

Управление образования администрации города Белгорода  
Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования  
«Центр технологического образования и детского технического творчества»  
г. Белгорода

УТВЕРЖДАЮ  
Директор МБУДО ЦТОиДТТ  
Ю.Н.Кумейко  
Приказ от «30» августа 2017 г. № 123



**Рабочая дополнительная общеобразовательная  
(общеразвивающая) программа  
«Основы нанотехнологий»**

Возраст обучающихся: 9-16 лет  
Срок реализации - 1 год

Автор: Чижов Р. В.,  
педагог дополнительного образования



Программа рассмотрена на заседании Педагогического совета  
муниципального бюджетного учреждения дополнительного образования  
«Центр технологического образования и детского технического  
творчества» г. Белгорода

**в качестве рабочей**

от «30» августа 2017 г., протокол № 1

Статус: авторская

Председатель



подпись

/Ю.Н. Кумейко/

## Пояснительная записка

Создание современных конкурентоспособных, высокоэкономичных и энергосберегающих строительных материалов предполагает переориентацию строительной индустрии на широкое применение нано технологических производств. С целью создания условий для качественного обновления содержания естественнонаучного образования с ориентацией на подготовку кадров для современной индустрии и формирования поколения грамотных потребителей продукции, выпускаемой нано индустрией, актуальным является привлечение обучающихся к научно-исследовательской работе для ознакомления с конкретными направлениями в области нано технологий.

Из вышеизложенного вытекает **педагогическая целесообразность** реализации дополнительной общеобразовательной (общеразвивающей) программы «Основы нанотехнологий», направленной на формирование у обучающихся общего представления о нанотехнологиях и наноматериалах; умение ориентироваться в современных тенденциях их использования в различных областях техники и промышленности; изучение существующих наноматериалов и перспектив развития новых с учетом потенциальных тенденций в России и за рубежом.

Дополнительная общеобразовательная (общеразвивающая) программа «Основы нанотехнологий» (далее - Программа) – **естественно-научной направленности**. Предусматривает развитие исследовательских способностей детей, направлена на обеспечение у обучающихся базовых представлений о нанотехнологиях, эволюции развития данного направления в мире, методах наблюдения и исследования нанообъектов.

**Актуальность** программы определяется формированием у обучающегося осознанного профессионального самоопределения в области нанотехнологий, привитием навыков проведения научной работы со школьного возраста.

**Новизна** программы заключается в обучении методам создания новых материалов с использованием нанотехнологичных подходов и их использование в различных областях промышленности.

**Цель Программы** – создание условий для научно-исследовательской деятельности обучающихся через решение конкретных проблемных практических заданий (кейсов) используя современные знания в области нанотехнологий, введение в область современного материаловедения и нанотехнологий через проектно-исследовательскую деятельность учащихся.

**Цель Программы** – заключается в формировании у обучающихся научного мировоззрения, пробуждения интереса к инновационной, аналитической, творческой и интеллектуальной деятельности, закрепление теоретических знаний (полученных при изучении базовых модулей), формирование конкретных прикладных навыков и умений, а также обучение работы в команде.

### **Задачи**

#### Обучающие:

- учить научным методам познания;
- учить основам научного языка;

- учить специальным знаниям, необходимым для проведения самостоятельных исследований;
- познакомить с существующими наноматериалами;
- дать представление о перспективах развития нанотехнологий в России и за рубежом.

#### Развивающие:

- формировать у обучающихся общее представление о нанотехнологиях, основных понятиях в области нанотехнологий и наноматериалах; умение ориентироваться в современных тенденциях использования наноматериалов и нанотехнологических подходов в различных областях техники и промышленности;
- формировать культуру научной деятельности;
- формировать научный способ мышления;
- развивать умения и навыки исследовательского поиска;
- развивать умение
- осваивать практические навыки ставить, формулировать, описывать проблемы и докладывать о достигнутых результатах.

