

**Министерство образования, науки и молодежной политики
Нижегородской области
Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Центр молодежных инженерных и научных компетенций
«КВАНТОРИУМ»**

РАССМОТРЕНА
на Совете коллектива
ГБУДО «ЦМИНК «Кванториум»
Протокол от «12» 03 2019 г.
№ 3



НАНОКВАНТУМ

**Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
«Наноквантум»**

Возраст детей: 13-17 лет

Срок реализации: Вводный модуль 36 часов

Базовый модуль 72 часа

Проектный модуль (исследовательский) 144 часа

Автор:

Гажулина А.П., к.ф.-м.н., старший преподаватель, ННГУ

Лебедева О.В., к.п.н., доцент, ННГУ

Андреев П.В., ассистент, ННГУ

Исупова Е.А., педагог дополнительного образования

Фаддеев М.А., к.ф.-м.н., ННГУ

Нижний Новгород

2018

РЕЦЕНЗИЯ

на дополнительную общеобразовательную общеразвивающую программу технической направленности «Наноквантум» (Линия 0, Линия 1)

Авторы:

Гажулина А.П., Лебедева О.В., Исупова Е.А., Андреев П.В., Фаддеев М.А.

Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования
"Центр молодежных инженерных и научных компетенций "Кванториум"
(ГБУДО "ЦМИНК "Кванториум") Нижний Новгород

Программа учебной дисциплины «Наноквантум» (Линия 0, Линия 1) предназначена для формирования у обучающихся 13-17 лет востребованных компетенций в области естествознания. Программа нацелена на развитие у детей активного интереса к участию в проектной и исследовательской деятельности, олимпиадах и соревнованиях. Представленная программа будет способствовать формированию у обучающихся представлений о современном материаловедении, нанотехнологиях и областях их применения, знаний, связанных с понятием «волна» и базовых представлений о методах наблюдения и исследования нано- и микрообъектов.

Программа соответствует требованиям федерального государственного стандарта. Содержание направлено на достижение результатов, определяемых ФГОС, а также отражает последовательность формирования знаний, указанных в ФГОС.

Четко сформулированная цель программы и структура находятся в логическом соответствии.

Достоинством программы является формирование у детей представлений о логике научного эксперимента и исследования, а также формирование первичных навыков использования лабораторного и исследовательского оборудования. Обучение по данной программе имеет ярко выраженный практический характер, в основе методики обучения лежат проектный метод и научный эксперимент.

Программа может быть рекомендована к использованию в образовательном процессе структурного подразделения ГБУДО "ЦМИНК "Кванториум" Нижний Новгород.

Рецензент:

Директор Научно-исследовательского физико-технического института Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского,
директор Научно-образовательного центра «Нанотехнологии» ННГУ,
руководитель Исследовательской школы «Нanomатериалы и нанотехнологии» ННГУ,
доктор физико-математических наук,
профессор



A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized letters 'В' and 'С'.

/В.Н. Чувильдеев/

Пояснительная записка

Дополнительная образовательная программа «Наноквантум» является программой естественнонаучной направленности. Данная программа ориентирована на обучающихся 13-17 лет и посвящена одному из перспективных направлений современной науки и техники – нанотехнологии.

Программа «Наноквантум» разработана педагогами: Гажулиной А.П., к.ф.-м.н., старшим преподавателем ННГУ, Лебедевой О.В., к.п.н., доцентом ННГУ, Исуповой Е.А., педагогом дополнительного образования под руководством Андреева П.В., ассистента ННГУ и Фаддеева М.А., к.ф.-м.н., ННГУ для реализации на базе детского технопарка «Кванториум» Нижний Новгород.

Актуальность программы дополнительного образования

Область нанотехнологий в настоящее время является одной из самых актуальных и значительных областей знаний. Она располагается на переднем крае физики, химии, биологии, технических наук и является ключевой для технологий XXI века. Именно поэтому важно знакомить школьников с данным направлением современной науки.

Любые объекты и материалы важно и нужно изучать на разных пространственных масштабах, особенности структуры и свойств материалов на которых лишь в неразрывной совокупности определяют его конечные свойства, важные для фундаментальных исследований и, конечно, практики. Кроме макроуровня (объект в целом) и атомарного уровня (определяющие, фундаментальные характеристики вещества), обычно выделяют масштабные уровни «микро», «мезо», «нано», которые задают так называемые «структурно-чувствительные» свойства материала.

Нано – короткий, хотя и важный, отрезок на пространственной шкале структур, его принципиальная важность заключается в том, что на этом кусочке пространственной шкалы реализуются интереснейшие, практически важные химические и физические взаимодействия. Мы должны понимать, что видим именно *нано* и должны понимать, на чем основана наша уверенность в том, что мы видим именно *нано*.

Для создания наноматериалов оказывается важным не только их химический состав (определяющий фундаментальные характеристики), размер (*модифицирующий* свойства), но и *размерность* (делающая частицы неоднородными) и упорядочение в системе (усиление, *интеграция* свойств в ансамбле нанообъектов). Это характерно для нанотехнологий – новое качество, как правило, получается только при правильно организованной структуре на более крупных масштабах, чем *нано*...

Новизна программы:

Новизна данной программы заключается в метапредметности и трансляции теоретического материала совместно с практикумом. Это позволит в короткие сроки, не перегружая школьников, дать им концентрированные научные и практические знания.

В контексте этого Квантум «Нано» предлагается разделить на 7 Наноквантиков:

1. Наноквантик Деци (Волны на поверхности жидкости);
2. Наноквантик Макро (Звуковые волны);
3. Наноквантик Санти (Инфракрасный диапазон волн);
4. Наноквантик Мезо (Оптический диапазон волн);
5. Наноквантик Микро (Электронные волны);
6. Наноквантик Ангстрем (Рентгеновский диапазон волн);
7. Наноквантик Нано (Волны вероятности).

Нано, как и все, состоит в первую очередь из атомов – самых маленьких объектов пространственной шкалы. В первую очередь мы должны познакомиться со строительными блоками.

Атомы мы можем наблюдать с помощью дифракции рентгеновских лучей. В основе метода исследования лежит явление дифракции, которое характерно только для волн. Для понимания физической картины мы должны ответить на следующие вопросы. Как с помощью волны мы видим атомы? Почему именно рентгеновская волна позволяет увидеть атомы? Только ли атомы можно увидеть с помощью волны? И наконец, что такое волна?

