	2	Опрос, тестирование
6.3	Основы работы с научной, технической и патентной документацией	1	1	2	Опрос, тестирование
6.4	Формирование плана работы	-	2	2	Опрос, наблюдение, прослушивание
6.5	Исследование проблематики	-	2	2	Опрос, наблюдение, прослушивание
6.6	Поиск и обзор литературно-патентных источников информации	-	4	4	Опрос, наблюдение, прослушивание
6.7	Разработка проекта	-	8	6	Опрос, наблюдение, прослушивание
6.8	Доработка проекта	-	4	4	Опрос, наблюдение, прослушивание
6.9	Подготовка и представление проекта	-	4	4	Опрос, наблюдение, прослушивание
	Раздел 7. Аттестационные занятия	-	4	4	
7.1	Итоговое занятие (по итогам прохождения уровня программы)	-	4	4	Опрос, беседа, наблюдение
	Итого:	69	75	144	

Содержание учебного плана первого года

«Физика и химия атомного мира»

Стартовый уровень, базовый уровень

Введение в предмет. Инструктаж по технике безопасности.

Теоретическая часть: Введение в предмет. Инструктаж по технике безопасности и правилам поведения. Знакомство учащихся с планом работы и учебной программой.

Занятие на командообразование.

Практическая часть: Знакомство с обучающимися, оборудованием. Игра на командообразование.

Раздел 1. История атома

Тема 1.1 История появления и развития химического знания об атомах

Теоретическая часть: исторические предпосылки появления химического знания об атомах, ученые, выполнившие крупные открытия в области химического знания об атомах, основные выдержки теоретических воззрений об атоме, разных исторических периодов становления химии, как науки.

Практическая часть: информационный поиск, составление хронологической карты открытий в области химического знания об атомах.

Тема 1.2 Химия нанобъектов

Теоретическая часть: общая информация о нанобъектах, получаемых химическими методами.

Практическая часть: знакомство с химической лабораторией и правилами работы с химическим инструментарием.

Тема 1.3 История появления и развития физического знания об атомах

Теоретическая часть: исторические предпосылки появления физического знания об атомах, ученые, выполнившие крупные открытия в области физического знания об атомах, основные выдержки теоретических

воззрений об атоме, разных исторических периодов становления физики, как науки.

Практическая часть: информационный поиск, составление хронологической карты открытий в области физического знания об атомах.

Тема 1.4 Физика нанообъектов

Теоретическая часть: общая информация о нанообъектах, получаемых физическими методами.

Практическая часть: знакомство с физической лабораторией и правилами работы с физическим инструментарием.

Раздел 2. Физика атомного мира

Тема 2.1 Строение атома

Теоретическая часть: эволюция модели атома, состав атома, электронная оболочка атома общие сведения, современная теория строения атома, основные постулаты.

Практическая часть: знакомство с таблицей Д.И. Менделеева, информационный анализ истории поиска системы упорядочивания химических элементов.

Тема 2.2 Спектральный принцип Бора

Теоретическая часть: модель атома Бора, спектры и спектральные линии, принцип соответствия Бора, основные постулаты спектральной теории Бора.

Тема 2.3 Основы спектроскопии

Теоретическая часть: характеристики электромагнитного излучения, электромагнитный спектр, молекулярная спектроскопия, поглощение света растворами, отклонения от закона Бера, закон аддитивности, спектры поглощения.

Практическая часть: знакомство с устройством спектрофотометра и принципов определения спектров поглощения растворов в оптической области электромагнитного излучения.

Тема 2.4 Теория атомного ядра

Теоретическая часть: история развития моделей атомного ядра, классификация моделей строения атомного ядра, капельная модель строения атомного ядра, оболочечная модель атомного ядра.

Тема 2.5 Силы ядерного взаимодействия

Теоретическая часть: свойства ядерных сил, потенциал нуклон-нуклонного взаимодействия, независимость от электрического заряда, элементарная теория дейтрона, насыщение, обменный характер, основы мезонной теории ядерных сил, современные теории ядерных сил.

Практическая часть: модель ядра своими руками.

Тема 2.6 История открытия радиоактивности

Теоретическая часть: основные этапы открытия и становления теории радиоактивности.

Тема 2.7 Знакомство с изотопами

Теоретическая часть: дефект массы и энергия связи ядра, знакомство с изотопами химических элементов, разделение изотопов, изотопные стандарты, геохимия стабильных изотопов, формирование изотопов воды в атмосферном цикле, общие сведения о методах датирования с помощью изотопов

Практическая часть: знакомство с изотопами простых элементов, выделение областей применения изотопов, изотопия воды в атмосфере

Тема 2.8 Таблица ядер изотопов

Практическая часть: знакомство с таблицей изотопов, общие сведения о рядах распада изотопов, принципы работы с таблицей изотопов.

Тема 2.9 Виды радиоактивного распада ядер

Теоретическая часть: радиоактивный распад и ионизирующее излучение, основные типы ядерных превращений, общие сведения об α -распаде, механизм α -распада, общие сведения о β -распаде, электронный β^- -распад, позитронный β^+ -распад, электронный захват, γ -излучение ядер.

Практическая часть: построение распада радиоактивного элемента.

Тема 2.10 Период полураспада

Теоретическая часть: основной закон радиоактивного распада, статистика распада, основные сведения о периоде полураспада некоторых элементов, источники нейтронов, замедление нейтронов.

Практическая часть: способы определения периода полураспада некоторых элементов.

Тема 2.11 Методы детектирования радиации

Теоретическая часть: история создания приборов для детектирования радиации, классификация приборов для регистрации радиоактивного излучения, фотографический метод, ионизационный метод, люминесцентный метод, оптический метод, калориметрический метод, химические методы.

Практическая часть: знакомство с устройством и принципом работы некоторых приборов для детектирования радиации.

Тема 2.12 Физические способы получения наночастиц. Способ получения «Сверху вниз»

Теоретическая часть: общие сведения о физических методах получения наночастиц (физическое осаждение из парового состояния, распыление расплава, механическое измельчение).

Практическая часть: получение стабильного коллоидного раствора минеральных микрочастиц при помощи метода механо-химической активации в ультразвуке. Ультразвуковая кавитация водной суспензии.

Раздел 3. Химия атомного мира

Тема 3.1 История появления и развития химического знания об атомах

Теоретическая часть: преахимический этап (ремесленная химия, античная натурфилософия, античный атомизм), алхимический этап (александрийская, арабская, европейская алхимии, иатрохимия и техническая химия), этап становления (экспериментальное естествознание, Р. Бойль и появление научной химии, флогистон, кислородная теория горения, химическая революция), этап количественных законов (стехиометрия, теория Дальтона, атомные массы, теории Дэви и Берцелиуса), этап классической

химии (периодическая система элементов, структурная химия, физическая химия).

Практическая часть: экспериментальная проверка классических теорий

Тема 3.2 Объекты нанохимии

Теоретическая часть: общие сведения о квантовых точках, фуллеренах, коллоидных растворах, микроэмульсиях, квантовых нитях, нанотрубках, нановолокнах, нанокапилярах, нанопорах, квантовых ямах, нанопленках и нанослоях, получаемых химическими методами.

Тема 3.3 Химия нанобъектов

Теоретическая часть: вискеры, манганиты, высокотемпературные сверхпроводники, фотонные кристаллы, алмазоиды, клатраты.

Практическая часть: исследование свойств фотонных кристаллов.

Тема 3.4 Классификации наночастиц

Теоретическая часть: единичные атомы, кластеры, частицы, компактное вещество.

Практическая часть: изучение ГОСТ ISO/TS 80004-1-2017

Тема 3.5 Распределение электронов в атоме

Теоретическая часть: строение электронной оболочки, электронные слои, электронные обитали.

Практическая часть: выполнение макета электронной оболочки простых атомов, масштабирование электронной оболочки атома.

Тема 3.6 Принцип минимума энергии

Теоретическая часть: многоэлектронные атомы, спины, принцип максимума, принцип Паули, правило Гунда.

Практическая часть: закрепление правил построения оболочек многоэлектронных атомов.

Тема 3.7 Квантовые числа и платоны тела в теории построения электронных орбиталей

Теоретическая часть: квантовые числа, Платоновы тела, внешняя электронная оболочка атома.

Практическая часть: построение Платоновых тел, мозговой штурм на тему «Физические процессы, протекающие на внешней электронной оболочке атома, и их взаимосвязь с Платоновыми телами».

Тема 3.8 Правило Клечковского

Теоретическая часть: закрепление и обобщение правил построения электронных оболочек атомов, правило Клечковского

Практическая часть: запись электронных формул многоатомных элементов

Тема 3.9 Исключения из правила Клечковского

Практическая часть: запись электронных формул исключений из правила Клечковского

Тема 3.10 Основные понятия и законы неорганической химии

Теоретическая часть: закон сохранения массы, закон эквивалентности, общая характеристика p-, s-, d-элементов, ковалентная связь, метод валентных связей, многоцентровые связи, ионные связи.

Тема 3.11 История возникновения коллоидной химии

Теоретическая часть: исследования М. Фарадея, Т. Грэма, критическая температура веществ Д.И. Менделеева, концепция универсального коллоидного состояния вещества П.П. Веймарна, закон броуновского движения и диффузии коллоидных частиц А. Эйнштейна, гетерогенная природа коллоидных растворов Р. Зигмонди, седиментационно-диффузионное равновесие дисперсий в поле силы тяжести Ж. Перрена и в центрифуге Т. Сведберга, светорассеяние Дж. Рэлея, коагуляция золь электролитами Г. Шульце и В. Гарди.

Тема 3.12 Классификация дисперсных систем

Теоретическая часть: газ, жидкость, твердое вещество, природа коллоидного состояния, основные физико-химические свойства коллоидных растворов (рассеяние света, закон Рэлея, опалесценция, фихромизм)

Практическая часть: определение свойств коллоидных растворов, эффект Тиндаля, мозговой штурм на тему «Объяснение эффекта Тиндаля».

Тема 3.13 Способы получения дисперсных систем

Теоретическая часть: дисперсионные методы, конденсационные методы.

