

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Центр образования № 39
имени Героя Советского Союза Алексея Арсентьевича Рогожина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор МБОУ ЦО № 39
29-А /Б.В. Лобач/
Приказ № 29-А
28 августа 2020г.



СОГЛАСОВАНО
Зам. директора по УВР
Белова Е.А.
Б.В.

РАССМОТРЕНО
Руководитель МО
Кишинева В.В.
Протокол № 29-А
28 августа 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по предмету Нанотехнологии

Учитель Савчук Елена Александровна
Класс (ы) 10, 11

Протокол педагогического совета № 1 от 28 августа 2020 г.

ПРОГРАММА
ДИСТАНЦИОННОГО ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА
«ВВЕДЕНИЕ В НАНОТЕХНОЛОГИИ. ХИМИЯ»

Пояснительная записка

Программа краткосрочного дистанционного элективного курса "Введение в нанотехнологии. Химия» предназначена для учащихся 9-11 классов общеобразовательных учебных заведений. Курс базируется на знания школьников, полученные ими в школьном изучении химии, физики, биологии, математики в основной и средней общеобразовательной школе. Наиболее значимыми элементами школьной программы по химии в этом аспекте являются сформированные у школьников представления об атоме и его строении, видах химической связи и особенностях межмолекулярного взаимодействия, закономерностях протекания химической реакции, благородных газах и металлах, соединениях подгруппы углерода, природных и синтетических полимерах.

Содержание элективного курса «Введение в нанотехнологии. Химия» носит общеобразовательный и развивающий характер. Элективный курс «Введение в нанотехнологии. Химия» позволяет продемонстрировать ряд методологических идей, способствующих активизации, структурированию и развитию мыслительной деятельности учащихся. Эти методологические идеи обладают возможностью переноса из одной области знания в другую, что позволяет сделать вывод об их общем характере, способствует формированию общих учебных умений и способов действий. К выделенным методологическим идеям относятся идеи о:

- уровневой организации материи. К традиционным уровням организации материи (микроуровню – уровню атомов и молекул и макроуровню - уровню вещества) добавляется новый наноуровень, занимающий граничное положение и обеспечивающий уникальные свойства наночастиц и нанокластеров;
- эффектах пограничного состояния. Расположение уровня наночастиц и нанокластеров на границе между макро- и микромиром позволяет достичь уникальных пограничных физических, химических, биологических свойств;
- переходе количественных изменений в качественные. Демонстрация существенного изменения свойств нанокластеров и наночастиц при незначительном изменении числа атомов, входящих в их состав;
- возможности самоорганизации открытых систем. Открытые системы, к которым относятся и биологические объекты, имеющие возможность обмениваться с окружающей средой веществом, энергией, знанием, получают возможности для самоорганизации и упорядочения;
- возможностях решения одной задачи множеством различных способов (задача одна – стратегий множество);
- возможностях получения огромного количества материалов с разнообразными свойствами, исходя из многообразия структурных материалов и способов их укладки;
- различии свойств структурных элементов, связанных с их разной локализацией: на поверхности материала или в его более глубоких слоях (разная локализация – различные свойства);
- опасности новых технологий (новые технологии – новые опасности). Любая новая технология наряду с несомненным позитивным компонентом несет и негатив, опасности, связанные с травматизмом, заболеваниями, ущербом окружающей среде и т. д.

Цели и задачи курса

Цели:

- предоставить ученику возможность ознакомиться с новой отраслью знаний – нанотехнологией и, в частности, нанохимией, оценить свои склонности и интересы к данной области знания, а также

прийти к мысли о важности фундаментальных естественных наук, их взаимосвязи между собой и практическом использовании полученных знаний;

- помочь учащемуся в определении дальнейшей образовательной траектории на основе своих интеллектуальных и творческих способностей.

