

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Департамент образования и науки Ханты-Мансийского автономного округа-Югры**  
**Департамент образования Администрации города Ханты-Мансийска**  
**МБОУ «СОШ № 6 им. Сирина Н.И.»**

РАССМОТРЕНО  
на заседании ШМО  
естественно-научного цикла  
Руководитель ШМО  
Рубцова К.А.  
Протокол № 1  
от «27» августа 2025 г.

СОГЛАСОВАНО  
На заседании методического  
совета  
Заместитель директора  
Васильева Л.И.  
Протокол № 1  
от «28» августа 2025 г.

УТВЕРЖДЕНО  
Директор МБОУ СОШ №6  
им. Сирина Н.И.»  
Москвина С. О.  
Приказ № 450 от «29» августа  
2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**курса внеурочной деятельности**  
**«Современные исследования и**  
**достиженияnanoхимии»**  
**для обучающихся 11 классов**

г. Ханты-Мансийск  
2025

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Нанохимия является естественно-научной основой нанотехнологий, играющих крайне важную роль в современной технико-экономической парадигме. Нанохимия исследует способы получения и стабилизации, свойства, строение и особенности химических превращений нанообъектов и наноматериалов, а также их практические приложения. Нанохимия стала логическим развитием коллоидной химии, с одной стороны, и супрамолекулярной химии – с другой. Обе этих дисциплины критично важны для корректного понимания нанохимических подходов. Развитие нанохимии и нанотехнологий сегодня служит фокусом для приложения сил ведущих ученых и исследовательских коллективов. Наноматериалы на органической и неорганической основе применяются в огромном количестве продуктов современной промышленности. Описываемое направление служит одним из столпов так называемой NBIC-конвергенции, входящей в ядро предсказываемого футурологами VI технологического уклада.

Рабочая программа курса внеурочной деятельности «Современные исследования и достижения нанохимии» (далее – Программа) естественнонаучной направленности позволяет осветить обучающимся 11 классов основные тезисы нанохимии, а также наметить основные направления развития науки о мире нанообъектов и ее технологических приложений, получить понятие о современных научных методах. Реализация Программы позволит достичь более полного понимания школьниками естественно-научного подхода к изучению природы и развитию на его основе технологий, меняющих мир с учетом программы воспитания МБОУ «СОШ №6 им. Сирина Н.И.».

### ЦЕЛИ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Дать обучающимся краткий экскурс в межпредметную область нанотехнологий и импульс к самостоятельному изучению и творческому развитию; данная область в настоящее время является одной из «точек роста» для развития промышленности и находит многочисленные применения в современной технике.

### МЕСТО КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Курс является важным элементом системы **предпрофильной и профильной подготовки** обучающихся на уровне среднего общего образования и органично интегрируется в образовательную программу школы.

**1. Связь с учебными предметами:** Курс находится на стыке нескольких дисциплин и **углубляет, и расширяет** знания, полученные на уроках:

- **Химия:** основы строения вещества, химическая связь, химическая термодинамика и кинетика, свойства неорганических и органических веществ.
- **Физика:** квантовые явления, свойства твердого тела, электромагнитные явления.
- **Информатика:** компьютерное моделирование наносистем, обработка экспериментальных данных.

**2. Вклад в достижение личностных и метапредметных результатов:** Курс напрямую способствует формированию:

- **Умения учиться:** способности к самоорганизации и самообразованию в быстро меняющейся области знаний.
- **Коммуникативных компетенций:** умения ясно излагать сложные научные концепции, участвовать в дискуссиях, аргументировать свою точку зрения.
- **Навыков работы с информацией:** поиск, критический анализ, синтез и оценка информации из научно-популярных и академических источников.
- **Системного мышления:** умения видеть взаимосвязи между фундаментальными науками и их технологическими применениями.

**3. Профориентационная направленность:** Курс играет ключевую роль в **осознанном профессиональном самоопределении** учащихся, знакомя их с:

- Современными направлениями научных исследований (nanoхимия, материаловедение, молекулярная биология).
- Перспективными высокотехнологичными профессиями будущего.
- Миром реальной науки, ее методами, достижениями и проблемами, что способствует формированию кадрового потенциала для научно-технологического развития страны.

## ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Консультация.

# СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## 11 КЛАСС

Раздел 1. Методы исследования наноструктурированных веществ и материалов

Тема 1.1. Оптические методы

Теория. Оптические свойства наночастиц и наноматериалов. Микроскопия. Дифракционный предел. Фотометрия. Спектрофотометрия: измерение пропускания, поглощения, люминесценции. Динамическое светорассеяние. Практика: Практическая работа: Микроскопическое изучение препаратов наносеребра на стеклах.

Тема 1.2. Электронная микроскопия

Теория. Электронная микроскопия: просвечивающая и сканирующая. Особенности изучения биологических объектов на наноуровне. Практика: Практическая работа: Сравнительный анализ изображений наноструктур, полученных электронной микроскопией.

Тема 1.3. Рентгеновская дифрактометрия

Теория. Рентгенофазовый анализ. Уширение пиков как признак нанообъекта и как способ оценки размера кристаллитов. Рентгеноструктурный анализ. Определение структуры наноразмерных объектов на атомном уровне. Практика: Практическая работа: Визуализация структур биополимеров, полученных методом рентгеноструктурного анализа.

Тема 1.4. Сканирующая зондовая микроскопия

Теория. Туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Анализ наноструктуры поверхностей. Статический и динамический режим сканирования. Практика: Практическая работа: Анализ изображений, полученных методом атомно-силовой микроскопии, с помощью современного программного обеспечения. Учебно-исследовательский эксперимент: Изучение поверхности методом атомно-силовой микроскопии.

Раздел 2. Функциональные свойства наноструктурированных веществ и материалов

Тема 2.1. Функциональные свойства вещества, обеспечиваемые наноматериалами.

Теория. Сверхнизкая смачиваемость. Сверхпрочность. Высокотемпературная сверхпроводимость. Сверхфильтрация. Сверхъяркость светоиспускания. Сухая адгезия (биомиметика геккона). Магнитные свойства. Практика. Учебно-исследовательский эксперимент: Изучение «эффекта лотоса» на примере лепестка розы. Измерение краевого угла.

Раздел 3. Нанотехнологии – перспективы развития и состояние науки на сегодняшний день

Тема 3.1. Современные применения нанотехнологии

Теория. Современные применения нанотехнологии, общий обзор.  
Практика. Викторина: Нанотехнологии в нашей жизни.

Тема 3.2. Углеродные наноматериалы

Теория. Особая роль углерода в наномире. Фуллерены, графен, нанотрубки. Практика. Практическая работа: Моделирование пространственной структуры фуллеренов.

Тема 3.3. Наноматериалы для энергетики

Теория. Наноматериалы в топливных элементах. Литий-ионные аккумуляторы. Суперконденсаторы. Практика. Учебно-исследовательский эксперимент: Измерение емкости литий-ионного аккумулятора.

Тема 3.4. Наноэлектроника

Теория. Закон Мура. Технологический процесс производства интегральных микросхем. Системы записи информации. Практика. Практическая работа: Анализ изображения поверхности компакт-диска.

Тема 3.5. Наноматериалы в медицине и экологии

Теория. Нанодиагностика. Применение наноматериалов в терапии. Наносорбенты. Фотокатализаторы. Самоочистка. Практика. Практическая работа: Визуализация пространственной структуры нанобиопрепараторов с помощью современного программного обеспечения.

Раздел 4. Актуальные проблемы в областиnanoхимии нанотехнологии

Тема 4.1. Дискуссия Теория. Актуальные проблемы в области nanoхимии и нанотехнологии. Практика. Итоговая аттестация. Зачетная работа.

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

### **ЛИЧНОСТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

В сфере гражданского воспитания: способность определять собственную позицию по отношению к явлениям современной жизни и объяснять ее; готовность к сотрудничеству в процессе совместного выполнения учебных, познавательных и исследовательских задач,уважительного отношения к мнению оппонентов при обсуждении спорных вопросов естественно-научного содержания.