Практическая часть: определение удельной поверхности минеральных порошков, измельченных в мельнице, оптические свойства растворов минеральных суспензий, полученных методом ультразвукового диспергирования.

Тема 3.14. Устойчивость дисперсных систем

Теоретическая часть: кинетическая, агрегативная, конденсационная, коагуляция, правило Шульца-Гарди, привыкание зольей, основные разновидности стабилизаторов, применяемых для повышения коагуляционной устойчивости дисперсных систем.

Практическая часть: сравнение скорости осаждения коллоидных растворов с применением различных стабилизаторов и без них.

Тема 3.15 Химические способы получения наночастиц. Способ получения «Снизу вверх»

Теоретическая часть: получение наночастиц в растворах, золь-гель синтез.

Практическая часть: получение ионов серебра при помощи метода восстановления в растворе, получение пленок золь-гель методом.

Тема 3.16 Промежуточная аттестация

Теоретическая часть: выполнение тестового задания по итогам пройденного модуля, устный опрос в режиме беседы.

Практическая часть: получение наночастиц одним из методов, изученных в модуле.

Базовый уровень

Раздел 4. Физика квантового мира

Тема 4.1 История возникновения квантовой физики

Теоретическая часть: М. Планк и проблема излучения абсолютно черного тела, квант действия, Х.А. Лоренц и «ультрафиолетовая катастрофа», фотоэффект, «Гипотеза световых квантов», А. Эйнштейн и проблема квантовой и волновой теории света, модель атома Н. Бора.

Тема 4.2 Классическая физика и квантовый мир

Теоретическая часть: классическая природа атома А. Эйнштейна и квантовая природа атома Н. Бора, Э. Резерфорд и атомное ядро, планетарная модель атома, проблема понижения энергии электрона, спектральная теория атома Н. Бора, конфликт традиционалистов и новаторов, Л. де Бройль и теория радиоволн, принцип запрета В. Паули, волновое уравнение И. Шредингера, матричная теория В. Гейзенберга и М. Борна, принцип неопределенности В. Гейзенберга, мысленный эксперимент «Кот Шредингера».

Тема 4.3 Корпускулярно-волновой дуализм света

Теоретическая часть: фотоны, давление света, импульс фотона, энергия фотона, фотоэлектрический эффект, закон Комптона.

Практическая часть: решение практических задач по теме занятия.

Тема 4.4 Тепловое излучение. Ультрафиолетовая катастрофа

Теоретическая часть: закон Кирхгофа, закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина, формула Рилея-Джинса, формула Планка.

Практическая часть: решение практических задач по теме занятия.

Тема 4.5 Фотоэффект

Теоретическая часть: опыты Столетова, законы фотоэффекта, трудности классического объяснения фотоэффекта, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

Практическая часть: практическая работа «Зависимость фототока от напряжения».

Тема 4.6 Гипотеза о квантах

Теоретическая часть: гипотеза о квантах М. Планка, гипотеза Л. де Бройля, опыт Дэвиссона и Джермера, опыт Бибермана, Сушкина и Фабриканта.

Тема 4.7 Тепловое излучение вселенной

Теоретическая часть: реликтовое излучение, спектр реликтового излучения, красное смещение, горячая Вселенная и эпоха рекомбинации, последнее рассеяние, анизотропия реликтового излучения

Тема 4.8 Квантовые размерные эффекты

Теоретическая часть: «квантовая запутанность», «туннельный эффект».

Практическая часть: мозговой штурм на тему «Критика чистого разума И. Канта».

Тема 4.9 Оптика и квантовые свойства света

Теоретическая часть: волновая оптика, интерференция света, дифракция света, взаимодействие света с веществом, поляризация света, элементы кристаллооптики, квантовая природа излучения, волновые свойства микрочастиц вещества.

Практическая часть: вращение крыльчатки радиометра Крукса под действием различных волновых излучателей различной природы

Тема 4.10 Квантовый компьютер

Теоретическая часть: квантовые вычисления, квантовые коммуникации, суперпозиция, квантовое превосходство

Практическая часть: литературный поиск на тему «Современные достижения в квантовой вычислительной технике»

Тема 4.11 Лазер и лазерное излучение

Теоретическая часть: природа усиления света, пространственные характеристики лазерного пучка, устройство лазера, газовые лазеры, лазеры на парах металлов, твердотельные лазеры, диодные лазеры, перестраиваемые лазеры, практическое применение лазерной техники.

Практическая часть: изучение физических принципов работы и сборка макета твердотельного лазера.

Промежуточная аттестация

Теоретическая часть: выполнение тестового задания по итогам пройденного модуля, устный опрос в режиме беседы.

Практическая часть: решение практических задач по темам модуля.

Раздел 5. Химия квантового мира

Тема 5.1 Приближенная и строгая теория атома водорода

Теоретическая часть: модели Томпсона и Резерфорда в приближенной теории атома водорода, постулаты Бора в приближенной теории атома водорода, строгая теория атома водорода, серии Бальмера, Лаймана, Пашена, Брэкета, Пфунда, Хэмфри.

Тема 5.2 Спектр атома водорода

Теоретическая часть: спектральные серии атома водорода, спектр атома водорода в квантовой теории, ширина и интенсивность спектральной линии.

Практическая часть: определение ширины и интенсивности спектральной линии атома.

Тема 5.2 Эффективный заряд ядра и экранирование электронов

Теоретическая часть: потенциал ионизации, закон Мозли, эффективный заряд ядра и экранирование электронов.

Тема 5.3 Типы связей электронов в атоме

Теоретическая часть: классические типы связей электронов в атоме, канонические и локализованные молекулярные орбитали, критерии локализации, атомные орбитали Слэйттера, базисные функции гауссова типа.

Практическая часть: построение электронных орбиталей.

Тема 5.4 Релаксация орбиталей

Теоретическая часть: химический сдвиг, спин-спиновое взаимодействие, релаксация.

Практическая часть: упрощенное изучение устройства и принципа работы спектрометра ЯМР.

Тема 5.5 Электронные и орбитальные энергии

Теоретическая часть: электронные и орбитальные энергии атома, молекул с закрытыми и открытыми оболочками.

Практическая часть: построение молекулярных орбиталей молекулы метана.

Тема 5.6 Потенциальная яма конечной глубины

Теоретическая часть: упрощенное понятие о яме конечной глубины, упрощенное объяснение уравнения Шредингера.

Практическая часть: информационный поиск на тему: «Проявление ям в природе и человеке».

Тема 5.7 Потенциальный барьер (туннельный эффект)

Теоретическая часть: упрощенное объяснение туннельного эффекта, рассеяние на потенциальном пороге, рассеяние на потенциальной яме.

Практическая часть: информационный поиск на тему: «Примеры туннельного эффекта в природе и человеке».

Промежуточная аттестация

Теоретическая часть: выполнение тестового задания по итогам пройденного модуля, устный опрос в режиме беседы.

Практическая часть: решение практических задач по темам модуля.

Раздел 6. Основы научных исследований

Тема 6.1 Основы работы с ПК и современными программами обработки и представления информации

Практическая часть: основы работы с Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, построение графиков в Sigma Plot и Scilab.

Тема 6.2 Особенности разработки научно-технических и исследовательских проектов

Теоретическая часть: понятие об объекте и предмете исследования, постановка целей и задач исследования, выявление актуальности, степени научной новизны, теоретической и практической значимости проекта, определение методологии и подбор методов исследования.

Практическая часть: применение изученного материала к индивидуальной проектной тематике, написание введения индивидуального или группового проекта.

Тема 6.3 Основы работы с научной, технической и патентной документацией

Теоретическая часть: основы работы в электронных библиотечных системах e.lanbook.com, book.ru, rucont.ru, elibrary.ru, основы работы в электронной базе патентов fips.ru.

Практическая часть: литературно-патентный поиск информации по проектной тематике.

Тема 6.4 Формирование плана работы

Практическая часть: формирование плана работы над практической частью индивидуального или группового проекта в соответствии с выбранной тематикой.

Тема 6.5 Исследование проблематики

Практическая часть: исследование практической части индивидуального или группового проекта в соответствии с выбранной тематикой, проработка методологии и методов исследования.

Тема 6.6 Поиск и обзор литературно-патентных источников информации

Практическая часть: написание первого раздела индивидуального или группового проекта в соответствии с выбранной тематикой.

Тема 6.7 Разработка проекта

Практическая часть: проработка результатов, полученных в ходе исследования, представление результатов, написание второго раздела индивидуального или группового проекта в соответствии с выбранной тематикой, составление основных выводов.

Тема 6.8 Доработка проекта

Практическая часть: работа над презентационной частью индивидуального или группового проекта, распределение ролей в представлении групповых проектов.

Тема 6.9 Подготовка и представление проекта

Практическая часть: представление подготовленного индивидуального или группового проекта, ответы на вопросы по тематике

выполненной работы.

Раздел 7. Аттестационные занятия

Тема 7.1 Итоговое занятие (по итогам прохождения уровня программы)

Практическая часть: подведение итогов, работа над ошибками, планирование проектной деятельности второго года обучения.