Чтобы ответить на эти вопросы необходимо освоить ряд понятий и методов. Дидактически лучше всего подойти к этому через макроуровень на пространственной шкале, т.к. наибольший эффект от понимания процесса или явления можно получить в случае, когда это можно увидеть. Вернемся из глубин вещества к объекту в целом, который мы можем увидеть невооруженным глазом. Перейдем на макроуровень на пространственной шкале. А какая волна есть на макроуровне? Что мы представляем, когда говорим *волна*. Исследуя волны на поверхности воды, мы понимаем, что в волне нет переноса вещества, а только перенос энергии, и именно это в первую очередь отличает ее от вещества. Мы вводим понятие длины волны, частоты, фазы, вводим явления, характерные только для волн. И теперь у нас в руках есть инструмент для выявления волнового характера явлений, которые нас окружают (Наноквантик Деци). А какие волны бывают еще? Проведя ряд опытов, мы докажем, что звук – это тоже волна (Наноквантик Макро). А теперь исследуем распространение звука в веществе (для этого можно взять кусок трубы, бетона, пластика, мрамора и т.п.). Воспользуемся методами акустической

структуроскопии, в частности ультразвуковой дефектоскопией, в основе которой лежит отражение, преломление и дифракция ультразвуковых волн внутри исследуемого материала на различных включениях и дефектах. Определив местоположение дефекта, разрежем наш образец и убедимся в наличии дефекта. Так как длина ультразвуковой волны в рассматриваемых объектах имеет порядок $10^{-3} \div 10^{-1}$ м, то и размеры обнаруженного дефекта будут сопоставимы. Теперь мы понимаем, что волна помогает нам увидеть объекты, размеры которых сопоставимы с длиной волны. При этом исследуемый объект нам пришлось разрушить только для того, чтобы убедиться в том, что мы действительно смогли увидеть с помощью звука дефекты. Сама же звуковая волна не разрушила объект, то есть волновой способ исследования не разрушает и не меняет структуры исследуемых объектов (Наноквантик Макро).

Звуковая волна не способна увидеть атомы в силу характерных масштабов ее длины волны, поэтому необходимо рассмотреть волны с меньшей длиной волны. Докажем, что свет это тоже волна. Используя уже апробированный подход, с помощью соответствующих опытов доказываем, что свет – это тоже волна. Причем на эту волну влияет электрическое и магнитное поля, а значит свет – это электромагнитная волна. И на примере электромагнитной волны мы вводим свойство когерентности, которое является необходимым условием интерференции волн. (Наноквантик Мезо). Диапазон изменения длины волны электромагнитного излучения изменяется от десятков километров (в радиодиапазоне) до 10^{-12} м для гамма-излучения. Чем меньше объект, тем меньшая длина волны нам необходима для исследования этого объекта. С помощью оптического микроскопа можно изучать структуру на микроуровне (Наноквантик Мезо), наблюдая в окуляр микроскопа кристаллизацию из капли, образование дендритов и т.п. С помощью инфракрасного излучения ($10^{-4} \div 10^{-7}$ м), для регистрации которого воспользуемся тепловизором, можно изучить ячейки Бенара в воде, возникающие за счет ее конвекции (размеры ячеек несколько микрометров, поэтому в видимом диапазоне длин волн они практически не видны) (Наноквантик Санти). С использованием рентгеновского дифрактометра мы можем увидеть структуру кристаллического объекта, в том числе и расположение атомов (Наноквантик Ангстрем).

Используя меньшую длину волны, мы проникаем глубже в вещество и узнаем о нем все больше и больше информации. Складывается «визуально осязаемое» понимание структуры и волны.

Но для того, чтобы увидеть нанообъекты, нужно сделать еще один шаг. От минерала или куска железной трубы мы проникаем внутрь вещества, открывая все новые и новые его особенности, так и от волн на воде, через звук и свет, мы приходим к волнам,

которые не видим и не слышим, к волнам вероятности, волновым функциям, которые определяют квантовые эффекты, описывают дифракцию электронов (Наноквантик Микро). Все эти квантовые явления лежат в основе приборов и методов исследования нанообъектов (РЭМ, АСМ, СЗМ) (Наноквантик Нано).

«Только полностью контролируемая исследовательская цепочка поможет войти в элитный клуб исследователей наномира!»

[Нанотехнологии. Азбука для всех. Под ред. Третьякова Ю.Д. М.: Физматлит, 2008. — 368 с.]

Педагогическая целесообразность

Педагогическая целесообразность программы заключается в следующем: осваивая образовательную программу, школьники постигают логику научного эксперимента и исследования. Они видят и обсуждают процесс реального научного исследования, начиная с выдвижения гипотез, их подтверждения или опровержения экспериментальным путем и разработки новых материалов и механизмов на основе полученных результатов.

Отличительные особенности программы

Особое значение данной программы заключается в метапредметности и трансляции теоретического материала совместно с лабораторным практикумом, она не только расширяет, углубляет школьный курс химии, физики и биологии, но и помогает в профессиональном самоопределении школьников. Ключевым видом образовательной деятельности является проектная деятельность, которая является важным и эффективным механизмом формирования у школьников способности самостоятельно мыслить, добывать и применять знания, тщательно обдумывать принимаемые решения, четко планировать действия, эффективно сотрудничать в разнообразных группах.

Структура образовательных модулей

Программа построена по модульному принципу представления содержания образовательной программы. Это позволит заранее определить направление будущей профессиональной деятельности, определиться не только с одним предметом нанотехнологии, а с целым кругом естественнонаучных дисциплин. Данный метод обучения создает ситуацию успеха, дает возможность самоутверждения, постепенного и качественного освоения материала, удовлетворения индивидуальных потребностей в интеллектуальном развитии и как результат более успешного школьника. Практическая деятельность на занятиях проходит на современном лабораторно-техническом оборудовании.

Содержание и материал образовательной программы организован со следующими уровнями сложности:

«Вводный модуль». Предполагает использование и реализацию общедоступных и универсальных форм организации материала, минимальную сложность предлагаемого для освоения содержания программы, развитие мотивации к определенному виду деятельности. Задача педагога – развить навыки проектной деятельности и в дальнейшем освоении программы квантума. В «Вводном модуле» ребята осваивают компетенции *hard skills* и приобретают навыки, которые очень важны как для участия в коллективных проектах, так и в жизни в социуме т.е *soft skills* компетенции.