В сфере патриотического воспитания: уважение к процессу творчества в области теории и практического приложения нанонауки, осознания того, что успехи науки и технологии есть результат длительных наблюдений, кропотливых экспериментальных поисков, постоянного труда ученых и практиков; способность оценивать вклад российских ученых в становление и развитиеnanoхимии, понимание значения науки в познании законов природы, в жизни человека и современного общества.

В сфере духовно-нравственного воспитания: осознание личного вклада в построение устойчивого будущего; способность оценивать ситуацию и принимать осознанные решения, ориентируясь на морально-нравственные нормы и ценности.

В сфере эстетического воспитания: эстетическое отношение к миру, включая эстетику научного технического творчества.

В сфере формирования культуры здоровья: соблюдение правил безопасного обращения с веществами в быту, повседневной жизни, в трудовой деятельности; осознание последствий и неприятие вредных привычек (употребления алкоголя, наркотиков, курения); понимание ценности правил индивидуального и коллективного безопасного поведения в ситуациях, угрожающих здоровью и жизни людей.

В сфере трудового воспитания: коммуникативная компетентность в учебно-исследовательской деятельности, общественно полезной, творческой и других видах деятельности; интерес к практическому изучению профессий различного рода, в том числе на основе применения предметных знаний по химии и физике; уважение к труду, людям труда и результатам трудовой деятельности; готовность к осознанному выбору индивидуальной траектории образования, будущей профессии и реализации собственных жизненных планов с учетом личностных интересов, способностей к науке, интересов и потребностей общества.

В сфере экологического воспитания: экологически целесообразное отношение к природе как источнику существования жизни на Земле; наличие развитого экологического мышления, экологической культуры, опыта деятельности экологической направленности, умения руководствоваться ими в познавательной, коммуникативной и социальной практике, способности и умения активно противостоять идеологии хемофобии; способность

использовать приобретаемые при изучении нанохимии знания и умения при решении проблем, связанных с рациональным природопользованием (соблюдение правил поведения в природе, направленных на сохранение равновесия в экосистемах, охрану видов, экосистем, биосфера); осознание глобального характера экологических проблем и путей их решения.

В сфере ценностей научного познания: понимание специфики нанонауки, осознание ее роли в формировании рационального научного мышления, создание целостного представления об окружающем мире как о единстве природы, человека и общества, в познании природных закономерностей и решении проблем сохранения природного равновесия; понимание сущности методов познания, используемых в естественных науках, способности использовать получаемые знания для анализа и объяснения явлений окружающего мира и происходящих в нем изменений, умение делать обоснованные заключения на основе научных фактов и данных, полученных в ходе учебно-исследовательского эксперимента, с целью получения достоверных выводов; заинтересованность в получении естественно-научных знаний в целях повышения общей культуры, естественно-научной грамотности как составной части функциональной грамотности, формируемой при обучении; готовность и способность к непрерывному образованию и самообразованию, к активному получению новых знаний в соответствии с жизненными потребностями.

## МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В сфере овладения познавательными универсальными учебными действиями:

Базовые логические действия: самостоятельно формулировать и актуализировать проблему, рассматривать ее всесторонне; использовать при освоении знаний приемы логического мышления(анализа, синтеза, сравнения, классификации, обобщения), раскрывать смысл научных понятий (выделять их характерные признаки, устанавливать связи с другими понятиями); определять цели деятельности, задавая параметры и критерии их достижения, соотносить результаты деятельности с поставленными целями; использовать научные понятия для объяснения фактов и явлений природы; строить логические рассуждения (индуктивные, дедуктивные, по аналогии), выявлять закономерности и противоречия в рассматриваемых явлениях, формулировать выводы и заключения; применять схемно-модельные средства для представления существенных связей и отношений в изучаемых объектах, а также противоречий разного рода, выявленных в различных информационных источниках; разрабатывать план решения проблемы с учетом анализа имеющихся материальных и нематериальных ресурсов.

Базовые исследовательские действия: владеть научной терминологией, ключевыми понятиями и методами нанонауки; владеть навыками учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения

проблем; способностью и готовностью к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания; использовать различные виды деятельности по получению нового знания, его интерпретации, преобразованию и применению в учебных ситуациях, в том числе при создании учебных и социальных проектов; формировать научный тип мышления, владеть научной терминологией, ключевыми понятиями и методами; ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях; уметь интегрировать знания из разных предметных областей.