Учебный план второго года обучения
«Твой наномир»
Базовый уровень освоения программы

№	Раздел, тема	Количество часов			Формы контроля
		Теоретические	Практические	Общие	
1	Вводное занятие. Техника безопасности в лаборатории. Пожарная безопасность. Электробезопасность. Первая медицинская помощь	2	0	2	Опрос, беседа
	Раздел 1. Введение в предмет нанотехнологий	6	6	12	
1.1	История развития и основные направления нанотехнологий. Введение в терминологию нанотехнологий	2	-	2	Опрос, беседа
1.2	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.3	Основные отличительные особенности наноматериалов. Свойства наноматериалов	2	-	2	Опрос, беседа
1.4	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.5	Квантово-размерные эффекты в наноструктурах	2	-	2	Опрос, беседа
1.6	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
	Раздел 2. Наноматериалы	10	28	38	
2.1	Способы формирования квантово-размерных структур. Классификация наноразмерных объектов и систем на их основе	1	1	2	Опрос, беседа
2.2	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.3	Углеродные фуллерены и нанотрубки	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.4	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.5	Микро- и мезопористые материалы	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.6	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.7	Структуры «Ядро в оболочке»	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.8	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.9	Органо-неорганические гибриды	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.10	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.11	Интеркаляционные соединения	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.12	Наноккомпозиты. Нанозернистые материалы	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.13	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.14	Инвертированные опалы	1	1	2	Опрос, беседа,

					наблюдение
2.15	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.16	Биоиндуцированные наноматериалы	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.17	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.18	Промежуточная аттестация	1	1	2	Опрос, тестирование
2.19	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
	Раздел 3. Физические методы получения наноструктур	11	33	44	
3.1	Фотолитография. Фотолитография с фазовым сдвигом	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.2	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
3.3	Электронно-лучевая литография. Рентгеновская литография	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.4	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
3.5	Литография с использованием сфокусированного ионного пучка. Литография на нейтральных атомных пучках	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.6	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
3.7	Наноманипуляции. Нанолитография	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.8	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
3.9	Микроконтактная печать. Нанолитье	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.10	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
3.11	Наноимпринт. Перьевая нанолитография	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.12	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
3.13	Силы, обусловленные капиллярными явлениями при сборке наночастиц и нанонитей. Дисперсионные взаимодействия при сборке наночастиц и нанонитей	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.14	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
3.15	Сборка под действием сил сдвигового течения. Сборка в электрическом поле	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.16	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
3.17	Ковалентно-связанная сборка. Сборка в гравитационном поле	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.18	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
3.19	Темплатная сборка. Другие методы физического получения нанообъектов	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.20	Проектная деятельность	-	4	4	Наблюдение, беседа
3.21	Промежуточная аттестация	1	1	2	Опрос, тестирование
	Раздел 4. Диагностика наноматериалов и их свойств	10	26	36	
4.1	Дифракция рентгеновских лучей. Малоугловое рентгеновское рассеяние	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.2	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа

4.3	Сканирующая электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.4	Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующая туннельная спектроскопия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.5	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.6	Атомно-силовая микроскопия. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.7	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.8	Газовая адсорбция. Оптическая спектроскопия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.9	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.10	Электронная спектроскопия. Ионная спектроскопия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.11	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.12	Механические свойства наноматериалов. Оптические свойства наноматериалов	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.13	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.14	Электропроводность наноматериалов. Наноматериалы сегнетоэлектрики и диэлектрики	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.15	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.16	Наноматериалы и супермагнетизм	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
4.17	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.18	Промежуточная аттестация	1	1	2	Опрос, тестирование
	Раздел 5. Выполнение проекта углубленного модуля	-	10	10	
5.1	Доработка проекта	-	6	6	Наблюдение, беседа
5.2	Подготовка и представление проекта	-	4	4	Опрос, наблюдение, прослушивание
	Раздел 6. Аттестационные занятия				
6.1	Аттестационное занятие (по итогам освоения базового модуля)	-	2	2	Опрос, наблюдение, прослушивание
	ИТОГО:	39	105	144	

Содержание учебного плана второго года обучения

«Твой наномир»

Базовый уровень освоения программы

Вводное занятие. Техника безопасности в лаборатории. Пожарная безопасность. Электробезопасность. Первая медицинская помощь.

Теоретическая часть: техника безопасности в лаборатории, пожарная безопасность, электробезопасность, первая медицинская помощь, игра на командообразование.

Раздел 1. Введение в предмет нанотехнологии

Тема 1.1 История развития и основные направления нанотехнологий.

Введение в терминологию нанотехнологий

Теоретическая часть: основные определения, предыстория и первые шаги, создание сканирующего туннельного микроскопа, создание атомно-силового микроскопа, открытие фуллеренов, открытие углеродных нанотрубок, открытие графена, создание нанотранзисторов.

Тема 1.2 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.3 Основные отличительные особенности наноматериалов.

Свойства наноматериалов

Теоретическая часть: выявление отличительных особенностей наноматериалов, классификация наноматериалов по свойствам.

Тема 1.4 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.5 Квантово-размерные эффекты в нано-структурах

Теоретическая часть: квантование энергии в низкоразмерных структурах, туннельный эффект, резонансное туннелирование, инструментарий нанотехнологий.

Тема 1.6 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Раздел 2. Наноматериалы

Тема 2.1 Способы формирования квантово-размерных структур.

Классификация наноразмерных объектов и систем на их основе

Теоретическая часть: способы формирования квантово-размерных структур.

Практическая часть: классификация наноразмерных объектов и систем на их основе.

Тема 2.2 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.3 Углеродные фуллерены и нанотрубки.

Теоретическая часть: углеродные фуллерены, кристаллы фуллеренов, углеродные нанотрубки.

Практическая часть: изучение свойств углеродных фуллеренов.

Тема 2.4 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.5 Микро- и мезопористые материалы

Теоретическая часть: упорядоченные мезопористые структуры, неупорядоченные мезопористые структуры, кристаллические микропористые материалы: цеолиты.

Практическая часть: изучение свойств цеолитов.

Тема 2.6 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.7 Структуры «Ядро в оболочке»

Теоретическая часть: структуры «метал-оксид», структуры «метал-полимер», структуры «оксид-полимер».

Практическая часть: изучение свойств структур золото-оксид кремния.

Тема 2.8 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.9 Органо-неорганические гибриды

Теоретическая часть: гибриды 1 класса, гибриды 2 класса.

Практическая часть: изучение свойств поли-N-винилпирролидона-оксида кремния.

Тема 2.10 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.11 Интеркаляционные соединения

Теоретическая часть: интеркаляционные соединения, структуры «ХОЗЯИН», ионы «ГОСТЬ».

Практическая часть: изучение свойств гидрофосфата циркония.

Тема 2.12 Нанокomпозиты. Нанозернистые материалы

Теоретическая часть: нанокomпозиты, нанозернистые материалы, кремний углеродные материалы, наноолово.

Практическая часть: изучение свойств Si-C нанокomпозитов.

Тема 2.13 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.14 Инвертированные опалы

Теоретическая часть: колоидно-кристаллические матрицы, фотонные кристаллы на основе инвертированных опалов, упорядоченный пористый углерод.

Практическая часть: изучение свойств LiNiO_2 электродов для литий-ионных аккумуляторов.

Тема 2.15 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.16 Биоиндуцированные наноматериалы

Теоретическая часть: применение полипептидов, аминокислот и модифицированных ДНК для использования в качестве связывающих агентов при получении наноматериалов.

Практическая часть: способы модификации ДНК, инструментарий, используемый для работы с ДНК-агентами.

Тема 2.17 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Промежуточная аттестация

Теоретическая часть: выполнение тестового задания по итогам пройденного модуля, устный опрос в режиме беседы.

Практическая часть: решение практических задач по темам модуля.

Тема 2.19 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Раздел 3. Физические методы получения наноструктур

Тема 3.1 Фотолитография. Фотолитография с фазовым сдвигом

Теоретическая часть: теневая печать (контактная и бесконтактная), проекционная печать, разрешающая способность, фоторезист.

Практическая часть: создание маски для контактной фотолитографии

Тема 3.2 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 3.3 Электронно-лучевая литография. Рентгеновская литография

Теоретическая часть: электронный пучок, фокусировка, рассеяние, электронно-лучевые системы, источники рентгеновского излучения, рентгеновская литография.

Практическая часть: изучение электронно-лучевого и рентгеновского излучения.

Тема 3.4 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 3.5 Литография с использованием сфокусированного ионного пучка. Литография на нейтральных атомных пучках

Теоретическая часть: ионные пучки, травление сфокусированным ионным пучком, осаждение пленок, комбинирование сфокусированных ионных пучков с другими методами получения наноструктур, нейтральные атомные пучки, применение лазеров при литографии на нейтральных атомных пучках.

Практическая часть: изучение ионных и атомных пучков.

Тема 3.6 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 3.7 Наноманипуляции. Нанолитография

Теоретическая часть: использование сканирующей туннельной микроскопии, атомно-силовой микроскопии, сканирующей ближнепольной оптической микроскопии при наноманипуляциях, нанолитография, зондовые методы, полевое испарение, поверхностная диффузия в градиентном поле, атомно-силовые методы нанолитографии.

Практическая часть: изучение зондовых методов нанолитографии, наноманипуляции с помощью электронного зондового микроскопа.

Тема 3.8 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 3.9 Микроконтактная печать. Нанолитье

Теоретическая часть: мягкая литография, рельефный эластомерный штамп, самособирающиеся монослои, капиллярное микролитье, литье с переносом микрорисунка, репликационное литье.

Практическая часть: получение самособирающихся монослоев.

Тема 3.10 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 3.11 Наноимпринт. Перьевая нанолитография

Теоретическая часть: изготовление штампов, мультислои, регулирование параметров процесса наноимпринта, атомно-силовая литография через водный капилляр.

Практическая часть: получение штампов методом травления.

Тема 3.12 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 3.13 Силы, обусловленные капиллярными явлениями при сборке наночастиц и нанонитей. Дисперсионные взаимодействия при сборке наночастиц и нанонитей

Теоретическая часть: самосборка, самособирающиеся структуры, подходы, применяемые при самосборке, флотационные и иммерсионные силы при самосборке, сборка металлических наночастиц, синтез сверхрешоток оксида железа.

Практическая часть: изучение основных принципов самосборки наноструктур.

Тема 3.14 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 3.15 Сборка под действием сил сдвигового течения. Сборка в электрическом поле

Теоретическая часть: сборка одномерных наноструктур из нанонитей GaP, InP, Si, самосборка сдвиговым течением, самосборка металлических нанонитей коллоидной суспензии в электрическом поле.

Практическая часть: изучение свойств коллоидного раствора углерода в электрическом поле.

Тема 3.16 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 3.17 Ковалентно-связанная сборка. Сборка в гравитационном поле

Теоретическая часть: выбор координирующих лигандов, применение структур полученных ковалентно-связной сборкой, седиментация коллоидных кристаллов, управление морфологией вихревого слоя.

Практическая часть: изучение процессов седиментации коллоидных растворов.

