

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



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Функциональные наноматериалы и технологии их получения БЗ.ДВ.4

Направление подготовки: 020100.62 - Химия

Профиль подготовки: Физическая химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Верещагина Я.А.

**Рецензент(ы):**

Горбачук В.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Соломонов Б. Н.

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 73114

Казань

2014

## 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) Верещагина Я.А.  
Кафедра физической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова ,  
Jana.Vereschagina@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Функциональные наноматериалы и технологии их получения" являются раскрытие особенностей функциональных наноматериалов, включая их структуру, физические свойства, методы синтеза и исследования, ознакомление обучающихся с практическим применением функциональных наноматериалов и перспективами их использования.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.4 Профессиональный" основной образовательной программы 020100.62 Химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина "Функциональные наноматериалы и технологии их получения" относится к дисциплинам по выбору учебного цикла Б.3 "Профессиональные дисциплины" для профиля "Физическая химия". Нанотехнологии, ключевым элементом которых являются наноматериалы, стали в последнее время научным и государственным приоритетом нашей страны. Разработка, создание и практическое применение функциональных наноматериалов требует междисциплинарного подхода. Междисциплинарный характер дисциплины предполагает, что для ее успешного освоения студент должен знать фундаментальные основы математики, физики, биологии, химии (неорганическая, органическая, физическая, аналитическая), физической химии наноматериалов.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	понимает сущность и социальную значимость профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Знать структуру и свойства веществ в наносостоянии, способы получения и методы исследования наноструктур и наноматериалов, потенциальные возможности и риски использования наноструктурированных объектов

2. должен уметь:

Уметь самостоятельно классифицировать наноструктуры и наноматериалы, определять области применения наноматериалов, ориентироваться в современной литературе по физической химии нанокластеров, наноструктур и наноматериалов

3. должен владеть:

Знать структуру и свойства веществ в наносостоянии, способы получения и методы исследования наноструктур и наноматериалов, потенциальные возможности и риски использования наноструктурированных объектов

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Уметь самостоятельно классифицировать наноструктуры и наноматериалы, определять области применения наноматериалов, ориентироваться в современной литературе по физической химии нанокластеров, наноструктур и наноматериалов

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

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 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. Наноструктуры, наноматериалы и нанотехнологии. Основные понятия и термины	7	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Классификация нанообъектов и наноструктур. Методы синтеза, структура, свойства, теоретические модели.	7	2	2	0	0	
3.	Тема 3. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Нанопроволоки и нановолокна.	7	2,3	4	0	0	
4.	Тема 4. Двумерные наноструктуры. Физические и химические методы осаждения пленок	7	3	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	
5.	Тема 5. Оптические и электронные свойства наносистем	7	4	2	0	0	коллоквиум
6.	Тема 6. Магнитные свойства наносистем	7	5	2	0	0	
7.	Тема 7. Механические свойства наносистем	7	6	2	0	0	
8.	Тема 8. Физические и химические методы синтеза наноматериалов	7	7,8	4	0	0	
9.	Тема 9. Процессы самоорганизации и самосборки в наносистемах. Движущие силы самоорганизации	7	9,10	4	0	0	
10.	Тема 10. Синтез наночастиц в нанореакторах	7	11	2	0	0	коллоквиум
11.	Тема 11. Методы литографии, особенности и сравнительные характеристики	7	12	2	0	0	
12.	Тема 12. Методы исследования наноматериалов	7	13	2	0	0	
13.	Тема 13. Области применения наноматериалов. Наномеханизмы и наноустройства	7	14,15	4	0	0	
14.	Тема 14. Нанoeлектроника. Современные транзисторы. Молекулярная электроника	7	16,17	4	0	0	
15.	Тема 15. Наноматериалы для бионанотехнологии, медицины. Нанofармакология и нанoleкарства. Безопасность и риски использования веществ в нанодисперсном состоянии	7	18,19	4	0	0	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	зачет
	Итого			42	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Наноструктуры, наноматериалы и нанотехнологии. Основные понятия и термины

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

Наноструктуры, наноматериалы и нанотехнологии. История и предпосылки возникновения, этапы развития нанотехнологий. Основные понятия и термины нанонауки и нанотехнологии.

### Тема 2. Классификация нанообъектов и наноструктур. Методы синтеза, структура, свойства, теоретические модели.

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

Классификация нанообъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры. Методы синтеза, структура, свойства и теоретические модели кластеров. Классификация наноструктур: нуль-, одно-, дву- и трехмерные наноструктуры. Классификация методов синтеза нанообъектов и наноструктур.

