

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Основы нанохимии и нанотехнологий Б1.В.ДВ.5

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Химия элементоорганических соединений

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Стойков И.И.

**Рецензент(ы):**

Казымова М.А.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Антипин И. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 777317

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Стойков И.И. Кафедра органической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Ivan.Stoikov@mail.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Основы нанохимии и нанотехнологии" является подготовка к научно-исследовательской и педагогической деятельности, связанной с решением задач, стоящих перед современной цивилизацией при проведении исследований в области нанохимии и нанотехнологии. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления о современных концепциях нанохимии и нанотехнологии. Кроме того, при освоении дисциплины студенты получают обзорные знания о перспективах развития нанохимии и нанотехнологии в области материаловедения, тонкого органического синтеза и наноструктурированных материалов.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2, 3 курсах, 4, 5 семестры.

Данная дисциплина включена в вариативную часть блока дисциплин Б1 как курс по выбору. Осваивается на третьем курсе (5 семестр).

Она базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов базовой части цикла БЗ 'Неорганическая химия' (ионные равновесия в растворе, окислительно-восстановительные реакции) и 'Органическая химия' (классификация органических соединений). Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение дисциплин 'Супрамолекулярная химия', 'Химия каликсаренов' и 'Электронная и пространственная структура органических соединений', других курсов по выбору вариативной части профиля 'Органическая химия'.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

предмет нанохимии и нанотехнологии, основные виды нанообъектов и наноматериалов, приборы и устройства, разрабатываемые на основе наноматериалов, принцип размерного квантования и условия наблюдения квантово-размерных явлений, физические и химические системы пониженной размерности, особенности энергетического спектра и переноса частиц в многослойных структурах с резкими потенциальными границами, основные научно-технические проблемы нанотехнологии и перспективы развития данной фундаментальной области знаний.

2. должен уметь:

прогнозировать устойчивость и физико-химические свойства нанообъектов и наноматериалов;

ориентироваться в современной литературе и вести дискуссию по нанохимии и нанотехнологии;

самостоятельно ставить задачи по созданию или практическому применению нанообъектов и наноматериалов для решения конкретных задач нанотехнологии;

ориентироваться в методах получения и исследования наноструктур: сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии;

3. должен владеть:

навыками творческого обобщения полученных знаний, конкретного и объективного изложения своих знаний в письменной и устной форме, фундаментальными знаниями о специфике поведения вещества в нанометровом размерном диапазоне, понимать механизм возникновения размерных физических и химических эффектов.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 4 семестре; зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в нанохимию и нанотехнологию.	4	1	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Основные понятия нанохимии и нанотехнологии.	4	2	2	0	0	
3.	Тема 3. История развития нанотехнологий.	4	3	2	0	0	
4.	Тема 4. Инструментарий нанотехнолога.	4	4	2	0	0	
5.	Тема 5. Супрамолекулярная химия и самосборка основные термины и понятия.	4	5	2	0	0	
6.	Тема 6. Будущее нанотехнологий: проблемы и перспективы.	4	6	2	0	0	
7.	Тема 7. Корпускулярно-волновая природа электромагнитного излучения и строение атома.	4	7	2	0	0	
8.	Тема 8. Квантовые размерные эффекты.	4	8	2	0	0	Контрольная работа
9.	Тема 9. Квантовые точки, проволоки и плоскости.	4	9	2	0	0	
10.	Тема 10. Объекты нанохимии. Классификации наночастиц.	5	1	2	0	0	
11.	Тема 11. Способы получения наночастиц.	5	2	2	0	0	
12.	Тема 12. Углеродные наноматериалы - получение, характеристика, свойства.	5	3	2	0	0	
13.	Тема 13. "Умные" наноматериалы.	5	4	2	0	0	
14.	Тема 14. Принципы функционирования полупроводниковой электроники. ДНК-компьютер.	5	5	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
15.	Тема 15. Нанообъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки.	5	6	2	0	0	
16.	Тема 16. Нанодиагностика. ДНК-чипы и биочипы.	5	7	2	0	0	
17.	Тема 17. Генная терапия и электропорация. Рекомбинантные ДНК.	5	8	2	0	0	Контрольная работа
18.	Тема 18. Нанотехнологии и биомиметика: подражая природе.	5	9	2	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Зачет
	Итого			36	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение в нанохимию и нанотехнологию.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Введение в нанотехнологию. Цели и задачи нанотехнологии. Физические и технологические проблемы и ограничения микроминиатюризации полупроводниковых устройств. Применение методов нанотехнологии для уменьшения размеров приборов. Перспективные наноматериалы и направления нанотехнологии. Визуализация и контроль результатов нанотехнологий - обязательное условие для их реализации и развития.