Тема 3.18 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 3.19 Темплатная сборка. Другие методы физического получения нанообъектов

Теоретическая часть: поверхностное и пространственное ограничение в самосборке, ультразвуковое и магнитное воздействие в направленной самосборке, прямая лазерная запись, LIGA-технология, микрообработка эксимерным лазером.

Практическая часть: изучение процесса темплатной наносборки при помощи ультразвукового и магнитного воздействия на коллоидный раствор углерода.

Тема 3.20 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Промежуточная аттестация

Теоретическая часть: выполнение тестового задания по итогам пройденного модуля, устный опрос в режиме беседы.

Практическая часть: решение практических задач по темам модуля.

Раздел 4. Диагностика наноматериалов и их свойств

Тема 4.1 Дифракция рентгеновских лучей. Малоугловое рентгеновское рассеяние

Теоретическая часть: дифракция рентгеновских лучей и малоугловое рентгеновское рассеяние общие сведения.

Практическая часть: изучение рентгенограмм некоторых наноматериалов.

Тема 4.2 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 4.3 Сканирующая электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия

Теоретическая часть: сканирующая электронная микроскопия и просвечивающая электронная микроскопия общие сведения.

Практическая часть: изучение нанопокровов при помощи сканирующего зондового микроскопа.

Тема 4.4 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 4.5 Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующая туннельная спектроскопия

Теоретическая часть: сканирующая зондовая микроскопия и сканирующая туннельная спектроскопия общие сведения.

Практическая часть: изучение нанопокровов методом сканирующей туннельной микроскопии.

Тема 4.6 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 4.7 Атомно-силовая микроскопия. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия

Теоретическая часть: атомно-силовая микроскопия и сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия общие сведения.

Практическая часть: изучение снимков структур, полученных при помощи атомно-силовой и сканирующей ближнепольной оптической микроскопии.

Тема 4.8 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 4.9 Газовая адсорбция. Оптическая спектроскопия

Теоретическая часть: газовая адсорбция и оптическая спектроскопия общие сведения.

Практическая часть: изучение спектральной картины некоторых наноструктур.

Тема 4.10 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 4.11 Электронная спектроскопия. Ионная спектроскопия

Теоретическая часть: электронная спектроскопия и ионная спектроскопия общие сведения.

Практическая часть: изучение методологии энерго-дисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС) оже-электронной спектроскопии (ОЭС), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФС), масс-спектрометрии вторичных ионов (МСВИ).

Тема 4.12 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 4.13 Механические свойства наноматериалов. Оптические свойства наноматериалов

Теоретическая часть: механическая прочность вискеров, механизмы повышения прочности нанонитей и наностержней, предел текучести и твердость поликристаллических материалов, упругопластические свойства наноматериалов, поверхностный плазмонный резонанс, спектры поглощения, средняя длина свободного пробега электронов, коэффициент экстинкции, общие сведения о квантовых эффектах в наноматериалах.

Практическая часть: изучение механических свойств некоторых наноматериалов, снятие спектров поглощения наночастиц серебра и оксида меди, расчет коэффициента экстинкции и среднего размера частиц.

Тема 4.14 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 4.15 Электропроводность наноматериалов. Наноматериалы сегнетоэлектрики и диэлектрики

Теоретическая часть: поверхностное рассеяние наноматериалов, изменение электронной структуры, баллистическая проводимость, кулоновская блокада, туннельная проводимость, влияние микроструктуры, влияние размера на фазовый сегнетоэлектрический переход.

Практическая часть: изучение электропроводности углеродных нанопокровов.

Тема 4.16 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 4.17 Наноматериалы и супермагнетизм

Теоретическая часть: диэлектрическая проводимость наноматериалов, переход от ферромагнетизма к супермагнетизму.

Практическая часть: изучение магнитных свойств наноматериалов.

Тема 4.18 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Промежуточная аттестация

Теоретическая часть: выполнение тестового задания по итогам пройденного модуля, устный опрос в режиме беседы.

Практическая часть: решение практических задач по темам модуля.

Раздел 5. Выполнение проекта углубленного модуля

Тема 5.1 Доработка проекта

Практическая часть: работа над презентационной частью индивидуального или группового проекта, распределение ролей в представлении групповых проектов.

Тема 5.2 Подготовка и представление проекта

Практическая часть: представление подготовленного индивидуального или группового проекта, ответы на вопросы по тематике выполненной работы.

Раздел 6. Аттестационные занятия

Тема 7.1 Аттестационное занятие (по итогам освоения базового модуля)

Практическая часть: подведение итогов модуля, работа над ошибками, планирование проектной деятельности третьего года обучения.

Учебный план третьего года обучения
«Наномагия»
Продвинутый уровень освоения программы

№	Раздел, тема	Количество часов			Формы контроля
		Теоретические	Практические	Общее	
	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности	2	-	2	Опрос, беседа
	Раздел 1. Оптическая микроскопия	19	51	70	
1.1	Осветительная система оптического микроскопа	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.2	Методы контрастирования. Косое освещение. Темное поле	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.3	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.4	Методы контрастирования. Фазовый контраст	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.5	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.6	Методы контрастирования. Дифференциально-интерференционный контраст	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.7	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.8	Принцип Методы контрастирования. Дифференциально-интерференционный контраст	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.9	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.10	Методы контрастирования. Дифференциально-интерференционный контраст	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.11	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.12	Поляризационная микроскопия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.13	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.14	Интерференционная и люминесцентная микроскопия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.15	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.16	Интерференционная и люминесцентная микроскопия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.17	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.18	Документирование изображений	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.19	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение,

					беседа
1.20	Микроспектрофотометрия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.21	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.22	Микроспектрофотометрия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.23	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.24	Микроспектрофотометрия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.25	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.26	Средства монохроматизации излучения	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.27	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.28	Средства монохроматизации излучения	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.29	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.30	Средства монохроматизации излучения	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.31	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.32	Средства монохроматизации излучения	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
1.33	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
1.34	Промежуточная аттестация	2	2	4	Опрос, тестирование
	Раздел 2. Преодоление предела разрешающей способности оптических микроскопов	12	32	44	
2.1	Просвечивающая электронная микроскопия	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.2	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.3	Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ). Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ).	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.4	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.5	Аппаратура для СТМ	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.6	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.7	Измерительные методики СТМ	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.8	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.9	Физические основы атомно силовой микроскопии (АСМ)	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.10	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.11	Физические основы атомно силовой	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение

	микроскопии (АСМ)				
2.12	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.13	Аппаратура для АСМ.	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.14	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.15	Измерительные методики АСМ	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.16	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.17	Физические основы сканирующей ближнепольной оптической микроскопии (СБОМ)	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.18	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.19	Использование методов СЗМ в исследовании наноструктур и поверхности твердого тела	1	1	2	Опрос, беседа, наблюдение
2.20	Проектная деятельность	-	2	2	Наблюдение, беседа
2.21	Промежуточная аттестация	2	2	4	Опрос, тестирование
	Раздел 3. Защита интеллектуальной собственности и технико-экономическое обоснование при выполнении научно-исследовательских проектов	6	6	12	
3.1	Информационное содержание материалов при составлении и оформлении заявки на изобретение	2	-	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.2	Информационное содержание материалов при составлении и оформлении заявки на изобретение	-	2	2	Наблюдение, опрос, беседа
3.3	Технико-экономическое обоснование продукта, полученного в ходе выполнения научно-исследовательских проектов	2	-	2	Опрос, беседа, наблюдение
3.4	Технико-экономическое обоснование продукта, полученного в ходе выполнения научно-исследовательских проектов.	-	2	2	Наблюдение, опрос, беседа
	Промежуточная аттестация	2	-	2	Опрос, тестирование
	Промежуточная аттестация	-	2	2	Наблюдение, опрос, беседа
	Раздел 4. Выполнение проекта углубленного модуля	-	14	14	
4.1	Доработка проекта	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.2	Доработка проекта	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.3	Доработка проекта	-	2	2	Наблюдение,

					беседа
4.4	Доработка проекта	-	2	2	Наблюдение, беседа
4.5	Подготовка и представление проекта	-	2	2	Опрос, наблюдение, прослушивание
4.6	Подготовка и представление проекта	-	2	2	Опрос, наблюдение, прослушивание
4.7	Подготовка и представление проекта	-	2	2	Опрос, наблюдение, прослушивание
	Раздел 5. Аттестационные занятия	-	2	2	
5.1	Итоговая аттестация	-	2	2	Опрос, наблюдение, Прослушивание, защита проекта
	ИТОГО	39	105	144	

Содержание учебного плана третьего года обучения

«Наномагия»

Продвинутый уровень освоения программы

Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности

Теоретическая часть: техника безопасности в лаборатории, пожарная безопасность, электробезопасность, первая медицинская помощь, игра на командообразование.

Раздел 1. Оптическая микроскопия

Тема 1.1 Осветительная система оптического микроскопа

Теоретическая часть: освещение рассеянным светом, критическое освещение, освещение по методу Кёлера (в проходящем и отраженном свете), источники света: газоразрядные лампы, лампы накаливания, светодиодные источники.

Практическая часть: изучение образцов микропорошков под различным освещением.

Тема 1.2 Методы контрастирования. Косое освещение. Темное поле

Теоретическая часть: метод косого освещения (симметричного и несимметричного), метод темного поля в проходящем и отраженном свете.

Практическая часть: контрастирование изображений микрообъектов методами косого освещения и темного поля.

Тема 1.3 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.4 Методы контрастирования. Фазовый контраст

Теоретическая часть: принцип работы метода фазового контраста, конструктивные особенности метода фазового контраста, оптический артефакт фазового контраста.

Практическая часть: сравнение первичных изображений амплитудной и фазовой решеток методом фазового контраста.

Тема 1.5 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.6 Методы контрастирования. Дифференциально-интерференционный контраст

Теоретическая часть: поляризованный свет и поляризованные компоненты дифференциально-интерференционного контраста (ДИК), эллиптически поляризованный свет, эффект двойного лучепреломления и призма Волластона, фазовые пластинки и компенсатор Сенармона.

Практическая часть: контрастирование изображений микрообъектов дифференциально-интерференционными методами.