#### Воспитательные:

- развивать познавательные способности;
- воспитывать дисциплинированность, ответственность, самоорганизацию;
- формировать новаторское отношение ко всем сферам жизнедеятельности человека;
- воспитывать самостоятельность в приобретении дополнительных знаний и умений;
- воспитывать чувство патриотизма, гражданственности, гордости за достижения отечественной науки и техники.

**Отличительной особенностью** данной программы является реализация педагогической идеи формирования у школьников умения учиться – самостоятельно добывать и систематизировать новые знания. В этом качестве программа обеспечивает реализацию следующих принципов:

- Непрерывность дополнительного образования как механизма полноты и целостности образования в целом;
- Развития индивидуальности каждого ребенка в процессе социального самоопределения в системе внеурочной деятельности;
- Системность организации учебно-воспитательного процесса;
- Раскрытие способностей и поддержка одаренности детей;
- выявление и поддержка школьников и их коллективов, участвующих в проектной деятельности по нанотехнологиям;
- развитие методических материалов для школьных педагогов и всех лиц, заинтересованных в реализации проектной деятельности школьников;
- популяризация научно-технических знаний

#### **Сроки и режим реализации программы**

Программа рассчитана на три года обучения. Возраст обучающихся: 9 – 16 лет. Занятия проводятся по группам.

Условия набора детей в коллектив: принимаются все желающие, успешно прошедшие входное тестирование базовых знаний.

Наполняемость в группах составляет: первый год обучения — 15 человек; второй год обучения — 15 человек, третий год – 15 человек.

Группы занимаются 2 раза в неделю по 2 часа. Один академический час – 45 минут; между занятиями перерыв не менее 10 минут.

Занятия проводятся в кабинете, оборудованном согласно санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам СанПиН 2.4.4.1251-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к учреждениям дополнительного образования детей».

### **Возрастные особенности**

Программа построена с учетом возрастных и индивидуальных особенностей детей. Восприятие детей среднего школьного возраста более целенаправленно, организовано и планомерно, чем у младшего школьника. Определяющее значение имеет отношение подростка к наблюдаемому объекту. Внимание произвольно, избирательно, подросток может долго сосредотачиваться на интересном материале. Запоминание в понятиях, непосредственно связанное с осмысливанием, анализом и систематизацией информации, выдвигается на первый план. Для подросткового возраста характерна критичность мышления. Для обучающихся данного возраста свойственна большая требовательность к сообщаемой информации: «подросток усиленно требует доказательств». Улучшается способность к абстрактному мышлению. Ввиду этого в программе предполагается применять на занятиях метод решения кейсов, подготовка презентационного материала для иллюстрирования лекционного курса и проведение экскурсий по специализированным лабораториям, в ходе которых обучающиеся смогут ознакомиться с применяемым оборудованием.

Обучающийся среднего школьного возраста, в виду особенностей мышления, характерных для данного периода, трудно заинтересовать простым изложением сведений в готовом, законченном виде. Ему захочется проверить их достоверность, убедиться в правильности суждений. В этом возрасте в обучении большой эффект дает внедрение проблемных задач. В основе всех действий при проблемном подходе лежит осознание отсутствия знаний для решения конкретных задач, разрешение противоречий. Следует предлагать подросткам сравнивать, находить общие и отличительные черты, выделять главное, устанавливать причинно-следственные связи, делать выводы.

Успешное проведение занятий достигается с соблюдением основных дидактических принципов: систематичности, последовательности, наглядности и доступности, при этом учитываются возрастные и индивидуальные особенности ребенка. По мере накопления знаний и практических умений, обучающим предлагается самостоятельно проводить анализ информации, участвовать в проектной и исследовательской деятельности и защите своих проектов. Для оценки проведенных исследований обучающимся задаются вопросы (например, «Что побудило выбрать данное направление?», «Какие проблемы решались в ходе работы?», «Какие особенности и какую новизну имеет проект, чем отличается от других исследований в данной области?»). При анализе полученных результатов и защите проекта от обучающихся требуется применение правильной технической терминологии.