Работа с информацией: владеть навыками получения информации из источников разных типов, самостоятельно осуществлять поиск, анализ, систематизацию и интерпретацию информации различных видов и форм представления; оценивать достоверность информации; формулировать запросы и применять различные методы при поиске и отборе информации, необходимой для выполнения учебных задач; самостоятельно выбирать оптимальную форму представления информации (схемы, графики, диаграммы, таблицы, рисунки и др.); использовать научный язык в качестве средства при работе с информацией: применять химические, физические и математические знаки и символы, формулы, аббревиатуру, номенклатуру, использовать и преобразовывать знаково-символические средства наглядности.

В сфере овладения универсальными коммуникативными действиями: осуществлять общение во внеурочной деятельности; развернуто и логично излагать свою точку зрения с использованием языковых средств; понимать и использовать преимущества командной и индивидуальной работы; выбирать тематику и методы совместных действий с учетом общих интересов и возможностей каждого члена коллектива; принимать цели совместной деятельности, организовывать и координировать действия по ее достижению: составлять план действий, распределять роли с учетом мнений участников, обсуждать результаты совместной работы; оценивать качество своего вклада и каждого участника команды в общий результат по разработанным критериям; предлагать новые проекты, оценивать идеи с позиции новизны, оригинальности, практической значимости; осуществлять позитивное стратегическое поведение в различных ситуациях, проявлять творчество и воображение, быть инициативным.

В сфере овладения универсальными регулятивными действиями:

Самоорганизация: использовать научные знания для выявления проблем и их решения в жизненных и учебных ситуациях; самостоятельно осуществлять познавательную деятельность, выявлять проблемы, ставить и формулировать собственные задачи; самостоятельно составлять план выполнения учебно-исследовательского эксперимента с учетом имеющихся ресурсов, собственных возможностей и предпочтений; расширять рамки учебного предмета на основе личных предпочтений; делать осознанный

выбор, аргументировать его, брать на себя ответственность за решение; оценивать приобретенный опыт; способствовать формированию и проявлению эрудиции в области естественных наук, постоянно повышать свой образовательный и культурный уровень.

Самоконтроль: давать оценку новым ситуациям, вносить корректизы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям; принимать мотивы и аргументы других при анализе результатов деятельности; использовать приемы рефлексии для оценки ситуации, выбора верного решения; уметь оценивать риски и своевременно принимать решения по их снижению.

Принятие себя и других: принимать себя, понимая свои недостатки и достоинства; признавать свое право и право других на ошибки.

## ПРЕДМЕТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

### 10 КЛАСС

#### Ввод данных

### 11 КЛАСС

По итогам реализации Программы обучающиеся будут знать: основные положения законов, теорий, закономерностей, правил, гипотез в области современных нанонауки и нанотехнологии; биографические данные и основные достижения ведущих представителей науки о дисперсных средах и нанохимии; основополагающие нанохимические термины и понятия (наночастица, наноматериалы, наноструктуры, наносистемы и др.); строение основных надмолекулярных структур, присутствующих в дисперсных средах; возможности направленного синтеза и модификации наноструктурированных веществ и материалов; функциональные возможности наноструктурированных веществ и материалов; основные методы научного познания, используемые в нанохимических и нанотехнологических исследованиях; ключевые достижения в области нанотехнологии; основные приложения наноструктурированных веществ и материалов.