Тема 1.7 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.8 Методы контрастирования. Дифференциально-интерференционный контраст

Теоретическая часть: принцип дифференциально-

интерференционного контраста, действие призмы Волластона как светоделителя, настройка интерферометра, оптическое окрашивание изображения с помощью компенсатора Сенармона.

Практическая часть: контрастирование изображений микрообъектов дифференциально-интерференционными методами.

Тема 1.9 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.10 Методы контрастирования. Дифференциально-интерференционный контраст

Теоретическая часть: введение в компенсатор Сенармона дополнительной одноволновой фазовой пластинки, применение двулучепреломляющей призмы Номарского.

Практическая часть: сравнение методов фазового контраста и ДИК.

Тема 1.11 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.12 Поляризационная микроскопия

Теоретическая часть: ортоскопический и коноскопический методы исследования анизотропных объектов, принцип работы поляризационного микроскопа (ортоскопический и коноскопический методы), основные детали и узлы поляризационного микроскопа.

Практическая часть: изучение изображений полученных при помощи поляризационного микроскопа.

Тема 1.13 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.14 Интерференционная и люминесцентная микроскопия

Теоретическая часть: общие сведения об интерферометрах и интерференционных картинах (интерференционные полосы, их ширина и

форма, когерентность), оптические схемы двухлучевых интерферометров, применяемых в интерференционных микроскопах (интерферометры Маха-Цендера, сдвига, Майкельсона).

Практическая часть: изучение изображений полученных при помощи интерференционного микроскопа.

Тема 1.15 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.16 Интерференционная и люминесцентная микроскопия

Теоретическая часть: интерференционный микроскоп отраженного света, микроинтерферометр Линника, интерференционный микроскоп проходящего света, люминесцентный микроскоп проходящего света, люминесцентный микроскоп отраженного света.

Практическая часть: изучение изображений полученных при помощи люминесцентного микроскопа.

Тема 1.17 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.18 Документирование изображений

Теоретическая часть: фотонасадка с пленочной фотокамерой, цифровые фотонасадки.

Практическая часть: компьютерная обработка и анализ цифровых изображений.

Тема 1.19 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.20 Микроспектрофотометрия

Теоретическая часть: фотометрия и спектрофотометрия, основные световые величины (поток излучения, спектральная плотность потока излучения, освещенность и сила излучения, энергетическая яркость),

микроскоп как передатчик световой энергии (инвариант яркости вдоль луча, инвариантность схемы микроскопа).

Практическая часть: определение оптической плотности растворов наночастиц.

Тема 1.21 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.22 Микроспектрофотометрия

Теоретическая часть: абсорбционный анализ (закон поглощения света, измерение поглощения на спектрофотометре), микроспектрофотометрия (световая трубка и условие фотометрирования, влияние рассеянного света, влияние размера освещаемого поля и соотношение апертур), подготовка препарата.

Практическая часть: определение коэффициента экстинкции для растворов наночастиц, при помощи измерения оптической плотности растворов с различной концентрацией исследуемого вещества.

Тема 1.23 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.24 Микроспектрофотометрия

Теоретическая часть: ошибка распределения, метод сканирования и сканирующие устройства, приемники излучения (фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), фотодиод и фотодиодная линейка).

Практическая часть: расчет среднего размера наночастиц коллоидного раствора.

Тема 1.25 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.26 Средства монохроматизации излучения

Теоретическая часть: светофильтры (абсорбционные фильтры, интерференционные фильтры и линейки), спектральные приборы, диспергирующие элементы, монохроматор (призмный одинарный монохроматор, одинарный монохроматор с дифракционной решеткой, двойной монохроматор).

Практическая часть: применение светофильтров при изучении микропорошков с помощью оптического микроскопа.

Тема 1.27 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.28 Средства монохроматизации излучения

Теоретическая часть: полихроматор, спектроскопия комбинационного рассеяния.

Практическая часть: согласование монохроматора с микроскопом.

Тема 1.29 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.30 Средства монохроматизации излучения

Теоретическая часть: лазерный сканирующий конфокальный люминесцентный микроскоп (принципиальная оптическая схема, получение изображения и процесс сканирования, предел разрешения в плоскости изображения).

Практическая часть: изучение конфокальной диафрагмы и толщины оптического среза, полученной с помощью лазерного сканирующего конфокального люминесцентного микроскопа.

Тема 1.31 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 1.32 Средства монохроматизации излучения

Теоретическая часть: лазерный сканирующий конфокальный люминесцентный микроскоп (влияние шумов лазеров и приемно-регистрирующей системы, серия срезов).

Практическая часть: подготовка препарата и выбор объектива при работе с лазерным сканирующим конфокальным люминесцентным микроскопом.

Тема 1.33 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Промежуточная аттестация

Теоретическая часть: выполнение тестового задания по итогам пройденного модуля, устный опрос в режиме беседы.

Практическая часть: решение практических задач по темам модуля.

Раздел 2. Преодоление предела разрешающей способности оптических микроскопов

Тема 2.1 Просвечивающая электронная микроскопия

Теоретическая часть: электронная микроскопия, основы электронной микроскопии, просвечивающий электронный микроскоп, общие сведения о методах приготовления препаратов, повышение контрастности изображений.

Практическая часть: изучение снимков объектов, полученных при помощи просвечивающего электронного микроскопа, изучение структуры каменных материалов с помощью снимков, выполненных просвечивающим электронным микроскопом.

Тема 2.2 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.3 Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ). Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ).

Теоретическая часть: общие сведения о сканирующей зондовой микроскопии и сканирующей туннельной микроскопии.

Практическая часть: знакомство со сканирующим зондовым микроскопом.

Тема 2.4 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.5 Аппаратура для СТМ

Теоретическая часть: острый зонд, система управления СТМ, сканер для микроперемещений зонда, система грубого подвода по Z, устройство защиты, конструкция сканирующего туннельного микроскопа.

Практическая часть: изготовление нанозонда для СЗМ, изучение поверхности острия нанозонда при помощи оптического микроскопа.

Тема 2.6 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.7 Измерительные методики СТМ

Теоретическая часть: топографический режим, токовый режим, спектроскопия.

Практическая часть: получение СЗМ изображения, обработка и представление результатов эксперимента.

Тема 2.8 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.9 Физические основы атомно силовой микроскопии (АСМ)

Теоретическая часть: типы силовых взаимодействий, упругие взаимодействия, задача Герца, капиллярные силы, капиллярная сила, действующая на зонд.

Практическая часть: калибровка АСМ с использованием различных тестовых структур.

Тема 2.10 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.11 Физические основы атомно силовой микроскопии (АСМ)

Теоретическая часть: дежмолекулярная сила Ван-дер-Ваальса, ориентационное взаимодействие, индукционное взаимодействие, дисперсионное взаимодействие, ван-дер-ваальсовское притяжение зонда к образцу, адгезионные силы.

Практическая часть: калибровка АСМ с использованием различных тестовых структур.

Тема 2.12 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.13 Аппаратура для АСМ

Теоретическая часть: зонд атомно-силового микроскопа, измерительная головка и оптическая система регистрации отклонений кантилевера, пьезосканер, сканеры с датчиками перемещений, система обратной связи.

Практическая часть: изучение зонда атомно-силового микроскопа, обработка и представление изображений, полученных при помощи АСМ.

Тема 2.14 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.15 Измерительные методики АСМ

Теоретическая часть: контактный режим работы прибора, полуконтактный режим работы прибора, бесконтактный режим работы прибора.

Практическая часть: магнитная микроскопия, микроскопия электростатических сил.

Тема 2.16 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.17 Физические основы сканирующей ближнепольной оптической микроскопии (СБОМ)

Теоретическая часть: аппаратура для СБОМ, принцип работы СБОМ, методики СБОМ, конфигурации СБОМ.

Практическая часть: обработка данных, полученных при помощи СБОМ.

Тема 2.18 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Тема 2.19 Использование методов СЗМ в исследовании наноструктур и поверхности твердого тела

Теоретическая часть: туннельная микроскопия 2D подложек, туннельная спектроскопия для определения параметров проводимости структур, применение АСМ для измерения типа проводимости, применение СЕМ для расчета концентрации электрически активных примесей.

Практическая часть: изучение наноразмерных структур на поверхности трехмерных макрообъектов.

Тема 2.20 Проектная деятельность

Практическая часть: работа над индивидуальными и групповыми проектами.

Промежуточная аттестация

Теоретическая часть: выполнение тестового задания по итогам пройденного модуля, устный опрос в режиме беседы.

Практическая часть: решение практических задач по темам модуля.

Раздел 3. Защита интеллектуальной собственности и технико-экономическое обоснование при выполнении научно-исследовательских проектов

Тема 3.1 Информационное содержание материалов при составлении и оформлении заявки на изобретение

Теоретическая часть: требования единства изобретения, состав заявки, описание изобретения, структура описания, название изобретения.

Тема 3.2 Информационное содержание материалов при составлении и оформлении заявки на изобретение

Практическая часть: информационное содержание материалов при составлении и оформлении заявки на изобретение, область техники, к которой относится изобретение, уровень техники, сущность изобретения и особенности объектов изобретения, формула изобретения, сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения.

Тема 3.3 Технико-экономическое обоснование продукта, полученного в ходе выполнения научно-исследовательских проектов

Теоретическая часть: определение объёма инвестиций, калькулирование производственной себестоимости и отпускной цены продукции, оценка срока окупаемости инвестиций, графический способ определения точки безубыточности.

Тема 3.4 Технико-экономическое обоснование продукта, полученного в ходе выполнения научно-исследовательских проектов

Практическая часть: расчет технико-экономических показателей по выпуску продукта, полученного в ходе выполнения проектов, составление бизнес-плана.

Промежуточная аттестация

Теоретическая часть: выполнение тестового задания по итогам пройденного модуля, устный опрос в режиме беседы.

Практическая часть: решение практических задач по темам модуля.

Раздел 4. Выполнение проекта углубленного модуля

Тема 4.1 Доработка проекта

Практическая часть: проработка результатов, полученных в ходе исследования, представление результатов.

Тема 4.2 Доработка проекта

Практическая часть: проработка результатов, полученных в ходе исследования, представление результатов.

Тема 4.3 Доработка проекта

Практическая часть: работа над презентационной частью индивидуального или группового проекта, распределение ролей в представлении групповых проектов.