В процессе обучения важным является проведение различных дискуссий и решение кейсов, проведение лабораторных экспериментов. Все это позволяет закрепить и повторить пройденный материал. Большое внимание уделяется истории развития науки и техники, людям науки, изобретателям, исследователям, испытателям. В программу включен единый комплекс практических работ, который обеспечивает усвоение новых теоретических знаний, приобретение умений и навыков работы с лабораторным оборудованием.

Оценка промежуточных результатов по темам и итоговые занятия проводятся в разных формах: викторины, защита проектов.

### **Ожидаемые результаты**

#### **Личностные результаты обучения:**

- формировании у детей мотивации к обучению, о помощи им в самоорганизации и саморазвитии.
- развитие познавательных навыков учащихся, умений самостоятельно конструировать свои знания, ориентироваться в информационном пространстве, развитие критического и творческого мышления.

#### **Метапредметные результаты:**

- учитывать выделенные педагогом ориентиры действия в новом учебном материале в сотрудничестве с учителем;
- планировать свое действие в соответствии с поставленной задачей и условиями ее реализации, в том числе во внутреннем плане
- осуществлять итоговый и пошаговый контроль по результату;
- умения учиться: навыках решения творческих задач и навыках поиска, анализа и интерпретации информации.
- добывать необходимые знания и с их помощью проделывать конкретную работу.
- осуществлять поиск необходимой информации для выполнения учебных заданий с использованием учебной литературы;
- основам смыслового чтения технических текстов;
- осуществлять анализ объектов с выделением существенных и несущественных признаков;
- выполнять различные роли в группе (лидера, исполнителя, критика).
- координировать свои усилия с усилиями других.
- формулировать собственное мнение и позицию;
- договариваться и приходить к общему решению в совместной деятельности, в том числе в ситуации столкновения интересов;
- задавать вопросы;
- допускать возможность существования у людей различных точек зрения, в том числе не совпадающих с его собственной, и ориентироваться на позицию партнера в общении и взаимодействии;
- учитывать разные мнения и стремиться к координации различных позиций в сотрудничестве.

#### **Предметные результаты обучения:**

- умение использовать термины технической области;

- навыки постановки цели и задач исследования, составления плана работ.
- навыки выбора способа представления данных в зависимости от поставленной задачи;
- рациональное использование учебной и дополнительной технической и технологической информации для проектирования и создания нанообъектов;
- владение методами решения организационных и технических задач;
- владение методами чтения и способами графического представления технической, технологической и инструктивной информации;
- владение формами учебно-исследовательской, проектной, игровой деятельности.

По итогам обучения должно сформироваться представление о научном мировоззрении и методах проведения научного исследования, актуальных задачах современного естествознания и нанотехнологий, самоопределение с областью дальнейшей проектно-исследовательской деятельности. Должны быть сформированы следующие навыки: умение выбрать объект исследования, формулировать рабочую гипотезу, проверить ее и оценить достоверность полученных результатов.

#### – **Первый год обучения**

*должны знать:*

- основные понятия и определения, используемые для понимания и изучения нанотехнологий,
- основные этапы развития и становления нанотехнологии, основные направления современного развития и применения нанотехнологий,
- основные методы и инструментарий, используемые для получения, наблюдения и исследования нанообъектов,

*должны уметь:*

- ориентироваться в современных направлениях нанотехнологий;
- рационально оценивать возможности и перспективы использования нанотехнологий в различных областях человеческой деятельности;
- работать с лабораторным оборудованием;
- формулировать цели и задачи исследований;

#### **Второй год обучения**

*должны знать:*

- отличительные особенности наносостояния материалов;
- основные параметры, определяющие свойства нанообъектов, методы и приборы их характеристики;
- классификацию, возможности и назначение основных методов получения наноматериалов;
- технологическое оборудование и основные методы получения нанопорошков, нанослоев и компактных наноматериалов;
- основы обработки наноструктурированных материалов; методов и технологии получения нанкомпозитов;
- умение анализировать и предсказывать тенденции развития сегмента рынка продукции на основе наноразмерных систем;



- знание основных параметров, определяющих свойства нанообъектов, методов и приборов их характеристики;
- понимание принципов, заложенных в конструкции и программное обеспечение СЗМ;
- навыки работы на СЗМ различных типов;
- умение выбирать оптимальные расходные материалы;
- навыки анализа данных, полученных с помощью СЗМ.