Задачи:

- сформировать понятия «нанотехнология» и «нанохимия». Показать междисциплинарный характер нанохимии, ее перспективы для реализации потребностей человечества;
- обосновать фундаментальные принципы, лежащие в основе нанохимии;
- познакомить учащихся с основными методами исследования в нанохимии;
- познакомить учащихся с применением основных достижений нанохимии;
- познакомить учащихся с различными направлениями наноматериаловедения: нанопорошками, полупроводниковыми устройствами, углеродными материалами (нанотрубками, кольцами, фуллеренами), высокопрочными нанокристаллическими и аморфными материалами, негорючими нанокомпозитами на полимерной основе, материалами для изготовления устройств сверхплотной записи информации, нанопористыми материалами для химической и нефтехимической промышленности, топливными элементами, электрическими аккумуляторами и другими преобразователями энергии, устройствами для хранения энергии, полимерными материалами;
- показать возможность распространения методов нанотехнологии в область живой материи (фармацевтика, целевая доставка лекарств и протеинов, биополимеры и заживление биологических тканей, клиническая и медицинская диагностика, создание искусственных мышц, костей, имплантация живых органов, регистрация и идентификация канцерогенных тканей, патогенов, биосовместимые ткани для трансплантации, лекарственные препараты);
- продемонстрировать взаимосвязанность и взаимообусловленность естественных и технических наук, синергетику их интеграции в нанотехнологиях.

Требования к уровню освоения курса

Ученик должен:

иметь представление:

- о фундаментальном единстве естественных наук, незавершенности естествознания и возможности его дальнейшего развития;
- о соотношениях порядка и беспорядка в природе, упорядоченности строения объектов, переходах в неупорядоченное состояние и наоборот;
- об основных нанохимических системах и нанопроцессах;
- о возможности использования основных достижений нанохимии для реализации потребностей человечества.

знать:

- основы нанотехнологии и нанохимии, основные принципы нанохимии и методы ее исследования;
- основные достижения нанохимии, уникальные свойства наноматериалов, их применение и перспективы развития этой отрасли науки;
- о роли нанохимии в решении общечеловеческих проблем (экологических, медицинских, технологических и др.).

уметь:

- выполнять творческие задания для самостоятельного получения и применения знаний, составлять рефераты;
- принимать участие в дискуссиях и отстаивать свою точку зрения.

приобрести навыки:

- самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой;
- вести поиск и делать обобщающие выводы.

Особенности проведения курса

Данный краткосрочный курс предполагает дистанционную подачу теоретического материала в режиме on-line на платформе Mirapolis Virtual Room. Тем не менее в его содержание включены также практические работы учащимися, проводимые при их непосредственном участии в режиме of-line.

Так как элективный курс "Введение в нанотехнологии" предназначен для учащихся общеобразовательных классов, то при реализации программы данного элективного курса необходимо:

- адаптировать учебный материал соответственно уровню подготовки учащихся. При этом доступность содержания не должна наносить ущерб научности.
- существенно уплотнить информационную насыщенность материала.
- предельно ориентировать содержание на практическое применение.
- уделять большое внимание процессу целеполагания и рефлексии.
- определить роль учителя не столько в качестве посредника между учащимися и учебным материалом, сколько в качестве консультанта.
- считать критериями эффективности изучения программы:
 - развитие интереса к предмету,
 - осознанный выбор дальнейшей образовательной траектории.

Критерии оценки выполнения программы курса:

- умение отбирать, изучать и систематизировать информацию, полученную из научно-популярной литературы и других источников (оценивается информация при представлении докладов, рефератов, и презентаций);
- выполнение проектной работы.

Примерные темы исследовательских работ:

1. Нанотехнологии и медицина будущего
2. Наночастицы – невидимые друзья.
3. Нанотехнологии в промышленности.
4. Нанотехнологии в сельском хозяйстве.
5. Нанотехнологии в военной технике.
6. Нанотехнологии в биологии и экологии.
7. Нанотехнологии в освоении космоса.
8. Нанотехнологии в геронтологии.
9. Нанотехнологии в кибернетике.
10. Нанотехнологии в современную эпоху и в будущем.
11. Нанотехнологии в быту.
12. Сверхвозможности нанокomпьютера.
13. Чудесные свойства наночастиц.
14. «Умные» наноматериалы и возможности их применения.
15. Безопасность и этические проблемы развития нанотехнологий.
16. Нановолокна и их применение
17. Нанодвигатель и как его сделать
18. Нанокатализаторы и их применение
19. Нанокластеры золота и их применение
20. Нанолазеры и их применение
21. Нанотехнологии в борьбе с вредителями садов и огородов
22. Нанотехнологии в борьбе с онкологическими заболеваниями
23. Нанотехнологии в электронике
24. Нанотехнологии в диагностике и лечении болезней

25. Нанотрубки и их применение
26. Полимерные нанокомпозиты и их применение
27. «Эффект лотоса» и его практическое применение

Примерные темы рефератов, мультимедийных презентаций для семинаров:

1. Будущее нанотехнологий. Перспективы внедрения продуктов нанотехнологий в жизнь.
2. Негативные последствия нанотехнологий: за и против.
3. Нановолокна и их применение.
4. Нанодвигатель и как его сделать.
5. Нанотрубки и их применение.
6. Создание и применение нанопорошков.
7. Методы получения наночастиц металлов.
8. Использование дендримеров в качестве микрореакторов.
9. Наноматериалы в солнечных батареях – перспективы альтернативной энергетики.
10. Получение, транспортировка и хранение водорода с помощью наноматериалов.
11. Современные методы получения углеродных наноструктур.
12. Возможности применения фуллеренов в медицине, экологии, технике.
13. «Углеродное» будущее электроники.
14. Направления применения фуллеренов и других углеродных наноструктур.
15. Наноструктуры в диагностике и лечении ВИЧ.
16. Возможности использования наночастиц для получения медицинских асептических материалов.
17. Наночастицы и направленная доставка лекарств.
18. Перспективы использования нанотрубок в медицине.
19. Перспективы использования нанотрубок и нанопористых материалов в медицине и экологии.
20. Композитные наноматериалы в медицине.
21. Имплантаты на основе наноматериалов.
22. Миграция наночастиц в организме человека и окружающей среде.
23. Перспективы применения наночастиц в генной инженерии.
24. Нанотехнологии в борьбе с вредителями садов и огородов.
25. Роль нанотехнологий в защите окружающей среды

Объем дисциплины и виды учебной работы

Элективный курс состоит из 8 достаточно независимых тем и рассчитан на обучение в объеме 17 учебных часов. Согласно представленному тематическому планированию он включает инвариантную и вариативные части.

Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: лекционные и семинарские занятия, деловые игры, защиты проектов.

№	Название тем	Всего	Виды учебных занятий	
			лекции	Семинары, практические работы
Инвариантная часть (обязательная)				
1	Основные объекты и понятия нанотехнологии.	1	1	

	Нанохимия			
2	Объекты нанохимии и уникальные свойства наночастиц	2	1	1
Вариативная часть (темы по выбору)				
3	Наноматериалы и перспективы их применения	3	1	3
4	Получение наночастиц	2	1	1
5	Особая роль углерода в наномире	2	1	1
6	Медицинская и экологическая нанохимия	2		2
7	Нанохимия и нанобиотехнология	1		1
8	Нанохимия в задачах	1		1
9	Защита проектов	2		
	Всего по плану	17	6	9

Содержание курса

Основные объекты и понятия нанотехнологии.

Нанохимия. «Нанотехнология», «нанохимия», объекты нанометровых размеров, законы квантовой механики и классической физики, шкала размеров объектов наномира, наносистемы, кластеры, наноматериалы, наночастицы, характеристика нанообъектов по размерному признаку. Прикладная нанохимия, теоретическая нанохимия, экспериментальная нанохимия, перспективы развития нанотехнологии и нанонауки: задачи краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных проектов.

Объекты нанохимии и уникальные свойства наночастиц.

Наносистемы. Классификация объектов нанохимии: наночастицы из атомов инертных газов, наночастицы металлов, нанотрубки, фуллерены, ионные кластеры, фрактальные кластеры, молекулярные кластеры. Примеры уникальных свойств некоторых наночастиц: серебро, оксид цинка, диоксид кремния. Химические нанореакторы: щелочные и щелочноземельные металлы, переходные элементы, элементы 8-й группы, подгруппа меди и цинка, подгруппа бора.

Наноматериалы и перспективы их применения.

Факторы, определяющие уникальные свойства наноматериалов. Уникальные свойства наноматериалов. Нанопорошки. Аморфное состояние. Аморфно-нанокри-сталлическое состояние. Нанопористый углерод. Полимерные нанокомпозиты. Нанокомпозиты с сетчатой структурой. Слоистые нанокомпозиты. Нанокомпозиты, содержащие металл или полупроводник. Молекулярные нанокомпозиты. «Умные» наноматериалы. Биомимитические наноматериалы (биомиметики). Ферромагнитная жидкость.

Получение наночастиц.

Диспергационные и конденсационные методы. Стабилизатор наночастиц. Магические числа. Электровзрывной метод получения наночастиц. Консервация наночастиц. Химический синтез наносистем. Особенности химических свойств наночастиц и нанокластеров. Химическое восстановление для получения наночастиц металлов в жидкой фазе. Реакции в дендримерах.