По окончании нулевого модуля – отчисление. Далее возможно два пути: зачисление на базовый модуль (линия 1) или обучение в «Вводном модуле» другого направления (квантума).

Программа **«Базового модуля»** (линия 1) формирует платформу для изучения углубленного модуля, предусматривает командную работу, включающую организацию коллективного взаимодействия, способствующую развитию навыков общения и социализации обучающихся.

Выбор траектории обучения в «Базовом модуле» предполагает построение индивидуального образовательного маршрута в составе команды от 3 до 7 человек.

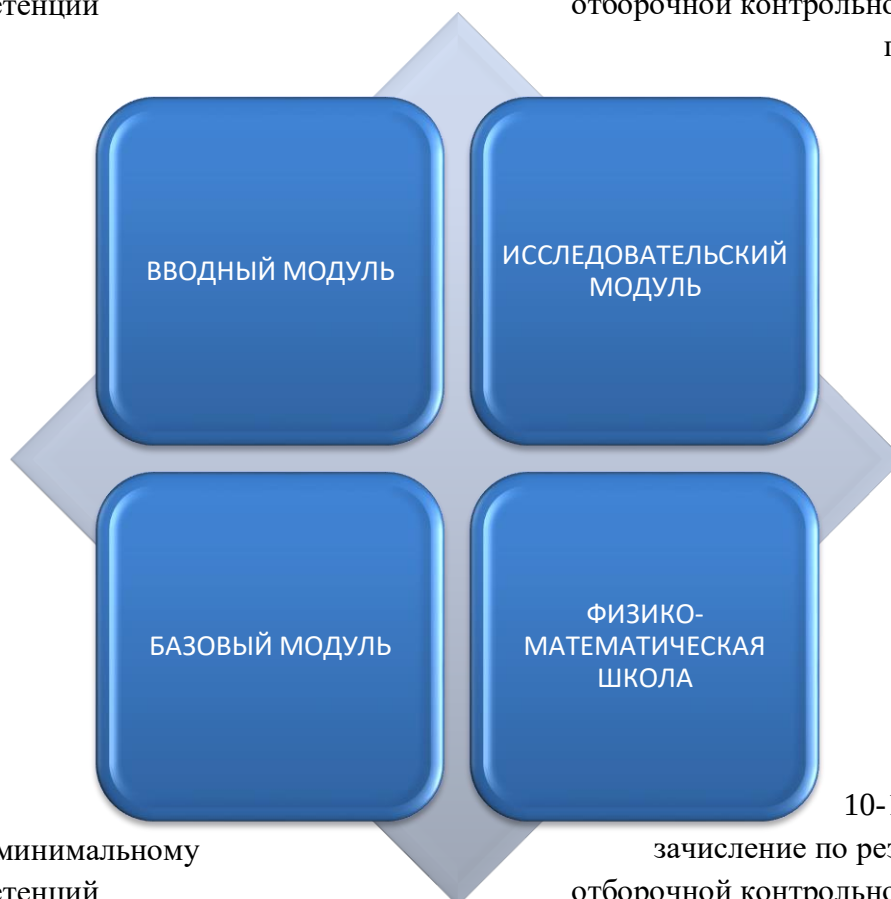
Программа **«Базового модуля» (проектного)**

Исследовательская деятельность - приоритетное направление движения научно-технического прогресса. Направление федеральной политики в сфере детских технопарков «Кванториум» - ускоренное техническое развитие детей и реализация научно-технического потенциала российской молодежи. Ключевой принцип исследовательской деятельности заключается в ориентации на практическое решение проблем, а так же изложение содержания программы по разным уровням сложности учебного материала и соответствующих им достижений участников программы.

Таблица 1

- 7-8 классы
- требования к минимальному уровню компетенций отсутствуют

- 8-11 классы
- зачисление по результатам отборочной контрольной работы по физике



- 9-11 классы
- требования к минимальному уровню компетенций отсутствуют

- 10-11 классы
- зачисление по результатам отборочной контрольной работы по физике

Цель программы: формирование представления о области современного материаловедения и нанотехнологий через проектный подход и исследовательскую деятельность.

Задачи программы

Образовательные:

- пробудить интерес к современному естествознанию и новейшим технологиям;
- научить находить, отбирать и использовать необходимую информацию;
- познакомить с процессами и явлениями в различных материалах;
- сформировать правильный понятийный аппарат в области нанотехнологий,
- сформировать представление о нанотехнологии и областях их применения,
- сформировать первичные навыки использования лабораторного и исследовательского оборудования.

Развивающие:

- сформировать естественнонаучное мировоззрение;
- развивать интерес к нанотехнологии и предметам естественнонаучного цикла,
- прививать желание самообразовываться,
- развивать самостоятельность в учебной деятельности.

Воспитательные:

- воспитывать умение работать в коллективе для достижения цели,
- воспитывать аккуратность, организованность, исполнительность, дисциплинированность и ответственность.

Формы занятий:

Групповая форма работы с использованием индивидуального подхода, в зависимости от образовательной потребности обучающегося. Лабораторный практикум выполняется коллективно, малыми группами, либо индивидуально, что позволяет осуществлять дифференцированный подход в обучении. Данный вид работы является первым этапом в приобретении навыков проектноисследовательской деятельности.

Прогнозируемые результаты

По итогам реализации программы обучающиеся *должны знать:*

- (на уровне воспроизведения) отличительные особенности наноструктур в целом и основные примеры природных и синтезированных наноструктур;
- основные достижения и перспективы применения нанотехнологии в электронике, биологии, медицине, охране окружающей среды, военной промышленности;
- историю развития нанотехнологии;
- имена и основные научные достижения ученых, сделавших существенный вклад в ее развитие;

должны понимать:

- роль нанотехнологии в жизнедеятельности человека в XXI в.;
- принципиальное влияние размеров наночастиц на их физические свойства;
- перспективы манипулирования отдельными атомами и молекулами;
- должны уметь работать с лабораторным и исследовательским оборудованием;
- работать в коллективе;
- планировать и осуществлять проектноисследовательскую деятельность, работать со средствами информации (уметь искать и отбирать информацию, систематизировать и корректировать ее, составлять рефераты);
- готовить проектные работы и выступать с ними;

-участвовать в дискуссиях.