*должны уметь:*

- ориентироваться в современных направлениях нанотехнологий;
- рационально оценивать возможности и перспективы использования нанотехнологий в различных областях человеческой деятельности;
- работать с лабораторным оборудованием;
- формулировать цели и задачи исследований;

### – Третий год обучения

*должны знать:*

- технологическое оборудование и основные методы получения наноструктурированных материалов;
- основы обработки наноструктурированных материалов;
- навыки работы на СЗМ различных типов;
- умение выбирать оптимальные расходные материалы;
- навыки построения траекторий выполнения исследовательский проектов;
- навыки анализа полученных данных.

*должны уметь:*

- ориентироваться в современных направлениях нанотехнологий;
- рационально оценивать возможности и перспективы использования нанотехнологий в различных областях человеческой деятельности;
- работать с лабораторным оборудованием;
- формулировать цели и задачи исследований;

## Учебный план

№	Разделы	Количество часов		
		1 год обучения		
		Всего часов	Теория	Практика
1	Введение в образовательную программу, техника безопасности	2	1	1
2	История нанотехнологий. Нанотехнологии в 21 веке	2	1	1
3	Нанотехнологии в различных областях промышленности	2	1	1
4	Рынок нанотехнологий	2	1	1
5	Экологические проблемы применения нанотехнологий	2	1	1
6	Инструменты и методы нанотехнологий	8	2	6
7	Особенности наноструктуры	10	2	8
8	Получение и свойства нанообъектов	12	2	10
9	Нанотехнологии вокруг нас	2	1	1

10	Итоговое занятие	2	0	2
	<b>ИТОГО</b>	<b>44</b>	<b>12</b>	<b>32</b>

### **Формы подведения итогов обучения**

- индивидуальная устная проверка;
- тестовые задания;
- защита исследовательского проекта;
- решение кейсов;
- проведение промежуточного и итогового тестирования.

### **Содержание программы**

#### **1. Введение в образовательную программу, техника безопасности (2 ч.)**

Теория. Общие представления о нанотехнологии как науке. Основные термины и определения в области нанотехнологий.

Практика. Общая информация о технике безопасности в лаборатории, знакомство с оборудованием.

Формы проведения занятий: лекции, лабораторные и практические занятия, экскурсии

Формы подведения итогов: опрос в форме викторины, решение кейса

#### **2. История нанотехнологий. Нанотехнологии в 21 веке (2 ч.)**

Теория. История развития, основоположники и ведущие ученые, работающие в сфере нанотехнологий; направления в нанотехнологиях

Современные достижения науки и техники в области нанотехнологии.

Практика. Изучение основных характеристик и свойств материалов с использованием различных наносистем

Формы проведения занятий: лекции, лабораторные и практические занятия, экскурсии

Формы подведения итогов: опрос в форме викторины, решение кейса

#### **3. Нанотехнологии в различных областях промышленности (2 ч.)**

Теория. Нанотехнологии в различных областях производства. Нанотехнологии в энергетике и экологии. Нанотехнологии в криминалистике и косметике. Динамика развития нанотехнологий в России и за рубежом. Перспективы мировой наноэкономики.

Практика. Изучение способов получения и применения наноструктурированных композиционных материалов.

Формы проведения занятий: лекции, лабораторные и практические занятия.

Формы подведения итогов: доклад с презентацией, решение кейса

#### **4. Рынок нанотехнологий (2 ч.)**

Теория. Экономические аспекты применения достижений нанотехнологий в промышленности

Практика. Определение и расчет экономической значимости применения нанотехнологий и наносистем

Формы проведения занятий: лекции, лабораторные и практические занятия.

