

Министерство образования и науки Пермского края
Управление образования администрации Очерского городского округа
МБОУ «Очерская СОШ № 3»

РАССМОТРЕНО и

ПРИНЯТО

педагогическим

советом школы

Протокол №11 от «29»
августа 2024 года

УТВЕРЖДЕНО

директор школы



Л. Л. Денщикова

Приказ № 267 от «02»
августа 2024 года

**Рабочая программа курса для 11 класса
«Основы нанотехнологий»**

г. Очер, 2024

Существенная роль в изучении закономерностей развития природы и взаимодействия с ней человеческой цивилизации принадлежит естественным наукам. Особенно велика эта роль в нынешний век научного и технологического прогресса. Согласно указу Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. N 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» особое внимание уделяется направлениям, тесно связанным с развитием нанотехнологической отрасли. Новые технологически ориентированные отрасли промышленности требуют не только достаточно квалифицированных служащих из числа выпускников, но и грамотных потребителей современной продукции. Современные выпускники недостаточно готовы к жизни в нанотехнологичном обществе. Ведь в образовательных стандартах, учебниках, программах по химии, физике, биологии, математике, информатике нет разделов, посвященных нанотехнологиям. Важным аспектом образовательной и воспитательной деятельности образовательных учреждений различных уровней в РФ является развитие творческих способностей воспитанников, приобщение их к исследовательской работе и, в конечном результате, воспитание активной творческой личности.

В данной программе реализован личностно-ориентированный и системнодеятельностный подход. Используются такие технологии как: ИКТ, интерактивные технологии, метод проектов, осуществляется дистанционное обучение: учащиеся становятся слушателями бесплатного онлайн-курса для студентов и школьников «Введение в нанотехнологии» сайта «e-nano».

Курс учитывает межпредметные связи с химией, биологией, информатикой и предполагает такие **формы работы**, как урок-практикум, лекция, семинар, экскурсия, зачёт в виде защиты проектных и исследовательских работ. Программа предполагает широкое использование ЭОР, ЦОР, например, материалов нанотехнологического сообщества «НАНОМЕТР», медиатеки «Школьной Лиги РОСНАНО».

ЦЕЛИ КУРСА

- формирование целостной естественнонаучной картины мира с учетом достижений науки и техники в области нанотехнологий;
- углубление знаний основного курса физики и повышение интереса к его изучению;
- формирование умения коллективно решать поставленные задачи;
- формирование личностных и метапредметных УУД;
- пробуждение интереса у обучающихся к исследовательской деятельности и инженерной работе в области нанотехнологий.

ЗАДАЧИ КУРСА

- создать условия для развития познавательного интереса, интеллектуальных и творческих способностей учащихся в процессе самостоятельного приобретения знаний с использованием различных источников информации;
- формировать общее представление о том, что такое нанотехнологии как отрасль науки и производства, и её потенциале для решения многих проблем человечества с помощью высокоэффективных материалов, компонентов и систем;
- показать междисциплинарный характер нанотехнологии как нового направления науки;
- познакомить учащихся с основными направлениями и методами исследований в области нанотехнологий, а, также с достижениями и перспективами развития нанотехнологий;
- формировать навыки научно-исследовательской деятельности;
- развивать умение обучающихся самостоятельно работать с научными текстами, используя навыки смыслового чтения;

- воспитывать чувство ответственности за собственные действия;
- формировать навыки самодисциплины и самоконтроля в ходе проведения исследований и создания различных проектов;
- развивать умение коллективно решать поставленные задачи;
- обучить принципам работы со сканирующим зондовым микроскопом NanoEducator; □ формировать знания о фундаментальных принципах и физических эффектах, лежащих в основе применения нанотехнологий.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА «НАНОТЕХНОЛОГИИ»

В результате реализации данной программы у обучающихся формируются

- физические основы нанотехнологий: масштабы наномира, основные представления квантовой механики, основные типы наноструктур;
- методы получения и исследования наноструктур;
- уникальные свойства наноструктур;
- применение наноразмерных систем в электронике;
- роль нанотехнологий в биологии, химии, технологии, медицине и других науках;
- необходимость исследований, проводимых учёными в области нанотехнологий;
- ближайшие перспективы нанотехнологий и их роль в нашей жизни.