### Тема 3. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Нанопроволоки и нановолокна.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки: история открытия, структура, механизмы роста. Методы синтеза углеродных нанотрубок: термическое распыление, лазерное распыление, крекинг углеводородов, электрохимический метод. Взаимосвязь структуры и физических свойств углеродных нанотрубок, интеркалированные нанотрубки. Неорганические тубулярные структуры. Нанопроволоки и нановолокна.

### Тема 4. Двумерные наноструктуры. Физические и химические методы осаждения пленок

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

Двумерные наноструктуры. Тонкие пленки: осаждение из газовой фазы, механизмы роста пленок. Физические методы осаждения пленок: молекулярно-лучевая эпитаксия, импульсное лазерное осаждение, распылительное осаждение. Методы химического осаждения пленок: химическое осаждение из газовой фазы, послойное осаждение, химическое осаждение из растворов, пленки Ленгмюра-Блоджетт.

### Тема 5. Оптические и электронные свойства наносистем

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

Свойства веществ в нанокристаллическом состоянии. Оптические и электронные свойства наносистем. Наночастицы металлов, плазмонный резонанс. Полупроводниковые наночастицы, квантоворазмерный эффект. Зонная структура. Поверхность нанокристаллов, дефекты координации и барьерное ограничение. Фотонные кристаллы: размерность, основы теории, методы формирования, природные и синтетические опалы, материалы на основе фотонных кристаллов.

### Тема 6. Магнитные свойства наносистем

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

Магнитные свойства наносистем. Структура ферромагнетиков. Суперпарамагнетизм. Магнитная анизотропия. Анизотропия формы. Анизотропия механического напряжения. Обменная анизотропия. Магнитные моменты. Магнитные наноматериалы.

### Тема 7. Механические свойства наносистем



**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Механические свойства наносистем. Закон Холла-Петча. Дефекты в наноструктурированных материалах. Упругие свойства. Моделирование зерен и межзеренных границ. Нанокompозиты, армирование. Механические свойства углеродных нанотрубок.

**Тема 8. Физические и химические методы синтеза наноматериалов**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Классификация методов синтеза наноматериалов, синтетические подходы "снизу вверх" и "сверху вниз". Физические методы синтеза: газофазный синтез, механосинтез, детонационный синтез и электровзрыв. Химические методы синтеза: золь-гель метод; гидро- и сольвотермальный синтез; коллоидные нанореакторы. Типы коллоидных нанореакторов - мицеллы, микроэмульсии, миниэмульсии, блок-сополимеры, моно- и мультислои. Контроль морфологии наноструктур. Методы разделения наночастиц по размеру.

**Тема 9. Процессы самоорганизации и самосборки в наносистемах. Движущие силы самоорганизации**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Процессы самоорганизации и самосборки в наносистемах. Сверхкластеры. Движущие силы самоорганизации. Консервативная (равновесная) самоорганизация. Диссипативная (неравновесная) самоорганизация: механизм возникновения, ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского. Принцип Кюри, теория Онсагера, теорема Глансдорфа-Пригожина.

**Тема 10. Синтез наночастиц в нанореакторах**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Синтез наночастиц в упорядоченных матрицах. Нульмерные нанореакторы - цеолиты, их свойства. Одномерные нанореакторы: мезопористые молекулярные сита на основе диоксида кремния, пористый оксид алюминия, их использование для синтеза нанокompозитов и наноматериалов. Двумерные нанореакторы: слоистые гидроксиды.

**Тема 11. Методы литографии, особенности и сравнительные характеристики**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Нанолитография. Классификация методов литографии. Оптическая литография: используемое излучение, контроль освещенности, маски, материалы оптических систем. Электронно-лучевая литография, ионно-лучевая, безмасочная, печатная литография, особенности и сравнительные характеристики.

**Тема 12. Методы исследования наноматериалов**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Методы исследования наноматериалов. Сканирующая зондовая микроскопия: сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия. Автоионная микроскопия. Методы и возможности электронной микроскопии. Спектроскопические методы: радиоспектроскопия, микроволновая спектроскопия, ядерный магнитный и электронный парамагнитный резонанс, ИК и КР спектроскопия, рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопия, Мессбауэровская спектроскопия. Дифракционные методы: дифракция электронов, рентгенография

**Тема 13. Области применения наноматериалов. Наномеханизмы и наноустройства**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Применение функциональных наноматериалов. Области применения наноматериалов: инженерия, электроника, оптика, катализ, материаловедение, трибология, фармакология, медицина, молекулярный дизайн. Наномеханизмы и наноустройства. Микро- и наноэлектромеханические системы. Микро- и нанотрибология. Наномеханика. Устройства для преобразования энергии: электростатические, магнитные, пьезоэлектрические, тепловые, гидравлические, сенсорные актюаторы, конструкция и особенности. Молекулярные актюаторы: молекулярные моторы - природные биологические наномашинны, ротаксаны и катенаны, нанолифт, устройства на основе алкенов.