Радиационно-химическое восстановление. Фотохимический синтез. «Золь-гель» метод. Методы получения наночастиц металла.

Особая роль углерода в наномире.

Фуллерены. Молекулы фуллеренов C₆₀ и C₇₀. Галогенирование фуллеренов. Свойства хлорпроизводных фуллерена. Оксиды фуллерена. Фуллерены с внедренными частицами металлов. Фуллериты и их свойства. Углеродные нанотрубки, графен, получение углеродных наноструктур, электродуговое распыление графита, лазерное испарение графита, метод химического осаждения из пара (каталитическое разложение углеводородов), радиочастотное плазмохимическое осаждение из газовой фазы и рост при высоком давлении и температуре.

Медицинская и экологическая нанохимия.

Квантовые точки и их роль в диагностике. Сенсоры пероксида водорода. Сенсоры pH. Экспресс-анализаторы. Роль нанокапсул и наносфер в терапии рака, гепатита, ВИЧ. Биологическая усвояемость. Криохимические технологии в наномедицине. Наночастицы благородных металлов. Нанокристаллические оксиды. Нанотехнологии в борьбе с онкологическими заболеваниями. Фильтрующие мембраны, нанополотенца и др. Создание наночастиц в биологических тканях, однослойные углеродные нанотрубки с адсорбированными антителами. Иммунонаносферы для избирательной фототермической терапии и наносферы для комбинированной терапии рака и обнаружения опухолей. Лечение рака груди с помощью комбинации люлиберина, цитотоксического белка и наночастиц оксида железа. Опухоль-ориентированные системы доставки. Лечение раковых метастазов, фуллереновые нанополотенца в терапии рака. Нанохимические технологии и охрана окружающей среды.

Нанохимия и нанобиотехнология.

Направления развития нанобиотехнологии. «Сухие» и «мокрые» нанотехнологии. Получение искусственных наноструктур на основе биомолекул. Наномотор с небиологическими элементами. Генная инженерия. Рекомбинантная ДНК. Метод введения биоматериалов в живые клетки. Моделирование наноструктур с использованием молекул нуклеиновых кислот

Тематическое планирование изучения учебного материала

№	Тема	Цель	Основное содержание	Планирование изучения блока	Форма
1	Основные объекты и понятия нанотехнологии. Нанохимия (1 ч.)	Создать условия для формирования интереса к новой области знания «Нанотехнологии»	«Нанотехнология», «нанохимия», объекты нанометровых размеров, законы квантовой механики и классической физики, шкала размеров объектов наномира, наносистемы, кластеры, наноматериалы, наночастицы, характеристика нанообъектов по размерному признаку. Прикладная нанохимия, теоретическая нанохимия, экспериментальная нанохимия, перспективы развития нанотехнологии и нанонауки: задачи краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных проектов	Урок 1. Основные объекты и понятия нанотехнологии. Нанохимия	Лекция on-line

2	Объекты нанохимии и уникальные свойства наночастиц (2 ч.)	Познакомить учащихся с объектами нанохимии и уникальными свойствами наночастиц	Наносистемы. Классификация объектов нанохимии: наночастицы из атомов инертных газов, наночастицы металлов, нанотрубки, фуллерены, ионные кластеры, фрактальные кластеры, молекулярные кластеры. Примеры уникальных свойств некоторых наночастиц: серебро, оксид цинка, диоксид кремния. Химические нанореакторы: щелочные и щелочноземельные металлы, переходные элементы, элементы 8-й группы, подгруппа меди и цинка,	Урок 2. Основные объекты нанохимии, их строение и методы исследования Уникальные физические и химические свойства наночастиц	Лекция on-line
				Урок 3. Практическая работа № 1 "Получение наночастиц берлинской лазури" Практическая работа № 2 Использование ферментов в катализе (амилаза, гидролиз крамала). Получение наночастиц	