Универсальные учебные действия:

- организовывать поиск, анализ, отбор, преобразование, систематизацию, оценку и передачу необходимой информации, используя различные источники;
- использовать навыки смыслового чтения для работы с научными текстами;
- решать учебные и самообразовательные проблемы;
- оформлять, представлять и защищать результаты своих исследований;
- сотрудничать и работать в команде;
- применять знания, полученные в ходе изучения курса, на уроках физики, химии и биологии, информатики и др. для объяснения происходящих вокруг процессов и явлений на уровне наномира.

Важно, что при организации учебного процесса учитель может варьировать виды и формы занятий, придерживаясь содержания, объёма и порядка изучения материала.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА «НАНОТЕХНОЛОГИИ».

I. Введение (1 час).

1. История значимых событий в развитии нанотехнологий.
2. Положение нанообъектов на шкале размеров.
3. Ричард Фейнман – пророк нанотехнологической революции.

II. Нанотехнологии вокруг нас (4 часа).

1. Нанокomпьютеры и нанороботы.
2. Космический лифт.
3. Нанопорошки и нанопокpытия. Литография. Рисунки в нанотехнологиях.
4. Междисциплинарные аспекты нанотехнологий.

III. Наночастицы и наноструктуры (4 часа).

1. Классификация наноструктур.
2. Наночастицы и нанокластеры.
3. Роль поверхностных атомов.
4. Магические числа.
5. Углеродные наноструктуры. Углеродные нанотрубки-материал будущего.
6. Наноккомпозиты, нанопористые и нанофазные материалы.

IV. Методы получения и исследования наноструктур (6 часов).

1. Общие характеристики физических методов.
2. Пути создания нанообъектов: технологии «сверху - вниз» и «снизу-вверх».
3. Самоорганизация и самосборка в нанотехнологиях.
4. Электронная микроскопия.
5. Прозондируем наномир. Сканирующая туннельная микроскопия.
6. Атомно-силовая микроскопия.

V. Квантовая физика и наноструктуры (5 часов).

1. Электромагнитные волны.
2. Квантовые свойства излучения фотоны.
3. Гипотеза де Бройля.
4. Соотношения неопределённостей.
5. Квантовые представления об атоме.
6. Кристаллы и энергетические зоны.
7. Потенциальные яма и барьер.
8. Туннельный эффект.
9. Квантовые ямы, точки, проволоки.

VI. Уникальные свойства наноструктур (5 часов).

1. Число «ближайших соседей» в наночастице.
2. Механическая прочность нанотрубок.
3. Температура плавления наночастиц.
4. Электросопротивление наноструктур.
5. Магнетизм наноструктур.
6. Цвет наночастиц.
7. Сверхнизкие температуры и нанообъекты.

VII. Нанoeлектроника (3 часа).

1. Нанoeлектроника и тенденции ее развития.
2. Одноэлектронное туннелирование.
3. Резонансное туннелирование.
4. Спинтроника.
5. Сверхпроводниковая электроника.
6. Наноккомпьютеры и квантовые компьютеры.
7. Нанотехнологии в оптоэлектронике.

VIII. Нанобиотехнологии (4 часа).

5. Нанотехнологии в природе.

6. Гекконы, мидии и суперклей.
7. Биокomпьютеры.
8. Нанобиореакторы.
9. Нанокaпсулы.
10. Проблема безопасности наноматериалов и нанотехнологий.