### Тема 2. Основные понятия нанохимии и нанотехнологии.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Основные понятия нанохимии и нанотехнологии. Электростатические эффекты, локальный тепловой нагрев, пластическая деформация, полевое испарение положительных и отрицательных ионов, пондеромоторный эффект, эффект электронного ветра.

### Тема 3. История развития нанотехнологий.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

История развития нанотехнологий. Наноструктурные элементы вещества. Наноструктурные элементы вещества: атомы, молекулы, фуллерены, нанотрубки, кластеры. Квантовые точки (КТ) - искусственные молекулы. Наноструктурные полимеры

### Тема 4. Инструментарий нанотехнолога.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Инструментарий нанотехнолога. Материалы на основе наноструктурных элементов. Нанокристаллы, нанотрубки, наностержни и их производные. Структурные элементы для наноматериалов более высокого порядка. Углеродные нанотрубки, технология изготовления, структура и свойства.

### Тема 5. Супрамолекулярная химия и самосборка основные термины и понятия.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Супрамолекулярная химия и самосборка - основные термины и понятия. Материалы электроники для нанотехнологий. Кремний и его модификации, в том числе, кремний на изоляторе, пористый кремний, нанокристаллы кремния в диоксиде кремния.

#### **Тема 6. Будущее нанотехнологий: проблемы и перспективы.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Будущее нанотехнологий: проблемы и перспективы. Гетероструктуры (ГС) и наиболее распространенные системы полупроводниковых материалов на основе твердых растворов АЗВ5. Тройные и четверные соединения на основе АЗВ5. Материалы на основе нитридов и их применение.

#### **Тема 7. Корпускулярно-волновая природа электромагнитного излучения и строение атома.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Корпускулярно-волновая природа электромагнитного излучения и строение атома. Субмикронные технологии. Уменьшение размеров элементов методами традиционной планарной технологии за счет разработки, создания и применения экстремальных ультрафиолетовых источников излучения со сверхкороткой длиной волны (13.5 нм) при процессах литографии.

#### **Тема 8. Квантовые размерные эффекты.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Квантовые размерные эффекты. Источники экстремального ультрафиолета. Лазерное излучение: взаимодействие с поверхностью и применение в НТ. Нанолитография. Электронная, ионная и рентгеновская литографии. Изготовление наноточек и нанопроволок литографическими методами.

#### **Тема 9. Квантовые точки, проволоки и плоскости.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Квантовые точки, проволоки и плоскости. Самоорганизация квантовых точек и нитей. Квантовые точки. Самоорганизованный рост по механизму Странски-Крастанова. Теория самоорганизованного роста квантовых точек. Системы полупроводниковых материалов для выращивания структур с КТ.

#### **Тема 10. Объекты нанохимии. Классификации наночастиц.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Объекты нанохимии. Классификации наночастиц. Нанопечатная литография. Изготовление штампов. Выбор резистов, полиметилметакрилат. Реактивное ионное травление.

#### **Тема 11. Способы получения наночастиц.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Способы получения наночастиц. Эпитаксиальные методы. Химическое осаждение из паровой фазы (CVD): его виды, основные закономерности и методика. Эпитаксия из металлоорганических соединений и летучих неорганических гидридов (MOCVD). Наиболее распространенные системы веществ - источников компонент полупроводниковых материалов и твердых растворов.

#### **Тема 12. Углеродные наноматериалы - получение, характеристика, свойства.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Углеродные наноматериалы - получение, характеристика, свойства. Самоорганизация нанотрубок. Преобразование планарных напряженных гетероструктур в трехмерные, имеющие радиальную симметрию (нанотрубки). Перспективы изготовления электронных приборов с применением нанотрубок.

#### **Тема 13. "Умные" наноматериалы.**

##### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Умные наноматериалы. Рост наноструктур на фасетированных плоскостях. Трехмерные массивы когерентно-напряженных островков. Массивы вертикально-связанных КТ.

#### **Тема 14. Принципы функционирования полупроводниковой электроники. ДНК-компьютер.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Принципы функционирования полупроводниковой электроники. ДНК-компьютер. Периодические структуры плоских доменов. Структуры с периодической модуляцией состава в эпитаксиальных пленках твердых растворов полупроводников. Полупроводниковые лазеры на основе гетероструктур с квантовыми точками

**Тема 15. Нанообъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Нанообъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки. Ионный синтез наноструктур на поверхности и в объеме полупроводников. Формирование нанокристаллов кремния и германия в диоксиде кремния и полимерных материалах при ионной бомбардировке. Процессы самоорганизации наноструктур при ионном синтезе. Анизотропное распыление поверхности полупроводниковых материалов при воздействии ионных пучков.