**Тема 14. Наноэлектроника. Современные транзисторы. Молекулярная электроника**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Наноэлектроника. Современные транзисторы: кантовые эффекты, дефекты и ошибки, транзисторы на основе углеродных нанотрубок. Квантовые компьютеры: принципы и алгоритмы, материалы для изготовления. Молекулярная электроника, примеры устройств. Магнитные носители информации.

### **Тема 15. Наноматериалы для бионанотехнологии, медицины. Нанофармакология и нанолечения. Безопасность и риски использования веществ в нанодисперсном состоянии**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Материалы для бионанотехнологии. Конструкционные наноматериалы для медицины. Нанофармакология и нанолечения. Синтез, биоконъюгация и биосовместимость наночастиц. Магнитные наноматериалы в медицине. Нанокапсулы. Нанолечения. Диагностические наносистемы. Нанoinструменты для микробиологии и медицины. Безопасность и риски использования веществ в нанодисперсном состоянии.

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

<b>N</b>	<b>Раздел Дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
5.	Тема 5. Оптические и электронные свойства наносистем	7	4	подготовка к коллоквиуму	10	коллоквиум
10.	Тема 10. Синтез наночастиц в нанореакторах	7	11	подготовка к коллоквиуму	10	коллоквиум
15.	Тема 15. Наноматериалы для бионанотехнологии, медицины. Нанофармакология и нанолечения. Безопасность и риски использования веществ в нанодисперсном состоянии	7	18,19	подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
	Итого				30	

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

При изучении дисциплины "Функциональные наноматериалы и технологии их получения" предусматривается разбор конкретных ситуаций, основанных на практических примерах; использование компьютерных презентаций лекционного материала.

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

**Тема 1. Наноструктуры, наноматериалы и нанотехнологии. Основные понятия и термины**

**Тема 2. Классификация нанообъектов и наноструктур. Методы синтеза, структура, свойства, теоретические модели.**

**Тема 3. Тубулярные наноструктуры. Углеродные нанотрубки. Нанопроволоки и нановолокна.**



#### **Тема 4. Двумерные наноструктуры. Физические и химические методы осаждения пленок**

#### **Тема 5. Оптические и электронные свойства наносистем**

коллоквиум , примерные вопросы:

Коллоквиум по темам: 1. Двумерные наноструктуры. Тонкие пленки: осаждение из газовой фазы, механизмы роста пленок. 2. Пленки Ленгмюра-Блоджетт.

#### **Тема 6. Магнитные свойства наносистем**

#### **Тема 7. Механические свойства наносистем**

#### **Тема 8. Физические и химические методы синтеза наноматериалов**

#### **Тема 9. Процессы самоорганизации и самосборки в наносистемах. Движущие силы самоорганизации**

#### **Тема 10. Синтез наночастиц в нанореакторах**

коллоквиум , примерные вопросы:

Коллоквиум по темам: 1. Типы коллоидных нанореакторов - мицеллы, микроэмульсии, миниэмульсии, 2. Типы коллоидных нанореакторов - блок-сополимеры, моно- и мультислои.

#### **Тема 11. Методы литографии, особенности и сравнительные характеристики**

#### **Тема 12. Методы исследования наноматериалов**

#### **Тема 13. Области применения наноматериалов. Наномеханизмы и наноустройства**

#### **Тема 14. Нанозлектроника. Современные транзисторы. Молекулярная электроника**

#### **Тема 15. Наноматериалы для бионанотехнологии, медицины. Нанофармакология и нанолечения. Безопасность и риски использования веществ в нанодисперсном состоянии**

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе: 1. Методы исследования наноматериалов. Сканирующая зондовая микроскопия: сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия. 2. Методы исследования наноматериалов. Спектроскопические методы: радиоспектроскопия, микроволновая спектроскопия, ядерный магнитный и электронный парамагнитный резонанс. 3. Методы исследования наноматериалов. ИК и КР спектроскопия, рентгеновская и фотоэлектронная спектроскопия, Мессбауэровская спектроскопия. 4. Методы исследования наноматериалов. Дифракционные методы: дифракция электронов, рентгенография. 5. Безопасность и риски использования веществ в нанодисперсном состоянии.

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Самостоятельная работа студентов (СРС) включает следующие виды:

- изучение теоретического лекционного материала;
- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература).

Вопросы к зачету:

1. Наноструктуры, наноматериалы и нанотехнологии. Основные понятия и термины.
2. Классификация и типы наноструктур.
3. Тубулярные наноструктуры. Методы получения, свойства.
4. Углеродные нанотрубки. Методы синтеза. Взаимосвязь структуры и свойств.
5. Двумерные наноструктуры. Физические и химические методы осаждения.
6. Оптические и электронные свойства наночастиц. Наночастицы металлов.
7. Магнитные свойства наночастиц. Магнитные наноматериалы.
8. Механические свойства наносистем. Наноконпозиты.
9. Методы синтеза наноструктур и наноматериалов.
10. Физические методы синтеза наноструктур.
11. Химические методы синтеза наноструктур.