IX. Ближайшие перспективы нанотехнологий (1 час).

X. Защита проектов (1 час).

РАЗДЕЛ III. ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

**Курсивом выделены темы, разработанные с учетом рабочей программы воспитания*

11 класс			
Раздел	Тема урока	Содержание деятельности	Кол-во часов
Введение (1 час)	Введение в нанотехнологии	Знакомятся с основными понятиями в области нанотехнологий. Узнают о порядке размеров нанообъектов. Рассматривают причины развития нанотехнологий, три этапа НТР. Приводят примеры значимых событий в развитии нанотехнологий.	1
Нанотехнологии вокруг нас (4 часа)	Нанокomпьютеры и нанороботы.	Знакомятся, на основе каких материалов в настоящее время ведется разработка памяти и процесса вычислений нанокomпьютеров. Получают представление об устройстве и работе полупроводникового транзистора, используемого в качестве элемента памяти современного компьютера. Выясняют отличие ассемблеров и дисассемблеров.	1
	Нанопорошки и анопокрытия. Литография. Рисунки в нанотехнологиях.	Приводят примеры применения нанопорошков и нанопокpытий в быту, технике. Описывают процесс создания рисунков в нанотехнологиях.	1
	Космический лифт.	Знакомятся с идеями, выдвинутыми К.Э. Циолковским для освоения космического пространства. Выдвигают гипотезы для решения технических проблем, возникающих при создании космического лифта и выполнять необходимые для решения этих проблем расчеты, используя известные законы физики.	1
	Междисциплинарные аспекты нанотехнологий.	Приводят примеры использования нанотехнологий при создании военной техники, умной одежды. Приводят примеры наиболее эффективного использования нанотехнологий в быту. Узнают, на каких физических принципах основан эффект «невидимости» самолетов. Выдвигают и обосновывают гипотезы о возможностях применения нанотехнологиях в различных отраслях науки и техники, в быту.	1

Наночастицы и наноструктуры (4 часа)	Классификация наноструктур.	Получают представление о классификации наноструктур. Знакомятся с основной отличительной особенностью наноматериалов от традиционных материалов. Приводят примеры изготовления и применения наноматериалов в прошедших столетиях. Выясняют, что понимают под нанокompозитным (нанопористым) материалом	1
		и приводить примеры таких материалов, указывая области их применения. Осуществляют в интернете поиск информации.	
	Наночастицы и нанокластеры. Роль поверхностных атомов. Магические числа.	Знакомятся с понятиями: наночастицы и нанокластеры. Выясняют роль поверхностных атомов. Магические числа.	1
	Углеродные наноструктуры.	Знакомятся с особенностями углеродных наноструктур, основами туннельной микроскопии, свойствами, способами выращивания и применением нанотрубок.	1
	Нанокompозиты, нанопористые и нанофазные материалы.	Знакомятся с понятиями: Нанокompозиты, нанопористые и нанофазные материалы и способами их получения.	1
Методы получения и исследования наноструктур (6 часов)	Общие характеристики физических методов.	Получают знания об общих характеристиках физических методов.	1
	Пути создания нанообъектов.	Выясняют суть технологий создания нанообъектов: технологии «сверху - вниз» и «снизу-вверх».	1
	Самоорганизация и самосборка в нанотехнологиях.	Изучают принципы, технологии и методики создания трехмерно упорядоченных структур из нанообъектов.	1
	Электронная микроскопия	Получают навыки работы с растровым электронным микроскопом.	1
	Сканирующая туннельная микроскопия.	Знакомятся с возможностями СЗМ «NanoEducator»	1
	Атомно-силовая микроскопия.	Знакомятся с принципом работы атомно-силового микроскопии и технологией напыления пленок.	1
Квантовая физика и наноструктуры (5 часов)	Электромагнитные волны. Квантовые свойства излучения фотоны. Гипотеза де Бройля.	Используют знания курса физики для изучения наноструктур. Знакомятся с принципами получения фиксированного ионного пучка. Получают представление о понятиях: ямы, барьеры, туннели, ящики и нити – квантовые явления и структуры.	1
	Соотношения неопределённости.		1
	Квантовые представления об атоме.		1
	Кристаллы и энергетические зоны.		1
	Потенциальные яма и барьер. Квантовые ямы, нити, точки. Туннельный эффект.		1
Уникальные свойства наноструктур (5 часов)	Число «ближайших соседей» в наночастице. Механическая прочность нанотрубок. Температура плавления наночастиц	Используют знания физики для работы с жидким азотом. Исследуют механическую прочность нанотрубок и выясняют температуру плавления наночастиц.	1
	Свойства наночастиц		1