Способы и формы проверки результатов

Работа обучающихся по представленной программе оценивается с учетом активности работы в течение всего периода обучения. После прохождения программных модулей проводится презентация, также запланировано проведение научно-практической конференции, к которой обучающиеся готовят свои доклады: оценивается умение обучающегося систематизировать изученный материал, умение самостоятельно оформить работу, а также культура публичного выступления.

Содержание программы

Вводный модуль (блок 36 часов)

Цели

Привлечь школьников к научно-исследовательской работе

Развить навыки работы в исследовательской лаборатории

Выработать навыки командной работы и публичных выступлений

Продолжительность – 36 часов.

Средний численный состав групп – 14 человек.

Продолжительность занятия составляет 2-3 часа.

Частота занятий – 2 раза в неделю.

Учебный план

№ пп	Тема	Часы	В том числе	
			Теория	Практика
1	Первый раз в лаборатории	2	1	1
2	Мир структур	10	4	6
3	Как мы видим?	10	6	4
4	Структура, созданная своими руками	12	2	10
5	Итоговая аттестация в форме доклада-презентации о результатах наблюдений	2		2
ВСЕГО		36	12	24

Карта образовательного блока

Первый раз в лаборатории	2 часа	Техника безопасности. Правила поведения в лаборатории. Что такое измерение? (лекция-презентация с экскурсом в историю). Масштаб. Принцип работы простейших измерительных приборов (линейка, штангенциркуль, микрометр). Измерение – случайная величина. Введение понятия прямых и косвенных измерений. Мозговой штурм – различить прямые и косвенные измерения. Погрешность.	1 часа
--------------------------	--------	--	--------

		Лабораторная работа «Определение объема простейших тел». Измерение линейных размеров простейших тел (шар, цилиндр, параллелепипед и т.п.) с помощью линейки, штангенциркуля и микрометра. Расчет погрешностей. Сравнение полученных результатов. Представление полученных результатов в виде презентации на 2-3 минуты. Выполнение данной лабораторной работы предполагает работу в группах по 2-3 человека.	1 часа
Мир структур	10 часов	Лекция-демонстрация. Кристаллы. Квазикристаллы. Мезокристаллы. Поликристаллы. Жидкие кристаллы. Аморфные тела.	2 часа
		Наблюдение в микроскоп за ростом дендритных структур. Создание и демонстрация видеоролика. Командная работа в группах по 4-5 человек. Выращивание кристаллов в чашках Петри (фиксация результата для итоговой презентации).	2 часа
		Лекция-демонстрация. Теория симметрии. Анизотропия. Дальний порядок.	1 час
		Симметрия архитектурных объектов. Простые формы. Делаем развертку одной простой формы, либо реального кристалла, клеим объект из бумаги. Определяем элементы симметрии. В качестве домашнего задания – выбрать любую архитектурную достопримечательность города, сфотографировать и определить элементы симметрии. (фиксация результата для итоговой презентации).	2 часа
		Рост кристаллов. Лекция-презентация о методах выращивания.	1 час
		Выполнение лабораторной работы по росту кристаллов методом температурного перепада в кристаллизаторе. Подготовка разноцветных растворов. Фиксация результатов в процессе роста для итоговой презентации.	2 часа
Как мы видим?	10 часов	Лекция-демонстрация. Волны на поверхности жидкости.	2 часа
		Лекция-демонстрация. Звук – это волна	2 часа
		Лекция-демонстрация. Свет – это волна	2 часа
		Лекция-демонстрация. РЭМ. СЗМ. АСМ	2 часа
		Лабораторная работа. Изготовление зондов. Работа с NanoEducator.	2 часа
		Лабораторная работа. Литография.	2 часа
Структура, созданная своими руками	12 часов	Наблюдение кристаллов, выращенных в чашке Петри в оптический микроскоп. Определение их линейных размеров. Обработка экспериментальных данных. Фиксация результатов для итоговой презентации.	2 часа
		Наблюдение кристаллов, выращенных в чашке Петри в РЭМ. Определение их линейных размеров. Обработка экспериментальных данных. Фиксация результатов для итоговой презентации.	2 часа

		Исследование выращенного в кристаллизаторе реального кристалла. Определение симметрии кристалла. Описание его габитуса. Фиксация результатов для итоговой презентации.	2 часа
		Компьютерное моделирование формы кристалла. Печать кристалла на 3D-принтере. Фиксация результатов для итоговой презентации.	4 часа
Итоговая аттестация	2 часа	Защита презентации. Представление результатов наблюдений за ростом кристаллов в виде презентации (5 минут)	2 часа

Вводный модуль (блок 72 часа)

Цели

Привлечь школьников к научно-исследовательской работе

Развить навыки работы в исследовательской лаборатории

Выработать навыки командной работы и публичных выступлений

Продолжительность образовательной программы – 72 часа.

Средний численный состав групп – 14 человек.

Продолжительность занятия составляет 2-3 часа.

Частота занятий – 2 раза в неделю.

Учебный план

№ пп	Тема	Часы	В том числе	
			Лекция	Практика
1	Наноквантик Деци (Волны на поверхности жидкости)	10	2	8
2	Наноквантик Макро (Звуковые волны)	8	4	4
3	Наноквантик Санти (Инфракрасный диапазон волн)	8	2	6
4	Наноквантик Мезо (Оптический диапазон волн)	10	6	4
Промежуточная аттестация в форме доклада-презентации о результатах наблюдений				
5	Наноквантик Микро (Электронные волны)	12	4	8
6	Наноквантик Ангстрем (Рентгеновский диапазон волн);	12	4	8
7	Наноквантик Нано (Волны вероятности)	10	2	8
8	Итоговая аттестация в форме доклада-презентации о результатах наблюдений	2		2
ВСЕГО		72	24	48