12. Процессы самоорганизации и самосборки в наносистемах.
13. Движущие силы самоорганизации. Консервативная и диссипативная самоорганизация.
14. Синтез наночастиц в нанореакторах.
15. Методы нанолитографии, особенности и сравнительные характеристики.
16. Методы исследования наноматериалов. Дифракционные методы.
17. Методы исследования наноматериалов. Методы микроскопии.
18. Методы исследования наноматериалов. Методы спектроскопии.
19. Области применения наноматериалов. Примеры использования.
20. Наномеханизмы и наноустройства.
21. Микро- и наноэлектромеханические системы. Микро- и нанотрибология.
22. Наноустройства для преобразования энергии. Типы актюаторов.
23. Наноэлектроника. Современные транзисторы.
24. Молекулярная электроника, примеры устройств.
25. Материалы для бионанотехнологии.
26. Наноматериалы и наноинструменты для медицины.
27. Безопасность и риски использования веществ в нанодисперсном состоянии.
28. Перспективы и проблемы развития нанотехнологий.

Билеты к зачету:

Билет 1

1. Тубулярные наноструктуры. Методы получения, свойства.
2. Методы исследования наноматериалов. Дифракционные методы.

Билет 2

1. Магнитные свойства наночастиц. Магнитные наноматериалы.
2. Процессы самоорганизации и самосборки в наносистемах.

Билет 3

1. Наноструктуры, наноматериалы и нанотехнологии. Основные понятия и термины.
2. Методы нанолитографии, особенности и сравнительные характеристики.

Билет 4

1. Оптические и электронные свойства наночастиц. Наночастицы металлов.
2. Перспективы и проблемы развития нанотехнологий.

Билет 5

1. Методы исследования наноматериалов. Методы микроскопии.
2. Механические свойства наносистем. Нанокompозиты.

Билет 6

1. Классификация и типы наноструктур.
2. Микро- и наноэлектромеханические системы. Микро- и нанотрибология.

Билет 7

1. Методы синтеза наноструктур и наноматериалов.
2. Безопасность и риски использования веществ в нанодисперсном состоянии.

Билет 8

1. Физические методы синтеза наноструктур.
2. Материалы для бионанотехнологии.

Билет 9

1. Химические методы синтеза наноструктур.
2. Наноустройства для преобразования энергии. Типы актюаторов.

Билет 10

1. Углеродные нанотрубки. Методы синтеза. Взаимосвязь структуры и свойств.

## 2. Области применения наноматериалов. Примеры использования.

### Билет 11

1. Наноматериалы и наноинструменты для медицины.
2. Синтез наночастиц в нанореакторах.

### Билет 12

1. Движущие силы самоорганизации. Консервативная и диссипативная самоорганизация.
2. Молекулярная электроника, примеры устройств.

### Билет 13

1. Двумерные наноструктуры. Физические и химические методы осаждения.
2. Нанoeлектроника. Современные транзисторы.

### Билет 14

1. Наномеханизмы и наноустройства.
2. Методы исследования наноматериалов. Методы спектроскопии.

## 7.1. Основная литература:

1. Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы: учебное пособие для студентов / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин; под ред. акад. Ю.Д. Третьякова. Москва: Физматлит, 2010. 452 с.
2. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. Москва: Физматлит, 2009. 456 с.
3. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс]. - М.: Машиностроение, 2012. - 656 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793)

4. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. Издание 2-е, исправленное. Москва: Физматлит, 2009. 416 с.

5. 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\\_cid=25&pl1\\_id=2173](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2173)

6. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. [Электронный ресурс]. - М.: Физматлит, 2009. - 456 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2291](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2291)

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию М.: Бином, - 2007.
2. Суздаев И.П. Физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2013.
3. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: Книжный Дом Университет, 2009.
4. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2007.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

ACS Nano - <http://pubs.acs.org/journal/ancac3>

<http://thesaurus.rusnano.com> - <http://thesaurus.rusnano.com>

<http://www.rusnano.com> - <http://www.rusnano.com>

Nature Nanotechnology Journal - <http://www.nature.com/nnano/index.html>

United Nations Environment Program [Электронный ресурс] - <http://www.unep.org>

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

Освоение дисциплины "Функциональные наноматериалы и технологии их получения" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Персональный компьютер и проектор для демонстрации иллюстративного материала по всем разделам дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020100.62 "Химия" и профилю подготовки Физическая химия .

Автор(ы):

Верещагина Я.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Горбачук В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.