	Электросопротивление наноструктур.	Выясняют причины малого электросопротивления наноструктур.	1
	Магнетизм наноструктур.	Выясняют причины магнетизма наноструктур.	1
	Цвет наночастиц. Сверхнизкие температуры и нанобъекты.	Получают представление о цвете и предельной температуре существования нанобъектов.	
Нанoeлектроника (3 часа)	Нанoeлектроника и тенденции ее развития.	Знакомятся с основами нанoeлектроники на примере наноавтомобиля. Создают модель наноавтомобиля.	1
	Туннелирование. Спинтроника. Сверхпроводниковая электроника.	Получают представление о видах туннелирования, сути и применении закон Мура. Знакомятся с понятием: спинтроника. Выясняют возможности применения сверхпроводников в электронике.	1
	Нанокomпьютеры и квантовые компьютеры. Нанотехнологии в оптоэлектронике.	Знакомятся с принципом действия нанокomпьютеров и квантовых компьютеров, применением нанотехнологий в оптоэлектронике.	1
Нанобиотехнологии (3 часа)	Нанотехнологии в природе.	Выясняют причину самоочищения листа лотоса и приводят примеры применения эффекта лотоса.	1
	Гекконы, мидии и суперклеи.	Выясняют возможности применения нового материала «гекель» в разных областях человеческой деятельности.	1
	Биокomпьютеры. Нанобиореакторы. Нанокapsулы. Проблема безопасности наноматериалов и нанотехнологий.	Узнают, какие функции могут выполнять нанороботы в медицине и оценивают реальность таких возможностей. Оценивают безопасность наноматериалов и нанотехнологий для человека и биоорганизмов.	1
Ближайшие перспективы нанотехнологий (1 час)	Ближайшие перспективы нанотехнологий	Выявляют ближайшие перспективы развития нанотехнологий в РФ	1
Защита проектов (1 час)	Защита проектов	Представляют результаты проектных и исследовательских работ.	1
Итого			34

**КАЛЕНДАРНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ОСНОВНЫХ ВИДОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

№ п/п	Основное содержание	Характеристика основных видов деятельности обучающегося	
Введение (1 час)			
1.	Введение в нанотехнологии	История значимых событий в развитии нанотехнологий. Положение нанобъектов на шкале размеров. Ричард Фейнман – пророк нанотехнологической революции.	Знакомятся с основными понятиями в области нанотехнологий. Узнают о порядке размеров нанобъектов. Рассматривают причины развития нанотехнологий, три этапа НТР. Приводят примеры значимых событий в развитии нанотехнологий.
Нанотехнологии вокруг нас (4 часа)			
2.	Нанокomпьютеры и нанороботы.	Эрик Дрекслер и его книга «Машины созидания». Использование компьютеров для моделирования наноматериалов и наноустройств в виде объемных компьютерных моделей.	Знакомятся, на основе каких материалов в настоящее время ведется разработка памяти и процесса вычислений нанокomпьютеров. Получают представление об устройстве и работе полупроводникового транзистора, используемого в качестве элемента памяти современного компьютера. Выясняют отличие ассемблеров и дисассемблеров.
3	Нанопорошки, нанопокpытия	Нанопорошки и нанопокpытия. Литография. Рисунки в нанотехнологиях. Что такое туннельный микроскоп. Работа в лаборатории ИНЭП ЮФУ «Технология фотолитографии», «Силовая нанолитография».	Приводят примеры применения нанопорошков и нанопокpытий в быту, технике. Описывают процесс создания рисунков в нанотехнологиях.
4	Космический лифт.	Космический лифт.	Знакомятся с идеями, выдвинутыми К.Э. Циолковским для освоения космического пространства. Выдвигают гипотезы для решения технических проблем, возникающих при создании космического лифта и выполнять необходимые для решения этих проблем расчеты, используя известные законы физики.
5.	Междисциплинарные аспекты нанотехнологий.	Нанотехнологии в быту и в военном деле.	Приводят примеры использования нанотехнологий при создании военной техники, умной одежды. Приводят примеры наиболее эффективного использования нанотехнологий в быту. Узнают, на каких физических принципах основан эффект «невидимости» самолетов. Выдвигают и обосновывают гипотезы о возможностях применения нанотехнологиях в различных отраслях науки и техники, в быту.
Наночастицы и наноструктуры (4 часа)			
6	Классификация наноструктур	Классификация наноструктур.	Получают представление о классификации наноструктур. Знакомятся с основной отличительной особенностью наноматериалов от традиционных материалов. Приводят примеры изготовления и применения наноматериалов в прошедших столетиях. Выясняют, что понимают под нанокomпозитным (нанопористым) материалом и приводят примеры таких материалов, указывая области их применения. Осуществляют в интернете поиск информации.