**Тема 16. Нанодиагностика. ДНК-чипы и биочипы.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Нанодиагностика. ДНК-чипы и биочипы. Литографически-индуцированная самосборка наноструктур. Понятие о литографически-индуцированной самосборке наноструктур. Кремниевые подложки, гомополимер, требования к маске.

**Тема 17. Генная терапия и электропорация. Рекомбинантные ДНК.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Генная терапия и электропорация. Рекомбинантные ДНК. Генная инженерия. Мутации. Рестрикция. Трансдукция. Обмен генетическим материалом.

**Тема 18. Нанотехнологии и биомиметика: подражая природе.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Нанотехнологии и биомиметика: подражая природе. Конструируя из белков. Поделки из молекул ДНК. РНК-наномшины. Вирусы.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
8.	Тема 8. Квантовые размерные эффекты.	4	8	подготовка к контрольной работе	18	контрольная работа
17.	Тема 17. Генная терапия и электропорация. Рекомбинантные ДНК.	5	8	подготовка к контрольной работе	18	контрольная работа
	Итого				36	

**5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Освоение дисциплины "Основы нанохимии и нанотехнологии" предполагает использование как традиционных (лекции с использованием методических материалов), так и инновационных образовательных технологий с использованием в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: компьютерные презентации лекций; видеоматериалами по предложенной тематике.

- интерактивный опрос по разделам 1-11;
- интерактивный опрос по разделам 12-15;
- круглый стол (case study) по разделу 2 "Основные понятия нанохимии и нанотехнологии;
- круглый стол (case study) по разделу 12 "Углеродные наноматериалы - получение, характеристика, свойства".



## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. Введение в нанохимию и нанотехнологию.**

**Тема 2. Основные понятия нанохимии и нанотехнологии.**

**Тема 3. История развития нанотехнологий.**

**Тема 4. Инструментарий нанотехнолога.**

**Тема 5. Супрамолекулярная химия и самосборка основные термины и понятия.**

**Тема 6. Будущее нанотехнологий: проблемы и перспективы.**

**Тема 7. Корпускулярно-волновая природа электромагнитного излучения и строение атома.**

**Тема 8. Квантовые размерные эффекты.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Введение в нанохимию и нанотехнологию. Основные понятия нанохимии и нанотехнологии. История развития нанотехнологий. Инструментарий нанотехнолога. Супрамолекулярная химия и самосборка ? основные термины и понятия. Будущее нанотехнологий: проблемы и перспективы. Корпускулярно-волновая природа электромагнитного излучения и строение атома.

**Тема 9. Квантовые точки, проволоки и плоскости.**

**Тема 10. Объекты нанохимии. Классификации наночастиц.**

**Тема 11. Способы получения наночастиц.**

**Тема 12. Углеродные наноматериалы - получение, характеристика, свойства.**

**Тема 13. "Умные" наноматериалы.**

**Тема 14. Принципы функционирования полупроводниковой электроники.**

**ДНК-компьютер.**

**Тема 15. Нанообъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки.**

**Тема 16. Нанодиагностика. ДНК-чипы и биочипы.**

**Тема 17. Генная терапия и электропорация. Рекомбинантные ДНК.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Квантовые размерные эффекты. Квантовые точки, проволоки и плоскости. Объекты нанохимии. Классификации наночастиц. Способы получения наночастиц. Углеродные наноматериалы - получение, характеристика, свойства. ?Умные? наноматериалы. Принципы функционирования полупроводниковой электроники. ДНК-компьютер. Нанообъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки. Нанодиагностика. ДНК-чипы и биочипы.

**Тема 18. Нанотехнологии и биомиметика: подражая природе.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы для подготовки к зачету

Базовые термины и понятия. Основные классы наноразмерных систем

1. Дайте определения терминов: наночастица, наносистема, нанокомпозит, нанонаука, нанотехнология.

2. Классификация наноразмерных систем.

3. Квантовые наноструктуры с размерностью 0D-, 1D-, 2D-. Возможно ли получение структур с дробной размерностью:  $1 < D < 2$  или  $2 < D < 3$ ? Приведите примеры.

4. К каким типам наноразмерных систем следует отнести фуллериты, нанопористый кремний и стекла, содержащие небольшое количество диспергированных наноразмерных частиц металла?
5. Можно ли и на основании каких критериев молекулу ДНК рассматривать как нанообъект?
6. Типы композиционных наноматериалов. Костная ткань как биологический нанокомпозит.

#### Синтез наноматериалов

1. Основные технологические подходы, используемые для получения наноразмерных структур. Почему используют именно эти подходы?
2. Диспергационные и конденсационные методы синтеза нанопорошков и консолидированных наноматериалов.
3. Для получения каких наноматериалов используется метод интенсивной пластической деформации?
4. Способы получения нанопорошка, состоящего из частиц, примерно одинаковых по размеру.
5. Методы синтеза углеродных нанотрубок.
6. Сущность темплатного синтеза нановеществ.