Формы подведения итогов: решение кейса

#### **5. Экологические проблемы применения нанотехнологий (2 ч.)**

Теория. Экологические последствия применения нанообъектов и наноматериалов

Практика. Оценка воздействия наноструктурирующих модификаторов (или наностистем) на тест объекты как определения экологичности материала

Формы проведения занятий: лекции, лабораторные и практические занятия.

Формы подведения итогов: решение кейса

### **6. Инструменты и методы нанотехнологий (8 ч.)**

Теория. Микроскопия. Виды микроскопии (оптическая, электронная, сканирующая), преимущества и недостатки, области использования. Электронная микроскопия. Виды электронных микроскопов (ТЭМ, РЭМ, РТЭМ, ЗЭМ). Принцип действия РЭМ. Применение РЭМ для изучения объектов на наноуровне. Сканирующая микроскопия. Туннельный эффект. Туннельный сканирующий микроскоп. Принцип действия. Режимы работы ТСМ. Разновидности ТСМ. Применение ТСМ при исследовании нанообъектов. Преимущества и недостатки ТСМ. Атомарное взаимодействие. Атомный силовой микроскоп. Принцип действия. Виды АСМ. Наноиндентирование. Сущность процесса. Область применения. Нановесы. Принцип действия.

Практика. Анализ структуры образца на снимке с растрового электронного микроскопа РЭМ.

Определение размеров кристаллитов рентгенографическим методом.

Измерение удельной поверхности дисперсных и пористых материалов путем сравнения объёма газа-адсорбата, сорбируемого исследуемым образцом и стандартным с известной удельной поверхностью по 4-х точечному методу БЭТ.

Формы проведения занятий: лекции, лабораторные и практические занятия.

Формы подведения итогов: тестовые задания; решение кейса

### **7. Особенности наноструктуры (10 ч.)**

Теория. Наноматериалы, их классификация, строение, характеристические особенности с точки зрения размерности и конфигурации. Наноматериалы в природе

Практика. Изучение влияния макро-, микро- и наношероховатости на водоотталкивающие свойства материалов

Визуализация нанообъектов при помощи сканирующего туннельного микроскопа «Умка».

Визуализация нанообъектов при помощи растрового электронного микроскопа РЭМ.

Формы проведения занятий: лекции, лабораторные и практические занятия.

Формы подведения итогов: решение кейса

### **8. Получение и свойства нанообъектов (12 ч.)**

Теория. Моделирование наноструктур (обзор). Механосинтез и нанофабрика. Особенности получения наноструктур. Методы получения наноструктур. Групповые методы получения наноструктур.

Практика. Применение электрохимического метода при получении нанообъектов, и изучение их при помощи, просвечивающей микроскопии.

Получение механоактивированных нанодисперсных систем различными способами (сухой и мокрый помол).

Формы проведения занятий: лекции, лабораторные и практические занятия.

Формы подведения итогов: решение кейса.

## **9. Нанотехнологии вокруг нас (2 ч.)**

Теория. Примеры товаров, созданных с использованием нанотехнологий и причины их уникальных свойств. Несмачиваемые и всегда чистые ветровые стёкла, диски колёс и т.п. Созданные на основе наночастиц оксида титана и серебра поверхности, обладающие бактерицидными свойствами. Нанокompозитные материалы.

Практика. Изучение свойств нанокompозитов на основе различных промышленных материалов

Формы проведения занятий: лекции, лабораторные и практические занятия, экскурсии

Формы подведения итогов: дискуссия, решение кейса

## **10. Итоговое занятие (2 ч.)**

Практика. Подведение итогов (промежуточная аттестация) выполненных лабораторных работ.

Формы проведения занятий: тестирование, выполнение практического упражнения.