По итогам реализации Программы обучающиеся будут уметь: пользоваться терминологией, относящейся к нанохимии и нанотехнологии; различать различные уровни организации материи в наноструктурированных объектах; собирать шаро-стержневые модели структур нанообъектов; применять программное обеспечение для визуализации пространственной структуры нанообъектов; планировать и проводить учебно-исследовательский эксперимент по изучению свойств дисперсных систем; анализировать изображения наноструктурированных объектов, полученные различными методами изучения; устанавливать взаимосвязи между наукой и технологиями, наноматериалами и их свойствами, методами исследования и их возможностями; оценивать этические аспекты современных исследований в области нанотехнологий; самостоятельно работать с источниками

дополнительной литературы и интернет-ресурсами, включая ресурсы на английском языке.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

### 11 КЛАСС

| № п/п   | Наименование разделов и тем программы | Количество часов | Основное содержание  | Основные виды деятельности   | Электронные (цифровые) образовательные ресурсы                      |
|---|---------------------------------------|------------------|--|--|---|
| <b>Раздел 1. Методы исследования наноструктурированных веществ и материалов</b> |                                       |                  |  |  |   |
| 1.1   | Оптические методы                     | 4                | Оптические свойства наночастиц и наноматериалов.<br>Микроскопия.<br>Дифракционный предел. Фотометрия.<br>Спектрофотометрия: измерение пропускания, поглощения, люминесценции.<br>Динамическое светорассеяние | Учебно-исследовательский эксперимент:<br>Микроскопическое изучение препаратов наносеребра на стеклах | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 1.2   | Электронная микроскопия               | 3                | Просвечивающая электронная микроскопия.<br>Сканирующая электронная микроскопия.  | Практическая работа:<br>Сравнительный анализ изображений наноструктур, полученных электронной        | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |

|     |                                  |   |   |   |   |
|-----|----------------------------------|---|---|---|---|
|     |                                  |   | Особенности изучения биологических объектов наnanoуровне  | микроскопией  |   |
| 1.3 | Рентгеновская дифрактометрия     | 4 | Рентгенофазовый анализ. Уширение пиков как признак nanoобъекта и как способ оценки размера кристаллитов. Рентгеноструктурный анализ. Определение структуры наноразмерных объектов на атомном уровне | Практическая работа: Визуализация структур биополимеров, полученных методом рентгеноструктурного анализа  | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 1.4 | Сканирующая зондовая микроскопия | 6 | Туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Анализ nanoструктуры поверхностей. Статический и динамический режим сканирования  | Учебно-исследовательский эксперимент: Изучение поверхности методом атомно-силовой микроскопии. Практическая работа: Анализ изображений, полученных методом атомно-силовой | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  | микроскопии, с помощью современного программного обеспечения |  |
|--|--|--|--|--|--|

**Итого по разделу 1**

17

| <b>Раздел 2. Функциональные свойства наноструктурированных веществ и материалов</b> |  |   |   |  |   |
|---|--|---|---|--|---|
| 2.1   | Функциональные свойства вещества, обеспечиваемые наноматериалами | 5 | Сверхнизкая смачиваемость. Сверхпрочность. Высокотемпературная сверхпроводимость. Сверхфильтрация. Сверхъяркость светоиспускания. Сухая адгезия (биомиметика геккона). Магнитные свойства |  | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |

**Итого по разделу 2**

5

| <b>Раздел 3. Нанотехнологии – перспективы развития и состояние науки на сегодняшний день</b> |                                       |   |   |   |   |
|--|---------------------------------------|---|---|---|---|
| 3.1  | Современные применения нанотехнологии | 1 | Общий обзор современных применений нанотехнологии   | Викторина: Нанотехнологии в нашей жизни             | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 3.2  | Углеродные наноматериалы              | 2 | Особая роль углерода в наномире. Фуллерены, графен, | Практическая работа: Моделирование пространственной | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |

|   |                                     |   |  |  |   |
|---|-------------------------------------|---|--|--|---|
|   |                                     |   | нанотрубки   | структуры фуллеренов   |   |
| 3.3   | Наноматериалы для энергетики        | 2 | Наноматериалы в топливных элементах. Литий-ионные аккумуляторы. Суперконденсаторы                  | Учебно-исследовательский эксперимент: Измерение емкости литий-ионного аккумулятора   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 3.4   | Наноэлектроника                     | 2 | Закон Мура. Технологический процесс производства интегральных микросхем. Системы записи информации | Практическая работа: Анализ изображения поверхности компакт-диска  | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 3.5   | Наноматериалы в медицине и экологии | 2 | Нанодиагностика. Применение наноматериалов в терапии. Наносорбенты. Фотокатализаторы. Самоочистка  | Практическая работа: Визуализация пространственной структуры нанобиопрепараторов с помощью современного программного обеспечения | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| <b>Итого по разделу 3</b>   |                                     | 9 |  |  |   |
| <b>Раздел 4. Актуальные проблемы в области нанохимии и нанотехнологии</b> |                                     |   |  |  |   |
| 4.1   | Дискуссия                           | 3 | Актуальные проблемы в области нанохимии и  | Итоговая аттестация. Зачетная работа   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |

|  |  |    |                |  |  |
|--|--|----|----------------|--|--|
|  |  |    | нанотехнологии |  |  |
| <b>Итого по разделу 4</b>                  |  | 3  |                |  |  |
| <b>ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ ПО ПРОГРАММЕ</b> |  | 34 |                |  |  |

# ПОУРОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

## 11 КЛАСС

| №<br>п/п | Тема урока  | Количество часов |                       |                        | Электронные<br>цифровые<br>образовательные<br>ресурсы               |
|----------|---|------------------|-----------------------|------------------------|---|
|          |   | Всего            | Контрольные<br>работы | Практические<br>работы |   |
| 1        | Оптические методы. Оптические свойства наночастиц и наноматериалов                                      | 1                |                       |                        | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 2        | Микроскопия. Дифракционный предел   | 1                |                       |                        | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 3        | Фотометрия. Спектрофотометрия: измерение пропускания, поглощения, люминесценции                         | 1                |                       |                        | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 4        | Динамическое светорассеяние. Микроскопическое изучение препаратов наносеребра на стеклах                | 1                |                       | 1                      | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 5        | Просвечивающая электронная микроскопия  | 1                |                       |                        | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 6        | Сканирующая электронная микроскопия   | 1                |                       |                        | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 7        | Особенности изучения биологических объектов наnanoуровне. Сравнительный анализ изображений наноструктур | 1                |                       | 1                      | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 8        | Рентгенофазовый анализ. Уширение пиков как  | 1                |                       |                        | Наноград  |

|    |   |   |  |   |   |
|----|---|---|--|---|---|
|    | признак нанообъекта   |   |  |   | <a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a>             |
| 9  | Рентгеноструктурный анализ  | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 10 | Определение структуры наноразмерных объектов на атомном уровне                      | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 11 | Визуализация структур биополимеров, полученных методом рентгеноструктурного анализа | 1 |  | 1 | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 12 | Туннельная микроскопия  | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 13 | Атомно-силовая микроскопия  | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 14 | Анализ наноструктуры поверхностей   | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 15 | Статический и динамический режим сканирования                                       | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 16 | Изучение поверхности методом атомно-силовой микроскопии                             | 1 |  | 1 | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 17 | Анализ изображений, полученных методом атомно-силовой микроскопии                   | 1 |  | 1 | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 18 | Сверхнизкая смачиваемость. Сверхпрочность   | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |

|    |   |   |  |   |   |
|----|---|---|--|---|---|
| 19 | Высокотемпературная сверхпроводимость. Сверхфильтрация                      | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 20 | Сверхъяркость светоиспускания. Сухая адгезия (биомиметика геккона)          | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 21 | Магнитные свойства наноматериалов   | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 22 | Изучение «эффекта лотоса» на примере лепестка розы. Измерение краевого угла | 1 |  | 1 | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 23 | Современные применения нанотехнологии. Общий обзор                          | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 24 | Викторина: Нанотехнологии в нашей жизни                                     | 1 |  | 1 | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 25 | Особая роль углерода в наномире. Фуллерены                                  | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 26 | Графен, нанотрубки. Моделирование пространственной структуры фуллеренов     | 1 |  | 1 | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 27 | Наноматериалы в топливных элементах. Литий-ионные аккумуляторы              | 1 |  |   | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 28 | Суперконденсаторы. Измерение емкости литий-ионного аккумулятора             | 1 |  | 1 | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 29 | Закон Мура. Технологический процесс производства                            | 1 |  |   | Наноград  |