Тема 4.4 Доработка проекта

Практическая часть: работа над презентационной частью индивидуального или группового проекта, распределение ролей в представлении групповых проектов.

Тема 4.5 Подготовка и представление проекта

Практическая часть: представление подготовленного индивидуального или группового проекта, ответы на вопросы по тематике выполненной работы, защита индивидуального или группового проекта.

Тема 4.6 Подготовка и представление проекта

Практическая часть: представление подготовленного индивидуального или группового проекта, ответы на вопросы по тематике выполненной работы, защита индивидуального или группового проекта.

Тема 4.7 Подготовка и представление проекта

Практическая часть: представление подготовленного индивидуального или группового проекта, ответы на вопросы по тематике выполненной работы, защита индивидуального или группового проекта.

Раздел 5. Аттестационные занятия

Тема 5.1 Итоговая аттестация

Практическая часть: представление/защита проекта, подведение итогов программы.

Организационно-педагогические условия

Календарный учебный график реализации дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы «В МИРЕ НАНО»

Период обучения по программе - 3 года

Год обучения	Модуль	Продолжительность			Количество учебных часов	Режим занятий (периодичность и продолжительность)	Сроки проведения аттестации
		Дата начала обучения	Дата окончания обучения	Всего учебных недель			
1 год обучения	Стартовый	сентябрь	январь	18	72	1 гр., 1 зв. (2 часа в неделю) продолжительность 45 минут	ноябрь (промежуточная), январь (промежуточная)
1 год обучения	Базовый	январь	май	18	72	1 гр., 1 зв. (2 часа в неделю) продолжительность 45 минут	февраль (промежуточная), март (промежуточная) май (итоговая)
2 год обучения	Базовый	сентябрь	май	36	144	1 гр., 1 зв. (2 часа в неделю) продолжительность 45 минут	ноябрь (промежуточная), февраль (промежуточная) май (промежуточная) май (итоговая)
3 год обучения	Продвинутый	сентябрь	май	36	144	1 гр., 1 зв. (2 часа в неделю) продолжительность 45 минут	январь (промежуточная), апрель (промежуточная) апрель (промежуточная) май (итоговая)

Зимние каникулы: с 1 по 8 января.

Летние каникулы: с 1 по 31 августа.

Праздничные (нерабочие дни): 4 ноября, с 1 по 8 января, 23 февраля, 8 марта, 1 и 9 мая.

Место проведения занятий: ГАУ ДО Брянской области «Детский технопарк «Кванториум».

Адрес: г.Брянск, ул.Димитрова, стр.114

Методические материалы
Методы и приёмы обучения

Метод	Приём
Словесный (вербальный) метод	Рассказ, объяснение, лекция, беседа, инструктаж, дискуссия, диспут, круглый стол, дебаты
Наглядный метод	Иллюстрация, демонстрация, личный пример, эксперимент
Практический метод	Упражнение, практические задания, коллективный анализ и оценка, стимулирование, лабораторное задание
Объяснительно - иллюстративный метод	Мастер-классы, тренинговые занятия,
Поисковый метод	Решение проблемных ситуаций, открытый диалог, вовлечение в деятельность, контроль, самоконтроль и самооценка деятельности и поведения

Педагогические технологии:

- технология индивидуализации обучения;
- технология группового обучения;
- технология модульного обучения;
- технология личностно-ориентированного обучения;
- технология перспективно-опережающего обучения;
- феноменологический подход;
- эвристический подход;
- игровые технологии;

- интерактивные технологии;
- мастер-класс;
- метод проектов.

Алгоритм учебного занятия

1. Подготовительный этап:

- организационный момент,
- проверочный (при наличии).

2. Основной этап:

- Подготовительный,
- Основной,
- Контрольный,

3. Итоговый этап:

- подведение итогов,
- рефлексия.

Критерии оценивания по итогам обучения по программе стартового уровня (1 год обучения)

Критерии оценивания	Уровни оценивания		
	Низкий	Средний	Высокий
Показатели на уровне знаний: история развития квантовой физики и химии; основные понятия и законы квантовой, атомной и ядерной физики, неорганической и коллоидной химии; особенности разработки научно-технических и исследовательских проектов	Отсутствие знаний об истории развития квантовой физики и химии; основных понятиях и законах квантовой, атомной и ядерной физики, неорганической и коллоидной химии; особенностях разработки научно-технических и исследовательских проектов	Неполные знания об истории развития квантовой физики и химии; основных понятиях и законах квантовой, атомной и ядерной физики, неорганической и коллоидной химии; особенностях разработки научно-технических и исследовательских проектов	Сформированные и систематические знания об истории развития квантовой физики и химии; основных понятиях и законах квантовой, атомной и ядерной физики, неорганической и коллоидной химии; особенностях разработки научно-технических и исследовательских проектов
Показатели на уровне умений: работа в команде, быстрая адаптация, презентация себя; критическое мышление и оценивание	Отсутствие умений работать в команде, быстро адаптироваться, презентовать себя; критически мыслить и оценивать полученные результаты; работать с	В целом успешное, но не систематическое умение работать в команде, быстро адаптироваться, презентовать себя; критически мыслить	Успешное и систематическое умение работать в команде, быстро адаптироваться, презентовать себя; критически мыслить и оценивать полученные

полученных результатов; работа с ПК и современными программами обработки и представления информации	ПК и современными программами обработки и представления информации	и оценивать полученные результаты; работать с ПК и современными программами обработки и представления информации	результаты; работать с ПК и современными программами обработки и представления информации
Показатели на уровне владений: поиск, сбор, обработка и редактирование информации; работа с научной, технической и патентной документацией; презентация и защита научно-технических и исследовательских проектов	Отсутствие навыков поиска, сбора, обработки и редактирования информации; работы с научной, технической и патентной документацией; презентации и защиты научно-технических и исследовательских проектов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска, сбора, обработки и редактирования информации; работы с научной, технической и патентной документацией; презентации и защиты научно-технических и исследовательских проектов	Успешное и систематическое применение навыков поиска, сбора, обработки и редактирования информации; работы с научной, технической и патентной документацией; презентации и защиты научно-технических и исследовательских проектов

Критерии оценивания по итогам обучения по программе базового уровня (1 и 2 год обучения)

Критерии оценивания	Уровни оценивания		
	Низкий	Средний	Высокий
Показатели на уровне знаний: история развития нанотехнологий; терминология нанотехнологий; классификация наноструктур и нанобъектов, а так же их отличительные особенности; методы детектирования нанобъектов и их свойств	Отсутствие знаний об истории развития нанотехнологий; терминологии нанотехнологий; классификации наноструктур и нанобъектов, а так же их отличительных особенностях; методах детектирования нанобъектов и их свойств	Неполные знания об истории развития нанотехнологий; терминологии нанотехнологий; классификации наноструктур и нанобъектов, а так же их отличительных особенностях; методах детектирования нанобъектов и их свойств	Сформированные и систематические знания об истории развития нанотехнологий; терминологии нанотехнологий; классификации наноструктур и нанобъектов, а также их отличительных особенностях; методах детектирования нанобъектов и их свойств
Показатели на уровне умений: обращение с оптическими микроскопами; работа со сканирующим электронным	Отсутствие умений обращения с оптическими микроскопами; работы со сканирующим электронным микроскопом;	В целом успешное, но не систематическое умение обращения с оптическими микроскопами; работы со сканирующим	Успешное и систематическое умение обращения с оптическими микроскопами; работы со сканирующим электронным

микроскопом; применение спектрофотометра; использование лабораторного оборудования; работа в команде, быстрая адаптация, презентация себя; критическое мышление и оценка полученных результатов	применять спектрофотометр; использовать лабораторное оборудование; работы в команде, быстрой адаптации, презентации себя; критического мышления и оценки полученных результатов	электронным микроскопом; применять спектрофотометр; использовать лабораторное оборудование; работы в команде, быстрой адаптации, презентации себя; критического мышления и оценки полученных результатов	микроскопом; применять спектрофотометр; использовать лабораторное оборудование; работы в команде, быстрой адаптации, презентации себя; критического мышления и оценки полученных результатов
Показатели на уровне владений: методики научно- изыскательной деятельности; методы получения наноструктур и нанообъектов; навыки работы с научной, технической и патентной документацией; навыки презентации и защиты научно- технических и исследовательских проектов	Отсутствие навыков использования методик научно-изыскательной деятельности; методов получения наноструктур и нанообъектов; работы с научной, технической и патентной документацией; презентации и защиты научно-технических и исследовательских проектов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков использования методик научно- изыскательной деятельности; методов получения наноструктур и нанообъектов; работы с научной, технической и патентной документацией; презентации и защиты научно- технических и исследовательских проектов	Успешное и систематическое применение навыков использования методик научно-изыскательной деятельности; методов получения наноструктур и нанообъектов; работы с научной, технической и патентной документацией; презентации и защиты научно-технических и исследовательских проектов

Критерии оценивания по итогам обучения по программе продвинутого уровня (3 год обучения)

Критерии оценивания	Уровни оценивания		
	Низкий	Средний	Высокий
Показатели на уровне знаний: устройство и принцип работы приборов и оборудования, применяемых для исследования и манипуляции нанообъектами; теоретические	Отсутствие знаний о устройстве и принципах работы приборов и оборудования, применяемых для исследования и манипуляции нанообъектами; теоретических	Неполные знания о устройстве и принципах работы приборов и оборудования, применяемых для исследования и манипуляции нанообъектами; теоретических	Сформированные и систематические знания о устройстве и принципах работы приборов и оборудования, применяемых для исследования и манипуляции нанообъектами;