7	Наночастицы и нанокластеры. Роль поверхностных атомов. Магические числа.	Наночастицы и нанокластеры. Роль поверхностных атомов. Магические числа.	Знакомятся с понятиями: наночастицы и нанокластеры. Выясняют роль поверхностных атомов. Магические числа.
8	Углеродные наноструктуры.	Особая роль углерода в наном мире. Графен – слой графита. Фуллерены – наночастицы из углерода. Фуллерен C60. Углеродные нанотрубки – трубки из графена. Свойства и применение нанотрубок. Способы получения фуллеренов и углеродных нанотрубок. Что такое туннельный микроскоп. Работа в лаборатории ИНЭП ЮФУ «Выращивание углеродных нанотрубок».	Знакомятся с особенностями углеродных наноструктур, основами туннельной микроскопии, свойствами, способами выращивания и применением нанотрубок
9	Нанокompозиты, нанопористые и нанофазные материалы	Нанопроволоки. Композиты.	Знакомятся с понятиями: Нанокompозиты, нанопористые и нанофазные материалы и способами их получения.
Методы получения и исследования наноструктур (6 часов)			
10	Общие характеристики физических методов.	Можно ли увидеть молекулы в оптический микроскоп? Первый нанотехнолог Левша и его «мелкоскоп».	Получают знания об общих характеристиках физических методов.
11	Пути создания нанобъектов.	Технологии «сверху - вниз» и «снизу-вверх».	Выясняют суть технологий создания нанобъектов: технологии «сверху - вниз» и «снизу-вверх».
12	Самоорганизация и самосборка в нанотехнологиях.	Самоорганизация и самосборка в нанотехнологиях.	Изучают принципы, технологии и методики создания трехмерно упорядоченных структур из нанобъектов.
13	Электронная микроскопия	Сканирующий электронный микроскоп. Что такое туннельный микроскоп. Работа в лаборатории ИНЭП ЮФУ «Растровая электронная микроскопия»	Получают навыки работы с растровым электронным микроскопом.
14	Сканирующая туннельная микроскопия.	Что такое туннельный микроскоп. Работа в лаборатории ИНЭП ЮФУ «Сканирующая зондовая микроскопия».	Знакомятся с возможностями СЗМ «NanoEducator»
15	Атомно-силовая микроскопия.	Как атомно-силовая микроскопия чувствует прикосновение атомов. Работа в лаборатории ИНЭП ЮФУ «Технология вакуума. Напыление пленок».	Знакомятся с принципом работы атомно-силового микроскопии и технологией напыления пленок.
Квантовая физика и наноструктуры (5 часов)			
16.	Электромагнитные волны. Квантовые свойства излучения фотоны. Гипотеза де Бройля.	Электромагнитные волны. Квантовые свойства излучения и волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля.	Используют знания курса физики для изучения наноструктур. Знакомятся с принципами получения фиксированного ионного пучка.
17.	Соотношения неопределённости.	Соотношения неопределённости.	
18.	Квантовые представления об атоме.	Квантовые представления об атоме.	
19.	Кристаллы и энергетические зоны.	Энергетические зоны кристаллов.	
20.	Потенциальные яма и барьер. Квантовые ямы, нити, точки. Туннельный эффект.	Ямы, барьеры, туннели, ящики и нити – квантовые явления и структуры. Работа в лаборатории ИНЭП ЮФУ «Фокусированный ионный пучок»	Получают представление о понятиях: ямы, барьеры, туннели, ящики и нити – квантовые явления и структуры.