Карта образовательного модуля

Цель	Оборудование	Понятия	Демонстрации	Практикумы	Результаты
Наноквантик Деци (Волны на поверхности жидкости) 10 часов					
Получение представления о волне и её характеристиках	Установки для изучения волн на поверхности жидкости.	Амплитуда Частота Длина волны Разность фаз Интерференция Дифракция	Демонстрация круговых и плоских волн; Демонстрация разности фаз; Отражение и преломление плоской и круговой волн; Принцип Гюйгенса. Вторичные волны от плоской и круговой волн; Интерференция двух круговых волн; Дифракция волны на препятствии, щели, двух щелях.	Изучение круговых и линейных волн на поверхности жидкости; Скорость распространения волн на поверхности жидкости; Влияние вида жидкости и глубины ванны на распространение волн. <i>Объекты исследования:</i> волны на поверхности жидкости <i>Технологии:</i> технология модификации свойств объема и поверхности жидкости; управление фазой и частотой волн при помощи генератора звука; применение эффекта стробоскопа при наблюдении волн на поверхности жидкости.	<i>Уметь</i> отличать волны от «не волн». <i>Уметь</i> управлять параметрами волн
Наноквантик Макро (Звуковые волны) 8 часов					
Показать, что с помощью волн можно видеть	Ультразвуковой дефектоскоп Комплект приборов для	Ключевое понятие – «звук – волна» Ультразвук	Демонстрация скорости, амплитуды и длины звуковой волны	Измерение основных физических параметров волн на примере	<i>Знать</i> , что звук – это волна и такие волны позволяют

невидимое глазом. Доказать, что звук – это волна.	демонстрации звуковых волн в воздухе Комплект для изучения дифракции ультразвука	Дефектоскопия	Построение интерференционных картин звуковых волн	звуковых Дефектоскопия объектов из полимерного пластика <i>Объекты исследования:</i> невидимые макроскопические дефекты в твердых материалах. <i>Технологии:</i> изготовление объемных пластиковых объектов методом 3D- прототипирования.	видеть «невидимое». <i>Уметь</i> управлять структурой при 3D- прототипировании. <i>Владеть</i> технологией поиска дефектов в материалах и изделиях.
Наноквантик Санти (Инфракрасный диапазон волн) 8 часов					
Увидеть структуры, невидимые глазом	Тепловизор Система нагрева Термометр	ИК-диапазон Ячейки Бенара	Демонстрация возникновения невидимых структур в нагреваемой жидкости	Изучение конвекционных потоков и ячеек Бенара в жидкостях Влияние свойств жидкости и градиента температуры на свойства ячеек Бенара <i>Объекты исследования:</i> структуры, возникающие в жидкости в результате термоконвекции. <i>Технологии:</i> технология модификации свойств жидкости; управление потоком тепла.	<i>Уметь</i> видеть объекты, неразличимые глазом, с помощью ИК-видения.
Наноквантик Мезо (Оптический диапазон волн) 10 часов					

Увидеть структуры, невидимые глазом. Получить наглядное представление о дифракции света	Оптический микроскоп Две установки для изучения дифракции света в условиях плоского и сферического волнового фронта Интерференция на бипризме Френеля/зеркале Ллойда/зеркале Френеля Демонстрационная установка для наблюдения преломления и отражения света	Электромагнитная волна Дисперсия Дифракция Интерференция Когерентность	Демонстрация дифракции монохроматического света в приближении Френеля на круглом отверстии и крае полуплоскости и в приближении Фраунгофера на щелях и дифракционных решетках различного типа; Демонстрация интерференции волн, создаваемых мнимыми когерентными источниками; Демонстрация явлений отражения, преломления, дисперсии света Демонстрация взаимодействия света с прозрачными кристаллами; Демонстрация понятия поляризации	Исследование микроструктуры с характерным размером элементов ~1000 нм (1 мкм) Исследование двулучепреломления, вращения плоскости поляризации, пьезооптического эффекта с применением кристалла кальцита, четвертьволновой и полуволновой кварцевых пластинок и фотоупругих объектов из стекла <i>Объекты исследования:</i> дендритные структуры водорастворимых кристаллов. <i>Технологии:</i> получение кристаллов методом спонтанной кристаллизации из водных растворов.	<i>Уметь</i> видеть объекты, неразличимые глазом. <i>Знать</i> явление дифракции
Наноквантик Микро (Электронные волны) 12 часов					
Увидеть «почти нано», невидимое в оптический микроскоп. Получить	Растровый электронный микроскоп Установка для изучения дифракции электронов	Корпускулярно-волновой дуализм	Дифракция электронов на поликристалле	Исследование структур размерами от микро- до нанометров Дифракция электронов на поликристалле; Исследование зёренной	<i>Владеть</i> навыками работы с электронным микроскопом. <i>Знать</i> о корпускулярно-

представление о волнах-электронах.				структуры металлов и минералов в растровом электронном микроскопе <i>Объект исследования:</i> зёрненная структура металлических материалов. <i>Технологии:</i> подготовка металлографических шлифов металлов и сплавов.	волновом дуализме электронов
Наноквантик Ангстрем (Рентгеновский диапазон волн) 12 часов					
Исследовать периодическую атомную структуру, получая дифракционную картину волн рентгеновского диапазона.	Лабораторная установка для проведения рентгенодифракционных исследований	Рентгеновская волна Монокристалл Элементарная ячейка	Установка для демонстрации дифракции рентгеновского излучения на атомной структуре кристалла	Выращивание монокристаллов водорастворимых солей и исследование дифракции рентгеновских волн на их периодической структуре Изучение дифракционной картины при разной ориентации кристалла в рентгеновской установке <i>Объекты исследования:</i> атомные структуры водорастворимых кристаллов. <i>Технологии:</i> получение кристаллов методом спонтанной	<i>Знать, что с помощью рентгеновских волн можно увидеть периодическую атомную структуру</i>

				кристаллизации из водных растворов.	
Наноквантик Нано (Волны вероятности) 10 часов					
Прикоснуться к нано, не «дотрагиваясь» до него.	Сканирующий зондовый микроскоп Технологическая установка для изготовления нанозондов Установка для нанесения металлических покрытий методом магнетронного распыления	Волновая функция Туннельный эффект Кантилевер Магнетронное распыление	Прибор для изучения характеристик нанообъектов Технологическая установка для формирования наноструктур (в наглядном исполнении)	Нанесение металлических нанопокровов на металлические и диэлектрические объекты Исследование рельефа поверхности проводящих и диэлектрических образцов, локальная модификация элементов поверхности <i>Объекты исследования:</i> наноструктуры, созданные методом магнетронного напыления. <i>Технологии:</i> создание нанопокровов методом магнетронного напыления; создание нанозондов для АСМ из вольфрамовой проволоки.	<i>Владеть</i> методами исследования наноструктуры с помощью атомно-силового микроскопа
Итоговая аттестация в форме доклада-презентации о результатах наблюдений 2 часа					