подходы к патентной защите результатов научно-исследовательской работы при реализации финальных этапов проектной деятельности; начальные экономические аспекты реализации научно-исследовательской проектной деятельности	подходах к патентной защите результатов научно-исследовательской работы при реализации финальных этапов проектной деятельности; начальных экономических аспектах реализации научно-исследовательской проектной деятельности	подходах к патентной защите результатов научно-исследовательской работы при реализации финальных этапов проектной деятельности; начальных экономических аспектах реализации научно-исследовательской проектной деятельности	теоретических подходах к патентной защите результатов научно-исследовательской работы при реализации финальных этапов проектной деятельности; начальных экономических аспектах реализации научно-исследовательской проектной деятельности
Показатели на уровне умений: исследовать и манипулировать микрообъектами при помощи оптической микроскопии; исследовать и манипулировать нанообъектами при помощи сканирующего электронного микроскопа; формировать документацию для защиты интеллектуальной собственности; рассчитывать технико-экономические показатели конечного продукта научно-исследовательского проекта	Отсутствие умений исследовать и манипулировать микрообъектами при помощи оптической микроскопии; исследовать и манипулировать нанообъектами при помощи сканирующего электронного микроскопа; формировать документацию для защиты интеллектуальной собственности; рассчитывать технико-экономические показатели конечного продукта научно-исследовательского проекта	В целом успешное, но не систематическое умение исследовать и манипулировать микрообъектами при помощи оптической микроскопии; исследовать и манипулировать нанообъектами при помощи сканирующего электронного микроскопа; формировать документацию для защиты интеллектуальной собственности; рассчитывать технико-экономические показатели конечного продукта научно-исследовательского проекта	Успешное и систематическое умение исследовать и манипулировать микрообъектами при помощи оптической микроскопии; исследовать и манипулировать нанообъектами при помощи сканирующего электронного микроскопа; формировать документацию для защиты интеллектуальной собственности; рассчитывать технико-экономические показатели конечного продукта научно-исследовательского проекта
Показатели на уровне владений: углубленные подходы в научно-исследовательской и проектной деятельности; методы настройки и	Отсутствие навыков использования научно-исследовательской и проектной деятельности; методов настройки и управления оптическим микроскопом; методов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков использования научно-исследовательской и проектной	Успешное и систематическое применение навыков использования научно-исследовательской и проектной деятельности; методов настройки и

управления оптическим микроскопом; методы настройки и управления сканирующим электронным микроскопом; навыки составления патентной документации для правовой защиты результатов научно-исследовательской деятельности; навыки технико-экономического обоснования продукта, полученного в ходе проектных изысканий	настройки и управления сканирующим электронным микроскопом; навыков составления патентной документации для правовой защиты результатов научно-исследовательской деятельности; навыков технико-экономического обоснования продукта, полученного в ходе проектных изысканий	деятельности; методов настройки и управления оптическим микроскопом; методов настройки и управления сканирующим электронным микроскопом; навыков составления патентной документации для правовой защиты результатов научно-исследовательской деятельности; навыков технико-экономического обоснования продукта, полученного в ходе проектных изысканий	управления оптическим микроскопом; методов настройки и управления сканирующим электронным микроскопом; навыков составления патентной документации для правовой защиты результатов научно-исследовательской деятельности; навыков технико-экономического обоснования продукта, полученного в ходе проектных изысканий
---	---	--	--

Особенности организации образовательного процесса – очная форма занятий, возможно *проведение занятий в дистанционном формате* с целью реализации Программы.

Дидактические материалы: методические материалы, разработки по темам разделов программы, задания для индивидуальной и коллективной работы.

Используемые дидактические материалы при дистанционном обучении:

1. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех. – М., 2005. – 444 с.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии». М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
3. Деффейс К., Деффейс С. Удивительные наноструктуры / перевод под редакцией Л.Н. Патрикеева. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 206 с.
– демонстрационный материал, электронный сборник, аудиозаписи, видеофильмы и т.д.:

1. Химия: Изменчивая история. Часть 1. Открытие элементов.
2. Химия: Изменчивая история. Часть 2. Скрытый порядок.
3. Химия: Изменчивая история. Часть 3. Высвобождая силы природы.
4. Тайны квантовой физики. Часть 1. Кошмар Эйнштейна.
5. Тайны квантовой физики. Часть 2. Да будет жизнь.
6. Нанотехнологии. Новые открытия. Технологии будущего.
7. Основы нанохимии и нанотехнологий. Физические методы получения наноматериалов и нанообъектов.
8. Основы нанохимии и нанотехнологий. Химические и биологические методы получения наноматериалов.

Условия реализации программы

Материально-техническое обеспечение

1. Металлографический микроскоп исследовательского класса БиОптик СМІ-400.
2. Оптический металлографический микроскоп Биомед ММР-3.
3. Оптический микроскоп с СЗМ насадкой на объектив MicProbe.
4. Сканирующий зондовый микроскоп, работающий с двумя типами зондов (вольфрамовый зонд и кремниевый зонд) NanoTutor.
5. Технологическая установка для изготовления нанозондов Etchenger.
6. Оптический микроскоп с СЗМ насадкой на объектив MicProbe.
7. Аналитические весы OHAUS Pioneer (PA 214C).
8. Прецизионные весы OHAUS Pioneer (PA 413C).
9. Спектрофотометр УФ-1200.
10. Ультразвуковая мойка Elmasonic P30H.
11. Дистиллятор лабораторный АЭ-4/8
12. Ноутбуки Lenovo IdeaPad 330S-15IKB.
13. Интерактивная панель Clevertouch 75" V Series 2nd Gen.
14. Магнитная маркерная доска.
15. Комплект «Простые измерительные приборы».
16. Комплект «Специализированные осветители».

17. Комплект «Расходные материалы для оборудования».
18. Комплект «Общелабораторные принадлежности».
19. Комплект «Расходные материалы и реактивы».

При невозможности проведения очных занятий (внешние факторы, включающие неблагоприятную эпидемиологическую обстановку) обеспечить проведение занятий в дистанционном формате с целью реализации Программы. Для проведения занятий, проводимых в дистанционном формате, обучающемуся необходимо наличие:

- стол (письменный, учебный), стул;
- естественное освещение и искусственное общее или местное, расположенное на рабочем столе сбоку от экрана персонального компьютера (ноутбука, планшета);
- письменные принадлежности (тетрадь, ручка, карандаш, ластик, линейка, ножницы, скотч и др.);
- наличие источника для выхода в сеть Интернет;
- наличие стационарного компьютера или ноутбука, или планшета;
- наличие установленного программного обеспечения, используемое для проведения занятий: ZOOM, Discord (с обязательной регистрацией – имя и фамилия).

Кадровое обеспечение

Уровень квалификации педагога дополнительного образования, реализующего дополнительную общеобразовательную общеразвивающую программу естественнонаучной направленности, соответствует квалификационным характеристикам по соответствующей должности, а также квалификационной категории.

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДЕТСКИЙ ТЕХНОПАРК «КВАНТОРИУМ»

Рассмотрена и одобрена
на заседании Методического совета
от «01» сентября 2023 г., протокол № 1(33)

УТВЕРЖДЕНО
приказом директора
от «01» сентября 2023г. № 00-00



**ПРОГРАММА ВОСПИТАНИЯ НА 2023-2024 УЧЕБНЫЙ ГОД
К ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩЕЙ ПРОГРАММЕ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ
«В МИРЕ НАНО»**

I, II, III год обучения

Уровни усвоения программы: базовый, продвинутый

Возраст обучающихся: 12-18 лет

Срок реализации: 3 года

Составитель:

Карпиков Евгений Геннадиевич,
педагог дополнительного образования

г. Брянск, 2023

Пояснительная записка

Цель: создание образовательной среды, способствующей формированию сплочённого коллектива, духовно-нравственному становлению личности и активной гражданской позиции обучающихся на основе общечеловеческих ценностей и культурно-исторических традиций страны.

Задачи воспитательной работы:

- реализовывать воспитательные возможности общекванторианских ключевых дел, поддерживать традиции их коллективного планирования, организации, проведения и анализа мероприятий;
- реализовывать потенциал педагогов дополнительного образования в воспитании обучающихся, поддерживать их активное участие в мероприятиях ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум»;
- использовать в воспитании обучающихся возможности занятий/мероприятий, поддерживать использование на занятиях и мероприятиях интерактивных форм занятий с учащимися;
- приобщать обучающихся к российским традиционным духовным ценностям, правилам и нормам поведения в обществе;
- способствовать формированию у обучающихся основ российской гражданской идентичности;
- способствовать формированию ценностных установок и социально-значимых качеств личности, возможности обучающихся к саморазвитию;
- организовывать для обучающихся экскурсии, экспедиции и реализовывать их воспитательный потенциал;
- организовывать профориентационную работу с обучающимися;
- развивать предметно-эстетическую среду ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум» и реализовывать ее воспитательные возможности;
- организовать работу с родителями обучающихся или их законными представителями, направленную на совместное решение проблем личностного развития учащихся;

➤ поддерживать деятельность функционирующих на базе ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум» детских общественных объединений, организаций, клубов;

➤ вовлекать обучающихся в активное участие в социально-значимой деятельности ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум» через воспитательно-познавательные мероприятия.

Планомерная реализация поставленных задач позволит организовать интересную и событийно насыщенную жизнь обучающихся и педагогов, что станет эффективным способом профилактики антисоциального поведения учащихся.

Формы и методы воспитательной работы. Для включения в программу воспитания подходят многие воспитательные практики, среди которых:

- коллективная творческая деятельность (командное творчество, планирование, анализ, коммуникация, всестороннее развитие);
- кейс-технологии («портфель» конкретных ситуаций и задач, требующих решения);
- марафон (актуальная идея для реализации);
- флешмоб (социальная или тематическая акция);
- квиз или квест (игра-приключение на заданную тему);
- челлендж, аукцион знаний, онлайн активности в интернет-ресурсах и т.д.