|  |  |    |   |    |   |
|--|--|----|---|----|---|
|  | интегральных микросхем   |    |   |    | <a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a>             |
| 30   | Системы записи информации. Анализ изображения поверхности компакт-диска      | 1  |   | 1  | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 31   | Нанодиагностика. Применение наноматериалов в терапии                         | 1  |   |    | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 32   | Наносорбенты. Фотокатализаторы. Самоочистка                                  | 1  |   |    | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 33   | Визуализация пространственной структуры нанобиопрепараторов                  | 1  |   | 1  | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| 34   | Актуальные проблемы в областиnanoхимии и нанотехнологии. Итоговая аттестация | 1  | 1 |    | Наноград<br><a href="https://palm.school/">https://palm.school/</a> |
| <b>ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ ПО ПРОГРАММЕ</b> |  | 34 | 1 | 11 |   |



## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСА

### 1. УМК ДЛЯ ПЕДАГОГА И УЧАЩИХСЯ

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

2. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (утвержден приказом Минобрнауки России от 17 мая 2012 г. № 413).

3. Федеральная образовательная программа среднего общего образования (утверждена приказом Минпросвещения России от 18 мая 2023 г. № 371).

4. Ахметов М.А. Введение в нанотехнологии. Химия: учебное пособие для учащихся 10–11 классов средних общеобразовательных учреждений. — СПб.: Образовательный центр «Участие», 2012. — 108 с.

5. Ахметова А.И., Яминский Д.И., Яминский И.В. «ФемтоСкан Онлайн»: обработка и фильтрация изображений // Наноиндустрия. — 2024. — Т. 17, № 3–4(127). — С. 178–183.

6. Богатырев В.А., Дыкман Л.А., Хлебцов Н.Г. Методы синтеза наночастиц с плазмонным резонансом: учебное пособие. — Саратов: СТУ им. Н.Г. Чернышевского, 2009. — 35 с.

7. Волкова С.А. Современные исследования в области нанотехнологий в содержании химического образования. — М., 2015. — 304 с.

8. Гудилин Е.А. Нанотехнологии – прорыв в будущее! // Образовательная политика. — 2020. — № 55. — С. 54–57.

9. Еремин В.В., Дроздов А.А. Нанохимия и нанотехнологии. — М.: Дрофа, 2009. — 112 с.

10. Зимон А.Д. Занимательная коллоидная химия. — М.: URSS, 2017. — 253 с.

11. Мельникова Н., Гнеушева Е., Маштаков Б. Получение и изучение свойств веществ, состоящих из частиц нано- и микроразмеров. — СПб.: Школьная лига, Издательство «Лема», 2013. — 20 с.

12. Микро- и наномир современных материалов / под ред. Ю.Д. Третьякова. — М.: Химфак МГУ, 2006. — 68 с.

13. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю.Д. Третьякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 368 с.

14. Волкова С.А., Ибатуллин А.А., Рогатых С.В. [и др.] О включении основ нанохимии в содержание школьного химического образования // Химия в школе. — 2023. — № 6. — С. 19–24.

15. Пять нобелевских уроков (практикум для старшеклассников по сканирующей зондовой микроскопии) / А.В. Большакова, Е.В. Дубровин, А.Д. Протопопова [и др.]. — М.: Центр перспективных технологий, 2013. — 94 с.

16. Светухин В.В., Явтушенко И.О. Основы нанотехнологий. 10–11 классы: учебное пособие. — 3-е изд., стер. — М.: Просвещение, 2023. — 111 с.

17. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов / Г.Г. Борисенко, И.В. Гольдт, Е.А. Гудилин [и др.]. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 528 с.

18. Ахметова А.И., Иванов О.В., Максимова Н.Е. [и др.] Теория и практика сканирующей зондовой микроскопии: новые решения для физики, химии, биологии и медицины // Наноиндустрия. — 2023. — Т. 16, № 2(120). — С. 88–95.

19. Щербаков А.Б., Иванов В.К. Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям. — М.: МГУ, 2019. — 368 с.

**Интернет-источники (для педагога и учащихся)**

1. Всероссийская интернет-олимпиада по нанотехнологиям [Электронный ресурс]. — URL: <https://enanos.nanometer.ru/>

2. Наноград [Электронный ресурс]. — URL: <https://palm.school/>