Уникальные свойства наноструктур (5 часов)			
21.	Число «ближайших соседей» в наночастице.	Изменение механических, тепловых, электромагнитных и оптических характеристик в наномире. Применение высокого предела прочности наноструктур. Низкая температура плавления и высокая прочность, возникающие благодаря большой доле поверхностных атомов, изменению энергетического спектра их электронов. Что такое туннельный микроскоп. Работа в лаборатории ИНЭП ЮФУ «Технология сверхнизких температур. Жидкий азот».	Используют знания физики для работы с жидким азотом. Исследуют механическую прочность нанотрубок и выясняют температуру плавления наночастиц.
22.	Механическая прочность нанотрубок. Температура плавления наночастиц.		
23.	Электросопротивление наноструктур.	Причины малого электросопротивления наноструктур.	Выясняют причины малого электросопротивления наноструктур.
24.	Магнетизм наноструктур.	Магнетизм наноструктур.	Выясняют причины магнетизма наноструктур.
25.	Цвет наночастиц. Сверхнизкие температуры и нанообъекты.	Какого цвета наночастицы? Предельная температура существования нанообъектов.	Получают представление о цвете и предельной температуре существования нанообъектов.
Нанoeлектроника (3 часа)			
26.	Нанoeлектроника и тенденции ее развития.	Нанoeлектромеханические системы (НЭМС). Создание чрезвычайно чувствительных измерительных устройств. Как природа помогает нанотехнологам создавать (НЭМС). Нанoeавтомобиль – первая движущаяся управляемая наносистема.	Знакомятся с основами нанoeлектроники на примере нанoeавтомобиля. Создают модель нанoeавтомобиля.
27.	Туннелирование. Спинтроника. Сверхпроводниковая электроника.	Одноэлектронное и резонансное туннелирование. Закон Мура. Спинтроника – вычислительные процессы на вращающихся электронах. Применение сверхпроводников в электронике. Резонансно -туннельные транзисторы. Транзистор на квантовых точках. Спиновый транзистор.	Получают представление о видах туннелирования, сути и применении закон Мура. Знакомятся с понятием: спинтроника . Выясняют возможности применения сверхпроводников в электронике.
28.	Нанокomпьютеры и квантовые компьютеры. Нанотехнологии в оптоэлектронике.	Нанокomпьютеры и квантовые компьютеры. Нанотехнологии в оптоэлектронике. Нанотрубки в электронике. Одноэлектронный выключатель и транзистор. Энергосбережение в нанoeлектронике. Нанокomпьютеры и квантовые компьютеры. Новые материалы для создания запоминающих устройств. Работа в лаборатории ИНЭП ЮФУ «Резка пластин. Создание микрочипов».	Знакомятся с принципом действия нанокomпьютеров и квантовых компьютеров, применением нанотехнологий в оптоэлектронике. Выясняют принципы создания микрочипов.
Нанобиотехнологии (3 часа)			
29.	Нанотехнологии в природе.	«Эффект лотоса» и его применение в быту и технике.	Выясняют причину самоочистения листа лотоса и приводят примеры применения эффекта лотоса.
30.	Гекконы, мидии и суперклеи.	Нановолокна. Применение нового материала «гекель» в разных областях человеческой деятельности.	Выясняют возможности применения нового материала «гекель» в разных областях человеческой деятельности.