### **Методы образовательной деятельности:**

По уровню активности используются методы:

- объяснительно-иллюстративный;
- эвристический метод;
- метод устного изложения, позволяющий в доступной форме донести до обучающихся сложный материал;
- метод проверки, оценки знаний и навыков, позволяющий оценить переданные педагогом материалы и, по необходимости, вовремя внести необходимые корректировки по усвоению знаний на практических занятиях;
- исследовательский метод обучения, дающий обучающимся возможность проявить себя, показать свои возможности, добиться определенных результатов;
- проблемного изложения материала, когда перед обучающимся ставится некая задача, позволяющая решить определенный этап процесса обучения и перейти на новую ступень обучения;
- закрепления и самостоятельной работы по усвоению знаний и навыков;
- диалоговый и дискуссионный.

### **Приемы образовательной деятельности:**

- наглядный (рисунки, плакаты, чертежи, фотографии, схемы, модели, приборы, видеоматериалы, литература),
- научно-исследовательская работа,
- проектная работа,
- квесты,
- кейсы.

**Основные образовательные процессы:** решение кейсов и практических заданий, формирующих способы продуктивного взаимодействия с действительностью и разрешения проблемных ситуаций, проведение лекций и экскурсий, знакомство с работой на специализированном оборудовании.

### **Основные формы деятельности:**

- познание и учение: освоение знаковых форм описания всеобщих законов и отношений; освоение способов управления вниманием и возможностями организма;
- общение: принятие правил, ответственность как за собственные учебные достижения, так и за результаты в рамках «общего дела»;
- творчество: освоение нормы реалистического изображения (как реальных, так и воображаемых объектов, сюжетов и ситуаций);
- труд: усвоение позитивных установок к труду и различным продуктивным технологиям.

**Форма организации учебных занятий:**

- беседа,
- практическая работа,
- эксперимент,
- наблюдение,
- экспресс-исследование,
- коллективные и индивидуальные исследования,
- самостоятельная работа,
- защита исследовательских работ,
- мини-конференция,
- консультация.

**Типы учебных занятий:**

- первичного ознакомления с материалом;
- усвоение новых знаний;
- комбинированный;
- практические занятия;
- закрепление, повторение;
- итоговое.

**Формы контроля освоения обучающимися планируемого содержания.**

Система контроля результатов освоения программы включает:

- наблюдение за детьми, беседы индивидуальные и групповые, а также беседы с родителями;
- формирование навыка слушателя: ответы на вопросы по тексту, иллюстрирование текста;
- взаимодействие в коллективе: игры, наблюдение, беседы с родителями, тесты.

Проверку результативности осуществляется через:

- промежуточный (текущий) контроль (по четвертям, полугодиям или разделам) является инструментом для получения информации о промежуточных результатах освоения содержания, понять в достаточной ли степени, сформированы те или иные знания, умения и навыки для усвоения последующей порции учебного материала.
- итоговый контроль (в конце года) служит для проверки знаний по пройденному предмету, теоретические и практические знания, умение пользоваться полученными знаниями.

**Текущий контроль** – это оценка активности работы, краткие отчеты и обсуждение результатов на занятиях по выполняемым работам, контроль своевременности и качества выполнения НИР, участия на конференциях различного уровня и т.п.;

**Итоговый контроль:** в конце обучения на специально запланированных итоговых занятиях учащиеся представляют итоговый отчет с научным докладом в виде презентации результатов своей научно-исследовательской работы. В дискуссии участвуют присутствующие на итоговых занятиях преподаватели, аспиранты кафедры.

Эти средства в целом позволяют однозначно оценить степень усвоения теоретических и фактических знаний; приобретенные обучающимися практические умения на репродуктивном уровне и когнитивные умения на продуктивном уровне; а также профессиональные компетенции .

**Учебно-методические средства обучения:**

- специализированная литература по основам нанотехнологий, подборка журналов,
- лабораторное оборудование,
- образцы, фото и видеоматериалы,
- учебно-методические пособия для педагога и обучающихся, включающие дидактический, информационный, справочный материалы на различных носителях, компьютерное и видео оборудование.

Применяемое на занятиях дидактическое и учебно-методическое обеспечение включает в себя электронные учебники, справочные материалы и системы используемых Программ, Интернет.