Календарный план воспитательной работы в группах НАНО-21, НАНО-31

№ п/п	Название мероприятия	Номер или название группы	Сроки	Место проведения	Примечание
1.	Акция «Добрые крышечки»	НАНО-13, НАНО-31	С 02.09 по 31.05	ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум»	
2.	Акция «Озеленение Кванториума»	НАНО-13, НАНО-31	С 02.09 по 30.05	ГАУ ДО Детский технопарк «Кванториум»	

3	Новогодние узоры	НАНО-13, НАНО-31	С 01.12 по 31.12	ГАУ ДО Детский технопарк «Кванториум»	
3	Мероприятие ко Дню победы	НАНО-13, НАНО-31	С 1.05 по 9.05	ГАУ ДО Детский технопарк «Кванториум»	
2.	Волонтерская деятельность	НАНО-13, НАНО-31	С 10.01 по 31.05	ГАУ ДО Детский технопарк «Кванториум»	

ПЛАН РАБОТЫ С РОДИТЕЛЯМИ

№	Название мероприятия	Номер или название группы	Сроки	Место проведения	Примечание
1	Родительское собрание	НАНО-13, НАНО-31	С 02.10 по 02.11	Платформа для организации аудио и видео конференции	Discord Яндекс.Телемост
2	Родительское собрание	НАНО-13, НАНО-31	С 10.01 по 10.02	Платформа для организации аудио и видео конференции	Discord Яндекс.Телемост

Список литературы для педагога

Перечень нормативных документов:

- 1) *Федеральный закон от 29.12.2012 года № 273-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Об образовании в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2022)* (<https://fzrf.su/zakon/ob-obrazovanii-273-fz/>)
- 2) *Закон Брянской области от 08.08.2013 года № 62-3 «Об образовании в Брянской области».* (<https://docs.cntd.ru/document/974027460>)
- 3) *Приказ Минпросвещения Российской Федерации от 27.07.2022 года № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023)* (<https://rg.ru/documents/2022/09/28/minpros-prikaz629-site-dok.html>)
- 4) *Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 22.09.2021 года № 652н «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог дополнительного образования детей и взрослых».* (<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112170041>)
- 5) *Письмо Минобрнауки России от 18.11.2015 года № 09-3242 «О направлении информации по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (включая разноуровневые программы)».* (<https://rulings.ru/acts/Pismo-Minobrnauki-Rossii-ot-18.11.2015-N-09-3242/>)
- 6) *Письмо Министерства просвещения Российской Федерации от 31.01.2022 года № ДГ-245/06 «О направлении методических рекомендаций».* (https://rulings.ru/acts/Pismo-Minprosvescheniya-Rossii-ot-31.01.2022-N-DG-245_06/)
- 7) *Целевая модель развития региональных систем дополнительного образования детей (утверждена приказом Министерства просвещения РФ от 03.09. 2019 года № 467).* (<https://docs.cntd.ru/document/561232576>)
- 8) *Приказ Министерства просвещения РФ от 13.03.2019 года №114 «Об утверждении показателей, характеризующих общие критерии оценки качества условий осуществления образовательной деятельности,*

организациями, осуществляющими образовательную деятельность по основным общеобразовательным программам, образовательным программам среднего профессионального образования, основным программам профессионального обучения, дополнительным общеобразовательным программам».

(<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201904260023>)

9) Приказ Минобрнауки РФ от 23.08.2017 года №816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».

(<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201709200016>)

10) Письмо Минпросвещения РФ от 07.05.2020 года № ВБ 976/04 «О реализации курсов внеурочной деятельности, программ воспитания и социализации, дополнительных общеразвивающих программ с использованием дистанционных образовательных технологий».

(<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73931002/>)

11) Приложение № 1 к письму Минпросвещения России от 07.05.2020 года № ВБ-976/04 «Рекомендации по реализации внеурочной деятельности, программы воспитания и дополнительных общеобразовательных программ с применением дистанционных образовательных технологий».

(<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73931002/>)

12) Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.06.2020 года N 16 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 3.1/2.4.3598-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы образовательных организаций и других объектов социальной инфраструктуры для детей и молодежи в условиях распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19)».

(<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007030021>)

13) Постановление Главного государственного санитарного врача РФ

от 28.09.2020 года № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4. 3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».
(<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012210122>)

14) Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.03.2022 года № 678-р, утвердившее Концепцию развития дополнительного образования детей до 2030 года (с изм. и доп., вступ. в силу с 15.05.2023).
(<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403709682/>)

15) Положение о дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программе ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум».
(<https://kvantorium32.ru/obrazovanie/>)

Список литературы для педагога и обучающихся

1. Буйлова, Л. Н. Современные подходы к разработке дополнительных общеобразовательных общеразвивающих программ [Текст] / Л. Н. Буйлова // Молодой ученый. — 2015. — №15. — С. 567-572.
2. Виноградова Г.Н., Захаров В.В. Основы микроскопии, часть 2. — СПб: Университет ИТМО, 2020. — 248 с.
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии». М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 416 с.
4. Золотарева, А.В. Современные проблемы дополнительного образования детей: учебное пособие. — Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2014.
5. Гудилин Е.А. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества / под редакцией Ю.Д. Третьякова. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 171 с.
6. Деффейс К., Деффейс С. Удивительные наноструктуры / перевод под редакцией Л.Н. Патрикеева. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 206 с.
7. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техно, 2009. — 144 с.

8. Новые материалы / под редакцией Ю.С. Карабасова. М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
9. Озерянский В.А., Клецкий М.Е., Буров О.Н. Познаём наномир: простые эксперименты: учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 161 с.
10. Приборы и методы зондовой микроскопии: Учеб. пособие / Е.Г. Дедкова, А.А. Чуприк, И.И. Бобринецкий, В.К. Неволин. – М.: Московский физико-технический институт, 2011. – 160 с.
11. Патентоведение и защита интеллектуальной собственности: Учеб. пособие / В.Л. Ткалич, Р.Я. Лабковская, О.И. Пирожникова, А.Г. Коробейников, З.Г. Симоненко, Ю.С. Монахов. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 171 с.
12. Пул Ч. мл., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2006. – 327 с.
13. Ремпель А.А., Валеева А.А. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 136 с.
14. Рязанов И.А., Шаров М.О. «Обучение проектной деятельности. Опыт ведения полифокусного образовательного проекта»/ Журн. «Исследовательская работа школьников» № 2(52) 2015 стр 7-16. изд. «Народное образование».
15. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех. – М., 2005. – 444 с.
16. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов / под редакцией С.В. Калюжного. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 528 с.
17. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов». М.: КомКнига, 2006. – 592 с.
18. Фехльман Б. Химия новых материалов и нанотехнологий / перевод под редакцией Ю.Д. Третьякова и Е.А. Гудилина. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 464 с.
19. Черненко Г.Т. Нанотехнологии. Настоящее и будущее. Школьный путеводитель. – СПб: Балтийская книжная компания, 2015. – 80 с.

20. Сайт о нанотехнологиях: [сайт]. – Москва, 2009. – URL: <http://www.nanonewsnet.ru>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. – Текст: электронный.
21. Сайт нанотехнологического сообщества Нанометр: [сайт]. – Москва, 2006. – URL: <http://www.nanometer.ru>. – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. – Текст: электронный.
22. Цао Гочжун, Ин Ван Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Пер. с англ. 2-го изд. А.И. Ефимова, С.И. Каргов; науч. ред. русс. изд. В.Б. Зайцев. – М.: Научный мир, 2012. – 520 с., цв. ил.

**Список литературы и интернет-источников, используемых при
дистанционном обучении**

1. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех. – М., 2005. – 444 с.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии». М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
3. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов». М.: КомКнига, 2006. – 592 с.
4. Новые материалы / под редакцией Ю.С. Карабасова. М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
5. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов / под редакцией С.В. Калужного. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 528 с.
6. Гудилин Е.А. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества / под редакцией Ю.Д. Третьякова. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 171 с.
7. Деффейс К., Деффейс С. Удивительные наноструктуры / перевод под редакцией Л.Н. Патрикеева. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 206 с.
8. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техно, 2009. – 144 с.
9. Фехльман Б. Химия новых материалов и нанотехнологий / перевод под редакцией Ю.Д. Третьякова и Е.А. Гудилина. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. – 464 с.

10. Пул Ч. мл., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2006. – 327 с.
11. Озерянский В.А., Клецкий М.Е., Буров О.Н. Познаём наномир: простые эксперименты: учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 161 с.
12. Черненко Г.Т. Нанотехнологии. Настоящее и будущее. Школьный путеводитель. – СПб: Балтийская книжная компания, 2015. – 80 с.
13. Ремпель А.А., Валеева А.А. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 136 с.
14. Сайт о нанотехнологиях: [сайт]. – Москва, 2009. – URL: <http://www.nanonewsnet.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
15. Сайт нанотехнологического сообщества Нанометр: [сайт]. – Москва, 2006. – URL: [http:// www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
16. Химия: Изменчивая история. Часть 1. Открытие элементов: [сайт]. – Великобритания, 2010. – URL: <https://my.mail.ru/mail/shingen1/video/2004/8985.html>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
17. Химия: Изменчивая история. Часть 2. Скрытый порядок: [сайт]. – Великобритания, 2010. – URL: <https://my.mail.ru/mail/shingen1/video/2004/8986.html>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
18. Химия: Изменчивая история. Часть 3. Высвобождая силы природы: [сайт]. – Великобритания, 2010. – URL: <https://my.mail.ru/mail/gallamama/video/145/48035.html>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
19. Тайны квантовой физики. Часть 1. Кошмар Эйнштейна: [сайт]. – Великобритания, 2014. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=kkv58XBrf5U&list=PLPMw7cm>

BnjGi2xCn9wz23oftiN_Bx_s42&index=2&t=273s. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

20. Тайны квантовой физики. Часть 2. Да будет жизнь: [сайт]. – Великобритания, 2014. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=JPcqTjtgFNs>.

– Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

21. Нанотехнологии. Новые открытия. Технологии будущего: [сайт]. – США, 2018. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=wmHIvGoWsDE&list=PLPMw7cmBnjGi2xCn9wz23oftiN_Bx_s42&index=6&t=1041s.

– Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

22. Основы нанохимии и нанотехнологий. Физические методы получения наноматериалов и нанообъектов: [сайт]. – Москва, 2021. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=EN27hLAybKE&list=PLPMw7cmBnjGi2xCn9wz23oftiN_Bx_s42&index=7&t=221s. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

23. Основы нанохимии и нанотехнологий. Химические и биологические методы получения наноматериалов: [сайт]. – Москва, 2021. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=RKzlHI78P-E&list=PLPMw7cmBnjGi2xCn9wz23oftiN_Bx_s42&index=8. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.