			подгруппа бора		
3	Наноматериалы и перспективы их применения (4 ч.)	Обобщить знания учащихся о наноразмерных материалах, познакомить учащихся с конкретными представителями и возможностям и применения наноматериалов	Факторы, определяющие уникальные свойства наноматериалов. Уникальные свойства наноматериалов. Нанопорошки. Аморфное состояние. Аморфно-нанокристаллическое состояние. Нанопористый углерод. Полимерные нанокомпозиты. Нанокомпозиты с сетчатой структурой. Слоистые нанокомпозиты. Нанокомпозиты, содержащие металл или полупроводник. Молекулярные нанокомпозиты. «Умные» наноматериалы. Биомиметическое наноматериалы (биомиметики). Ферромагнитная жидкость	Урок 4. Факторы, определяющие уникальные свойства наноматериалов. Нанопорошки, нанопористый углерод, нанокомпозиты	Лекция on-line
				Урок 5. Наноматериалы и перспективы их применения. «Умные» наноматериалы и принципы их действия. Биомиметики	Семинар on-line
				Урок 6. Практическая работа. №3 "Исследование свойств наноматериалов"	Практическая работа of-line
				Урок 7. Практическая работа. №4 "Исследование свойств наноматериалов"	Практическая работа of-line
4	Получение наночастиц (2 ч.)	Познакомить учащихся с основными методами получения и стабилизации наночастиц	Диспергационные и конденсационные методы. Стабилизатор наночастиц. Магические числа.	Урок 8. Инструменты нанотехнологий. Основные методы получения и стабилизации	Лекция on-line

			Электровзрывной метод получения наночастиц. Консервация наночастиц. Химический синтез наносистем. Особенности химических свойств наночастиц и нанокластеров. Химическое восстановление для получения наночастиц металлов в жидкой фазе. Реакции в дендримерах. Радиационно-химическое восстановление. Фотохимический синтез. «Золь-гель» метод. Методы получения наночастиц металла	наноструктур. Химические методы получения наноструктур.	
				Урок 9. Практическая работа. № 5 "Получение ферромагнитной жидкости."	Практическая работа of-line
5	Особая роль углерода в наномире (2 ч.)	Познакомить учащихся с новыми формами (аллотропными модификациями) существования углерода и их особой ролью в наномире	Фуллерены. Молекулы фуллеренов C₆₀ и C₇₀. Галогенирование фуллеренов. Свойства хлорпроизводных фуллерена. Оксиды фуллерена. Фуллерены с внедренными частицами металлов. Фуллериты и их свойства. Углеродные нанотрубки, графен, получение углеродных наноструктур, электродуговое распыление	Урок 10. Фуллерен, графен, углеродные нанотрубки. Получение углеродных наноструктур и их химические свойства	Лекция on-line
				Урок 11. Практическая работа № 6 "Изучение свойств наноматериалов на основе углерода"	Практическая работа of-line

			графита, лазерное испарение графита, метод химического осаждения из пара (каталитическое разложение углеводородов), радиочастотное плазмохимическое осаждение из газовой фазы и рост при высоком давлении и температуре		
6	Медицинская и экологическая нанохимия (2 ч.)	Познакомить учащихся с достижениями и перспективами развития нанохимии в медицине, фармацевтике, экологии	Квантовые точки и их роль в диагностике. Сенсоры пероксида водорода. Сенсоры pH. Экспресс-анализаторы. Роль нанокапсул и наносфер в терапии рака, гепатита, ВИЧ. Биологическая усвояемость. Кримохимические технологии в наномедицине. Наночастицы благородных металлов. Нанокристаллические оксиды. Нанотехнологии и в борьбе с онкологическим и заболеваниями. Фильтрующие мембраны, нанополотенца и др. Создание наночастиц в биологических тканях, однослойные углеродные	Урок 12. Роль нанохимии в ранней диагностике и лечении заболеваний Нанотехнологии и в борьбе за здоровье человека	Семинар on-line
				Урок 13. Роль нанотехнологий в защите окружающей среды. Практическая работа № 7 "Сбор нефтепродукта"	Семинар Практическая работа of-line

			нанотрубки с адсорбированными антителами. Иммунонаносферы для избирательной фототермической терапии и наносферы для комбинированной терапии рака и обнаружения опухолей. Лечение рака груди с помощью комбинации люлиберина, цитотоксического белка и наночастиц оксида железа. Опухоль-ориентированные системы доставки. Лечение раковых метастазов, фуллереновые нанополлимерики в терапии рака. Нанохимические технологии и охрана окружающей среды		
7	Нанохимия и нанобиотехнологии (1 ч.)	Познакомить учащихся с новой отраслью науки – нанобиотехнологией	Направления развития нанобиотехнологии. «Сухие» и «мокрые» нанотехнологии. Получение искусственных наноструктур на основе биомолекул. Наномотор с небиологическими элементами. Генная инженерия. Рекомбинантная ДНК. Метод	Урок 1. Основные понятия, методы и достижения нанобиотехнологии. Методы нанохимии в генной инженерии. Роль нанобиотехнологий в жизни человека	Семинар on-line