Наноквантик Деци (Волны на поверхности жидкости) 10 часов

Вид учебной деятельности: Лекция-демонстрация

Название: волны на поверхности жидкости

Кол-во часов: 2 часа

Описание: лекция-демонстрация представляет собой набор опытов с пояснениями происходящих процессов и введением понятий. Опыт 1. Коснемся палочкой поверхности воды или уроним на нее водяную каплю. Побежала волна. Амплитуда волны – высота гребня. Расстояние между двумя гребнями – длина волны. Здесь же можно кинуть в воду пенопластовые шарики и показать, что нет переноса вещества. И это важное свойство волны. Опыт 2 Поместим в ванну препятствие. Создадим круговую волну любым способом (палочкой или генератором). Когда волна достигнет препятствия, мы увидим, что от него также начнут расходиться волны. Препятствие становится новым источником волн! Такие волны называются вторичными. Опыт 3. Уроним на поверхность воды одновременно несколько капель. Волны, расходящиеся из мест попадания капель, проходят одна сквозь другую без всяких взаимных влияний. Каждая волна распространяется так, как будто другой не существует. Это – явление суперпозиции волн. Опыт 4. При изучении волновых процессов мы будем пользоваться специальным проекционным прибором, основанном на стробоскопическом эффекте (небольшой опыт по объяснению данного эффекта). Опыт 5 (возьмем два источника волн с одинаковой частотой, амплитудой и фазой). Мы видим на поверхности очень интересную картину: мы наблюдаем дорожки штиля (вода спокойна, поверхность не колеблется, суперпозиция волн приводит к ослаблению колебаний), и «бурные дорожки» (поверхность воды колеблется быстрее, чем в случае одного источника, суперпозиция волн приводит к усилению волн). То явление, которое мы наблюдаем, называется интерференцией. Опыт 6 Будем создавать плоскую волну. Поставим на пути препятствие. За препятствием мы увидим картину, похожую на картину, полученную при интерференции. Препятствие стало источником новых волн, которые сложились. В некоторых местах их суперпозиция привела к усилению, а в некоторых – к ослаблению. Рассмотренное явление – дифракция.

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Изучение круговых и линейных волн на поверхности жидкости. Скорость распространения волн на поверхности жидкости.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Влияние вида жидкости и глубины ванны на распространение волн.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Преломление на различных границах, влияние размеров отверстия на дифракцию.

Кол-во часов: 4 часа

Наноквантик Макро (Звуковые волны) 8 часов

Вид учебной деятельности: Лекция-демонстрация

Название: волна ли звук?

Кол-во часов: 2 часа

Описание: лекция-демонстрация представляет собой набор опытов с пояснениями происходящих процессов и введением понятий. Восприятие звука. Опыты с камертонами. Визуализация звуковой волны. Интерференция. Фигуры Хладни. Звуковые зеркала.

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Измерение основных физических параметров волн на примере звуковых.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: лекция-демонстрация

Название: ультразвук. Принцип работы дефектоскопа

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Дефектоскопия объектов из полимерного пластика.

Кол-во часов: 2 часа

Наноквантик Санти (Инфракрасный диапазон волн) 8 часов

Вид учебной деятельности: Лекция

Название: Формирование ячеек Бенара в нагреваемой жидкости

Кол-во часов: 2 часа

Описание: Самоорганизующиеся системы. Введение в гидродинамику и термодинамику. Конвекционные потоки, градиент температуры. Устройство тепловизора.

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Демонстрация возникновения невидимых структур в нагреваемой жидкости

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Изучение конвекционных потоков и ячеек Бенара в жидкостях.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Влияние свойств жидкости и градиента температуры на свойства ячеек Бенара.

Кол-во часов: 2 часа

Наноквантик Мезо (Оптический диапазон волн) 10 часов

Вид учебной деятельности: Лекция-демонстрация

Название: свет – это волна?

Кол-во часов: 2 часа

Описание: лекция-демонстрация представляет собой набор опытов с пояснениями происходящих процессов и введением понятий. Демонстрация дифракции монохроматического света в приближении Френеля на круглом отверстии и крае полуплоскости и в приближении Фраунгофера на щелях и дифракционных решетках различного типа. Демонстрация интерференции волн, создаваемых мнимыми когерентными источниками. Демонстрация явлений отражения, преломления, дисперсии света. Демонстрация взаимодействия света с прозрачными кристаллами. Демонстрация понятия поляризации.

Вид учебной деятельности: практикум

Содержание: Знакомство с оптическим микроскопом. Наблюдение роста дендритных структур в микроскоп.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Содержание: Знакомство с оптическим микроскопом. Исследование размеров кристаллов, полученных методом спонтанной кристаллизации в чашке Петри.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: лекция-демонстрация

Содержание: Исследование двулучепреломления, вращения плоскости поляризации, пьзооптического эффекта с применением кристалла кальцита, четвертьволновой и полуволновой кварцевых пластинок и фотоупругих объектов из стекла

Кол-во часов: 4 часа

Наноквантик Микро (Электронные волны) 12 часов

Вид учебной деятельности: Лекция-демонстрация

Название: электрон -корпускула или волна?

Кол-во часов: 2 часа

Описание: Лекция-демонстрация. Корпускулярно волновой дуализм. Расчет своей длины волны де-Бройля. Дифракция электронов (описание и демонстрация).

Вид учебной деятельности: Лекция-демонстрация

Название: Растровый электронный микроскоп

Кол-во часов: 2 часа

Описание: Принцип работы РЭМ. Примеры изображений различных объектов.

Вид учебной деятельности: практикум

Содержание: Исследование дифракции электронов на поликристалле.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Содержание: подготовка металлографических шлифов металлов и сплавов.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Исследование зёренной структуры металлов и минералов в растровом электронном микроскопе

Кол-во часов: 4 часа

Наноквантик Ангстрем (Рентгеновский диапазон волн) 12 часов

Вид учебной деятельности: Лекция

Название: X-гау откроет черный ящик

Кол-во часов: 2 часа

Описание: Лекция. Рентгеновские волны. История открытия. Дифракция на кристалле. Структура кристаллов. Теория симметрии. Элементарная ячейка.