**Педагогические технологии.**

В процессе обучения по программе используются разнообразные педагогические технологии:

- технологии развивающего обучения, направленные на общее целостное развитие личности, на основе активно-деятельного способа обучения, учитывающие закономерности развития и особенности индивидуума;
- технологии личностно-ориентированного обучения, направленные на развитие индивидуальных познавательных способностей каждого ребенка, максимальное выявление, раскрытие и использование его опыта;
- технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие обучение каждого обучающегося на уровне его возможностей и способностей;
- технологии сотрудничества, реализующие демократизм, равенство, партнерство в отношениях педагога и обучающегося, совместно вырабатывают цели, содержание, дают оценки, находясь в состоянии сотрудничества, сотворчества.
- проектные технологии – достижение цели через детальную разработку проблемы, которая должна завершиться реальным, осязаемым практическим результатом, оформленным тем или иным образом;
- компьютерные технологии, формирующие умение работать с информацией, исследовательские умения, коммуникативные способности.

В практике выступают различные комбинации этих технологий, их элементов.

## **Материально-техническое обеспечение программы**

Программа реализуется на базе Белгородского регионального детского технопарка «Кванториум».

– Учебная лекционно-лабораторная аудитория наноструктурного анализа: интерактивная доска и комплекс мультимедийного оборудования с возможностью устройства видеоконференций по Web-каналам удаленного доступа.

– Научно-исследовательская лаборатория синтеза и исследования наносистем. ИК-спектроскопия и дисперсионный анализ: микроскоп оптический ПОЛАМ-Р 312, аналитические весы АВ-60-01, весы ВЛТЭ – 500.

– Учебно-научная лаборатория композиционных материалов: дробилка конусная ВКМД-6, вибромельница-истиратель, смеситель для сухих порошков «Турбула» лабораторный, гравитационного типа; прибор стандартного уплотнения для грунтов; конус балансирный Васильева КВБ; приборы Вика ОГЦ-1; воронка ЛОВ для определения насыпной плотности; весы ВЛТЭ-1200; прибор ПГР для установления густоты раствора; весы торсионные ВТ-500; набор сит; дефектоскоп УК-14ПМ; молоток эталонный Кашкарова для определения прочности бетона; сушильные шкафы.

– Лаборатория цифрового производства ФабЛаб «Кластер»: 3D принтеры MakerBot Replicator 2 и Bistfrombytes 3D Touch, трехмерный настольный сканер NextEngine, Лазерная гравировальная система, Гравировально-фрезерный станок, режущий рулонный плоттер.

### Список использованной литературы

1. Об образовании: федер. Закон Рос. Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273–ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 21 дек. 2012 г.; одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 26 декабря 2012 г. // URL: <http://минобрнауки.рф/документы/2974>

### Список литературы для обучающихся

1. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех/М. Рыбалкина. – М.: nanonewsnet.ru, 2005. – 444с.
2. Очарование нанотехнологии. / У. Хартмани. пер. с нем. – 2-е изд., испр. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 173 с.
3. Методы получения и свойства нанообъектов: монография / Н.И. Минько, В.М. Нарцев. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 104 с.
4. Успехи нанотехнологии: электроника, материалы, структуры / Под ред. Дж. Девиса, М. Томпсона. – М.: Техносфера, 2011. – 496 с.
5. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества / [Гудилин Е.А. и др.]; под ред. Ю.Д.Третьякова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 171 с.
6. *Ткачук В.А.* Нанотехнологии и медицина // Российские нанотехнологии, 2009. Т. 4 (7–8).
7. Методы получения наноразмерных материалов. Курс лекций/ Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.
8. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики / Р.Ф. Фейнман // Российский химический журнал, 2002, Т. XLVI, №5. С.4–6.
9. Новые материалы. Под ред. Ю.С. Карабасова – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
10. Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology / К. Eric Drexler. – New York: Anchor Books. – 1986.
11. Нанокристаллические материалы, методы получения и свойства. А.И. Гусев. – Екатеринбург: УРО РАН, 1998.