#### Методы исследования наноразмерных систем

1. Прибор, позволяющий не только исследовать наносистемы, но и создавать их, манипулируя отдельными атомами. Принцип его работы.
2. Информация о нановеществе, получаемая с помощью метода рентгеновской дифракции.
3. Методы исследования механических свойств наноматериалов.
4. Возможности и ограничения спектроскопических методов исследования наноструктурированных объектов.
5. Сущность метода газовой адсорбции. Насколько точную информацию о размерах частиц нанопорошка позволяет получить данный метод?
6. Задача: С использованием газовой адсорбции установили, что 5 г. порошка сложного оксида  $Ba_4Ca_2Nb_2O_{11}$  сорбирует при н.у. 0.0208 г аргона. Рассчитайте площадь удельной поверхности порошка, если известно, что 1 см<sup>3</sup> Ar, адсорбированный в виде монослоя, при н.у. занимает площадь 4.73 м<sup>2</sup>. Оцените размер частиц порошка, предполагая, что частицы имеют шарообразную форму, а плотность вещества составляет 5.437 г/см<sup>3</sup>.

#### Физико-химия наноструктурированных материалов

1. Почему для объяснения особых свойств вещества в наноразмерном состоянии мы вспоминаем о свойствах поверхности? Чем поверхность отличается от объема вещества?
2. Поверхностная энергия. Методы определения поверхностных энергий твердых тел.
3. Отличие истинных и тривиальных размерных эффектов.
4. Известно, что объемный образец сульфида кадмия CdS при нормальных условиях имеет структуру сфалерита, однако при получении его в наноразмерной форме стабилизируется структура типа NaCl. Каким образом можно это объяснить?
5. Как можно объяснить тот факт, что для наночастиц золота при изменении диаметра от 20 до 2 нанометров температура плавления понижается более чем в два раза?
6. Условия, необходимые для самоорганизации наноразмерных структур.

#### Основные проблемы нанохимии

1. Основные проблемы, которыми занимается наука нанохимия.
2. Влияние размера частиц на особенности химических свойств вещества и на реакционную способность.
3. Причины низкой устойчивости наноразмерных систем. Способы обеспечения их стабильности.
4. Сущность композитного эффекта в проводимости. Объяснение данного явления.
5. Дайте определение понятию "неавтономное межфазное соединение". На основании каких данных можно судить о его образовании?
6. Объяснение образования эвтектик с позиции представлений о наносистемах.

## Физические свойства нанобъектов

1. Особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии.
2. Изменение магнитных свойств вещества при переходе в наноразмерное состояние. Почему это происходит?

Нанотехнологии. Области использования и перспективы развития

1. Предмет наноэлектроники и нанофотоники. Перспективы дальнейшего развития данных областей знания.
2. Возможности использования наночастиц в каталитических процессах. Приведите примеры.
3. Наноматериалы какого класса называют "молекулярными ситами"? В каких технических процессах они могут быть использованы?
4. Использование нанотехнологии в различных областях медицины и возможные пути использования в будущем. Улучшение хирургического инструментария на основе нанотехнологий.
5. Использование нанотехнологии при создании топливных элементов. Приведите . примеры.
6. Области практического применения углеродных нанотрубок. Какие свойства данных материалов определяют возможность их использования?

### 7.1. Основная литература:

1. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс] - М.:Машиностроение, 2012. - 656 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5793)
2. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. - М.:Физматлит, 2009. - 456 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2291](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2291)
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. [Электронный ресурс] - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2009. - 416 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2173/](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2173/)

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Рамбиди Н.Г. Нанотехнология и молекулярные компьютеры. - М.:Физматлит, 2007. - 256 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2290](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2290)
2. Головин Ю.И. Наномир без формул [Электронный ресурс]. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаб.знаний, 2013. - 543 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/3136/page3/>
3. Стойков И.И., Евтюгин Г.А. Основы нанотехнологии и нанохимии: учебное пособие. Казань: Издательство Казанского (Приволжского) федерального университета. - 2010. - 237 с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Вся правда о нанотехнологиях и наноматериалах в России - <http://www.nanoware.ru/>  
Нанотехнологии Nanonewsnet - <http://www.nanonewsnet.ru>  
Нанотехнологии Нанотехнологическое сообщество-Нанометр - <http://www.nanometer.ru>  
Подробно о нанотехнологиях - Новости - <http://www.nano-technology.org>  
Российский электронный наножурнал (нанотехнологии и их применение) - <http://www.nanojournal.ru>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Основы нанохимии и нанотехнологий" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Химия элементоорганических соединений .

Автор(ы):

Стойков И.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Казымова М.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.