Вид учебной деятельности: Лекция-демонстрация

Название: Установка для демонстрации дифракции рентгеновского излучения на атомной структуре кристалла.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Содержание: Изучение дифракционной картины при разной ориентации кристалла в рентгеновской установке

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Содержание: Выращивание монокристаллов водорастворимых солей.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Название: исследование дифракции рентгеновских волн на периодической структуре выращенных кристаллов

Кол-во часов: 4 часа

Наноквантик Нано (Волны вероятности) 10 часов

Вид учебной деятельности: Лекция

Название: СЗМ

Кол-во часов: 2 часа

Описание: Волновая функция. Туннельный эффект. СЗМ.

Вид учебной деятельности: практикум

Содержание: Подготовка зондов. Работа с СЗМ.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: Лекция-демонстрация

Название: Магнетронное распыление.

Кол-во часов: 2 часа

Описание: Технологическая установка для формирования наноструктур (в наглядном исполнении).

Вид учебной деятельности: практикум

Содержание: Нанесение металлических нанопокровов на металлические и диэлектрические объекты.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: практикум

Название: Исследование рельефа поверхности проводящих и диэлектрических образцов, локальная модификация элементов поверхности.

Кол-во часов: 2 часа

Вид учебной деятельности: Итоговая аттестация в форме доклада-презентации о результатах наблюдений

Кол-во часов: 2 часа

Базовый модуль (144 ч)

Базовый модуль включает:

- работа над командными проектами
- работа над индивидуальными проектами
- подготовка к олимпиадам и конкурсам (олимпиада НТИ, Всероссийский конкурс-олимпиада «Кристалльное дерево знаний», НОУ «Эврика», фестиваль науки Intel и т.п.).

Продолжительность образовательной программы – 144 часов.

Средний численный состав групп – от 3 человек.

Продолжительность занятия составляет 2-3 часа.

Частота занятий – 2, 3 раза в неделю.

Набор в группы Базового модуля проводится двумя способами:

- по результатам итоговой аттестации Вводного модулей
- по результатам контрольной работы по физике.

Соискателям, не справившимся с контрольной работой, предлагается освоение Вводного, либо Базового модулей.

Учебный план (примерный)

№ пп	Тема	Часы	В том числе	
			Лекция	Практика
1	Техника безопасности работы в лаборатории. Введение в элементарную обработку результатов эксперимента.	4	2	2
2	Оформление отчета о научном исследовании. Подготовка презентации. Искусство публичного выступления	4	2	2
3	Лекции-демонстрации из различных областей физики и науки о материалах	30	15	15
4	Решение задач из различных областей физики (комбинированные, повышенной сложности)	6	2	4
5	Знакомство и выполнение практических работ на научно-исследовательском оборудовании	20	8	12
6	Лекции-экскурсии на различные производственные предприятия и научно-исследовательские центры города	12	4	8
7	Работа над проектом	60	-	60
8	Итоговая аттестация в форме доклада-	8		8

	презентации о проекте			
	ВСЕГО	144	33	111

Конкретная наполненность учебного плана определяется индивидуально в зависимости от содержания выполняемого проекта.

Деятельность групп базового модуля подразумевает междисциплинарное сотрудничество с квантумами различных направлений.

Пример работы над проектом

Проект «Колонизация Марса»

Цель проекта: создать робота, который подготовит Марс к прибытию человека. Необходимо подобрать подходящую площадку, установить теплицы, вырастить сельскохозяйственные культуры.

В рамках данного проекта будут задействованы следующие направления: **робо** (создание робота), **it** (написание программы для правильного функционирования робота), **промо** (создание робота – разработка внешнего вида/промышленный дизайн, эргономика и пр.), **хайтек** (создание робота – 3D печать необходимых деталей), **нано** (подбор материалов для создания робота, разработка покрытий), **космо** (запуск/полет/посадка робота), **био** (какие условия должны быть в теплицах, какие культуры можно выращивать).

В рамках направления «Нано»:

Тематический блок 1 – материалы для создания робота

Тематический блок 2 – разработка нанопокрывтия.

Тематический блок 1 – материалы для создания робота

Детали для робота можно печатать на 3D-принтере, но необходимо подобрать материал для печати, который будет удовлетворять заданному набору требований, также после печати необходим контроль дефектности готовых деталей (от дефектов характеристики материалов могут меняться). Для создания наноматериалов оказывается важным не только их химический состав (определяющий фундаментальные характеристики), размер (модифицирующий свойства), но и размерность (делающая частицы неоднородными) и упорядочение в системе (усиление, интеграция свойств в ансамбле нанообъектов).

Тогда в рамках данного проекта для углубленного изучения по направлению «Нано» можно предложить следующую программу по подбору материалов для создания робота:

Перечень необходимого оборудования и расходных материалов:

1. 3D-принтеры с разными используемыми материалами;
2. Расходные материалы для 3D-принтеров;

3. Компьютеры;
4. Лабораторные установки для изучения распространения звуковых волн;
5. Рентгеновский дифрактометр;
6. Растровый электронный микроскоп.

Вид учебной деятельности	Название	Кол-во часов	HardSkills	SoftSkills
Лекция	3D-принтеры	4 ч.	Классификация принтеров по типу используемых материалов (порошок, гипс, фотополимер, воск), особенности работы с разными материалами, их свойства (твердость, прочность, упругость, износостойкость и пр.), физика соединений. Особенности устройства разных принтеров, технические ограничения. Технологии трехмерной печати.	Умение искать информацию в свободных источниках и структурировать ее. Умение генерировать идеи указанными методами, слушать и слышать собеседника. Умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи. Командная работа. Умение грамотно письменно формулировать свои мысли.
Практикум		4 ч.		
Практикум	3D-моделирование + печать	12 ч.	Знакомство с программами для создания 3D-моделей, программами по разделению 3D-моделей на слои, преобразованию моделей в код по управлению принтером.	Критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы. Опыт публичных выступлений. Основы работы в текстовом редакторе и программе для создания презентаций.
Практикум	Проверка дефектности моделей	4 ч.	Ультразвуковая дефектоскопия – отражение, преломление и дифракция ультразвуковых волн внутри исследуемого материала на различных включениях и дефектах (длина ультразвуковой волны и размеры обнаруженного дефекта будут сопоставимы).	
Практикум	Изучение фазового состава и зёрновой структуры металлических деталей	12 ч.	Основы фазового анализа. Дифракция рентгеновских лучей на поликристалле. Дифракция электронов на поликристалле. Растровый электронный микроскоп. Исследование зёрновой структуры металлов и минералов в растровом электронном микроскопе.	