31.	Биокомпьютеры. Нанобиореакторы. Нанокапсулы. Проблема безопасности наноматериалов и нанотехнологий.	Нанобиороботы, нанобиореакторы и биокомпьютеры в медицине. Двоичная система счисления и изменение цвета бактерий с зеленого на красный (или наоборот) при изменении генетического кода. Использование программируемых бактерий в медицине для прогнозирования болезней. Нанобиореактор и революция в микроэлектронике. Создание нанолечарств. Наноматериалы и нанотехнологии и их безопасность.	Узнают, какие функции могут выполнять нанороботы в медицине и оценивают реальность таких возможностей. Оценивают безопасность наноматериалов и нанотехнологий для человека и биоорганизмов.
Ближайшие перспективы нанотехнологий (1 час)			
32.	Ближайшие перспективы нанотехнологий	Нанотехнологии – универсальное средство производства продуктов потребительского и промышленного назначения. Социальноэкономические последствия НТР.	Выявляют ближайшие перспективы развития нанотехнологий в РФ и в мире.
Защита проектов (1 час)			
33.	Защита проектов	Презентация проектов и исследовательских работ учащихся, обсуждение, дискуссии.	Представляют результаты проектных и исследовательских работ.

Учебно-методическое обеспечение программы

1. Алфимова М. М. Занимательные нанотехнологии / М. М. Алфимова. – М.: БИНОМ, 2011.
2. Белая книга по нанотехнологиям / под ред. В. И. Аржанцева и др. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008.
3. Богданов К. Ю. Что могут нанотехнологии / К. Ю. Богданов. – М., Просвещение, 2009.
4. Зубков Ю.Н., Кадочкин А.С., Козлов Д.В., Нагорнов Ю.С, Новиков С.Г., Светухин В.В., Семенцов Д.И. Введение в нанотехнологии. Модуль «Физика». Учебное пособие для учащихся 10–11 классов средних общеобразовательных учреждений. – СПб: Образовательный центр «Участие», Образовательные проекты, 2012. (Серия «Наношкола»).
5. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех. Большое в малом / Мария Рыбалкина. – Nanonews.net.ru, 2005.
6. Сыч В.Ф., Дрождина Е.П., Санжапова А.Ф. Введение в нанобиологию и нанобиотехнологии. – Учебное пособие для учащихся 10-11 классов средних общеобразовательных учреждений. – СПб: Образовательный центр «Участие», Образовательные проекты, 2012 (Серия «Наношкола»).

Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение образовательного процесса

Перечень №1

Литература для учителя

1. Богданов К.Ю. Что могут нано-технологии. – М: Просвещение, 2009.
2. Дрекслер Э. Машины созидания: грядущая эра нанотехнологий.
3. Зубков Ю.Н., Кадочкин А.С., Козлов Д.В., Нагорнов Ю.С, Новиков С.Г., Светухин В.В., Семенцов Д.И. Введение в нанотехнологии. Модуль «Физика». Учебное пособие для учащихся 10–11 классов средних общеобразовательных учреждений. – СПб: Образовательный центр «Участие», Образовательные проекты, 2012. – 160 с. (Серия «Наношкола»).

Перечень №2

Электронные издания, образовательные ИКТ-ресурсы

1. <http://schoolnano.ru/node/4655>
2. <http://www.nanometer.ru/>
3. http://edunano.ru/view_doc.html?mode=home
4. www.strf.ru
5. www.portalnano.ru
6. www.scincephoto.com
7. www.ntmdt.ru
8. www.microscop.ru

Перечень №3 Технические средства обучения

1. Рабочее место учителя: компьютер, экран, Internet.
2. Рабочее место ученика: компьютер, колонки, наушники, Internet.
3. Оптические и электронные микроскопы.
4. Сканирующий зондовый микроскоп NanoEducator.