			введения биоматериалов в живые клетки. Моделирование наноструктур с использованием молекул нуклеиновых кислот		
8	Решение задач (1ч)	Закрепить и углубить полученные знания через решение проблемных задач.		Практическое занятие по решению задач	on-line
9	Защита проектов (2ч.)	Закрепить и углубить полученные знания. Повысить личностную заинтересованность в проблеме нанотехнологий и нанохимии. Способствовать развитию умений поиска и обработки информации, представления полученных результатов, творческих способностей учащихся			of-line

Ресурсное обеспечение курса

Основная учебно-методическая литература

1. Ахметов М. А. Введение в нанотехнологии. Химия. Учебное пособие для учащихся 10-11 классов средних общеобразовательных учреждений. – СПб: образовательный центр «Участие», Образовательные проекты, 2012. – 108 с. (серия «Наношкола»).
2. Введение в нанотехнологии. Модуль "Химия". Элективный курс: Учебное пособие для 10-11 классов средней общеобразовательной школы/ под общ.ред. Л.К.Каменек.-Ульяновск: УлГУ, 2008.-128 с.
3. Сергеев, Г. Б. Нанохимия / Г. Б. Сергеев. – М. : Изд-во МГУ, 2007. – 336 с.

Дополнительная литература

1. Алфимова М. М. Занимательные нанотехнологии / М. М. Алфимова. – М.: БИНОМ, 2011. – 96 с.
2. Богданов К. Ю. Что могут нанотехнологии / К. Ю. Богданов. – М., Просвещение, 2009. – 96 с.

3. Ерёмин В. В. Нанохимия и нанотехнология. 10-11 классы. Профильное обучение: учебное пособие / В.В. Ерёмин, А. А. Дроздов. – М.: Дрофа, 2009. – 109 с. – 4 л. цв. вкл. (Элективные курсы).
4. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех. Большое в малом / Ма-рия Рыбалкина. – Nanonews.net.ru, 2005. – 444 с.
5. Кирпичников М. П. «О развитии нанобиотехнологии» / М. П. Кирпичников. Андриевский, Р.А. Рагуля, А.В. Наноструктурные материалы. – М.: Академия, 2005.
6. Нанотехнология в ближайшем десятилетии / Под ред. М.К. Роко. – М.: 2002.
7. Петров, Ю.И. Кластеры и малые частицы. – М.: Наука. – 1986.
8. Помогайло, А.Д., Розенберг, А.С., Уфлянд, И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. – М.: Химия. 2000. – 627 с.
9. Пул, Ч., Оуэнс, Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2004.
10. Раков, Э.Г. Нанотрубки и фуллерены: Учебное пособие. - М.: ИД Интеллект, 2008.
11. Рамбиди, Н.Г. Полимеры – молекулы и наноструктуры. - М.: ИД Интеллект, 2-3 квартал, 2008.
12. Рыбалкина, М. Нанотехнологии для всех – М.: Nanotechnology News Network, 2005. - 444 с.
13. Суздаев, И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов - М.: КомКнига, 2006. - 590 с.
14. Фохльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии - М.: ИД Интеллект, 2-3 квартал, 2008.
15. Харрис, П. Углеродные нанотрубки и родственные структуры. Новые материалы XXI века. – М.: Техносфера, 2005.
16. Шабанова, Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов: учеб. пособие для вузов / Н.А. Шабанова, В.В. Попов, П.Д. Саркисов - М.: #Академкнига, 2006. - 309 с.

Интернет ресурсы

1. <http://www.nanoindustries.com>
2. <http://www.nanometer.ru>
3. <http://www.nanotechweb.org>
4. <http://www.nature.com>
5. <http://www.newchemistry.ru>
6. <http://www.polit.ru>
7. <http://www.sciam.ru>
8. <http://www.vjnano.org>

Перечень основных профессиональных и реферативных журналов по профилю дисциплины:

1. «Успехи химии».
2. «Прикладная химия».
3. «Российский химический журнал» (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева).
4. «Неорганические материалы».

Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Обучение дисциплине подразумевает использование стандартного лабораторного оборудования и оснащенного мультимедийным оборудованием учебного класса.
2. Источник: Образовательный ресурс по нанотехнологиям