Тематический блок 2 – разработка нанопокрывтия

Детали робота должны быть покрыты таким образом, чтобы он не подвергался коррозии, был устойчив к атмосфере Марса, возможным осадкам, составу поверхности Марса.

Получение тонких пленок с заданным химическим составом, физическими свойствами и однородностью по толщине является сложной технологической проблемой, так как результат во многом зависит от метода и технологических параметров нанесения пленки. На данный момент известно много различных методов напыления тонких пленок, например, такие как: физическое осаждение из паровой фазы, магнетронное распыление, вакуумно-дуговое испарение, электронно-лучевое испарение, химическое осаждение из паровой фазы и др.

Перечень необходимого оборудования и расходных материалов:

1. Установка для магнетронного распыления
2. Набор мишеней для магнетронного распыления
3. Растровый электронный микроскоп
4. Атомно-силовой микроскоп
5. Оптический микроскоп
6. Отрезной станок

Вид учебной деятельности	Название	Кол-во часов	HardSkills	SoftSkills
Лекция	Современные методы получения тонкопленочных структур	4 ч.	Методы нанесения тонкопленочных покрытий (физические, химические, газофазные химические), условия реализации метода, основные виды покрытий, преимущества метода, недостатки метода. Параметры получения покрытий и диапазон достигаемых толщин, типы роста пленки (островковый, послойный, послойно-островковый).	Умение искать информацию в свободных источниках и структурировать ее. Умение генерировать идеи указанными методами, слушать и слышать собеседника. Умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи. Командная работа. Умение
Демонстрация	Нанесение нанопокрывтия методом магнетронного распыления	2 ч.	Этапы формирования наноструктур	

Практикум	Создание наноструктур методом магнетронного распыления	12 ч.	Создание нанопокровтий с использованием мишеней различного состава, а также с различными рабочими параметрами установки	грамотно письменно формулировать свои мысли. Критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы. Опыт публичных выступлений. Основы работы в текстовом редакторе и программе для создания презентаций.
Практикум	Подготовка полученных деталей для дальнейшего исследования	4 ч.	Изготовление шлифов	
Практикум	Изучение наноструктур с помощью атомно-силового и растрового электронного микроскопа	14 ч.	Исследование полученных нанопокровтий с помощью растрового электронного микроскопа и атомно-силового микроскопа. Анализ влияния рабочих параметров установки и материалов мишеней на результат воздействия агрессивной среды на исследуемый образец нанопокровтия.	

Методическое обеспечение программы:

Педагогические принципы и методы обучения

С целью достижения желаемого результата используются следующие педагогические принципы:

- **научности.** Нанотехнологии - это предметная область, базирующаяся на дисциплинах естественнонаучного цикла. Изучение и соблюдение строгой научно-технической терминологии, символики, обозначений и так далее, является обязательной к выполнению;
- **связи теории с практикой;**
- **практикоориентированности.** Нанотехнологии уже используются и применяются в повседневной жизни. Для лучшего восприятия и большего интереса необходимо приводить бытовые примеры в процессе объяснения.
- **систематичности и последовательности;**
- **наглядности;**
- **прочности овладения знаниями и умениями.**

Программой предусмотрено проведение комбинированных занятий: занятия состоят из теоретической, лабораторной и практической частей.

При проведении занятий используют различные формы: лекции, практические работы, лабораторные работы, беседы, конференции, конкурсы, игры, викторины, проектная и исследовательская деятельность. При проведении занятий используются приемы и методы технологий: дифференцированного обучения, теории решения изобретательских задач, развития критического мышления и др.

Использование вышеуказанных методов и реализация принципов обучения позволит достичь поставленных цели и задач программы. Особенно стоит обратить внимание на реализацию принципов научности, жизненности и наглядности, так как это позволит наиболее продуктивно реализовать поставленные задачи.

Особенностью программы является сложность материала и отсутствие у обучающихся достаточных знаний в этой области. Проводя занятия, необходимо опираться на базовые знания обучающихся и строить занятия исходя из принципа «от простого к сложному».

Список рекомендуемой литературы

Нормативно-правовые документы

- ✓ Федеральный закон от 29.12.12 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- ✓ Приказ Минпросвещения России от 09.11.18 №196 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 29.11.18 №52831);
- ✓ Концепция развития дополнительного образования детей в Российской Федерации, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 4.09.2014 г. № 1726-р;
- ✓ Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы 2.4.4.3172-14
- ✓ «Требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 04.07.2014 г. № 41);
- ✓ Государственная программа РФ «Развитие образования на 2013-2020 годы, утвержденной постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 295;
- ✓ Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 года № 2227-р;
- ✓ Федеральная целевая программа развития образования на 2016-2020 годы, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 23.05.2015 года № 497.

Литература для педагога

1. Алфимова М.А. Занимательные нанотехнологии, М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 г
2. Богданов К. Ю. Что могут нанотехнологии? - М.:Просвещение, 2009. – 96 с.
3. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества; под ред. Ю.Д.
4. Третьякова. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 171 с.
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 416 с.
6. Гусев И.Б. Сократительные белки //Энциклопедия. Современное естествознание. Т.8. - С. 123.
7. Дьячков П.Н. углеродные нанотрубки: строение, свойства, применения. – М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 293 с.

8. Каменский А.А., Соколова, Н.А., Валовая М.А.. Основы биологии. - М.: Экзамен, 2004. – 448 с.
9. Лобова Л.П. Нанотехнологии и школьное образование// Физика в школе №3. 2009. С. 23-26.
10. «Нанотехнологии. Азбука для всех». Сборник статей под редакцией Ю. Третьякова. - М.: Физматлит, 2009. -368 с..
11. О.Шевредяев, И. Ибрагимов, Нанотехнологии и наноматериалы, МГОУ, М. 2012 г.
12. Пулс Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2005. – 336 с.
13. Программы элективных курсов. Химия. 9-11 кл.: Профильное обучение / Сост. В.А. Коровин. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2006. – 125с. (Программа элективного курса «Нанотехнология» автор Разумовская И.В.)
14. Программы элективных курсов. Химия. 9-11 кл.: Профильное обучение / Сост. В.А. Коровин.- 2-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2006.- 125с. (Программа элективного курса «Нанотехнология» автор Разумовская И.В.)