

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химический институт им. А.М. Бутлерова

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной деятельности КФУ  
Проф. Д.К. Мургалиев

" \_\_\_\_\_ 2014 г.



**Программа дисциплины**

**Б1.В.ДВ.2.1 Нанохимия**

Направление подготовки 04.06.01 – Химические науки

Профиль подготовки: 02.00.03 – Органическая химия

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная

Язык обучения: русский

Казань 2014

## **1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ**

Курс посвящен приобретению профессиональных знаний в области нанохимии и нанотехнологий, подготовке к научно-исследовательской и педагогической деятельности, связанной с использованием методов нанотехнологий, ознакомление с химическими основами систем пониженной размерности, с особенностями энергетического спектра и переноса частиц в многослойных структурах с резкими потенциальными границами, с основными методами получения и исследования наноструктур. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления о современных проблемах в области нанохимии, сформирован комплекс фундаментальных представлений, составляющих основу наиболее востребованных в настоящее время дисциплин – нанохимии и нанотехнологии, сформировано понимание общих и наиболее важных закономерностей наноразмерных систем.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Данная дисциплина "Нанохимия" (шифр ОД.А.08) относится к дисциплинам основной образовательной программы аспирантов Химического института им. А.М.Бутлерова. Содержание курса входит в необходимый минимум профессиональных знаний аспирантов, обучающихся по специальности 02.00.03 - органическая химия. Полученные при освоении дисциплины знания и умения формируют навыки, необходимые для выполнения диссертационной работы по специальности "Органическая химия".

Осваивается на 2 курсе (4 семестр).

Для успешного освоения данной дисциплины нужно освоение в качестве предшествующих следующих дисциплин: «Общая химия», «Неорганическая химия», «Физика», «Физическая химия», «Органическая химия», «Коллоидная химия», «Химическая технология».

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен

знать:

основные виды нанообъектов и наноматериалов, уметь прогнозировать их устойчивость и физико-химические свойства; иметь представления о приборах и устройствах, разрабатываемых на основе наноматериалов;

уметь:

- критически анализировать и проводить оценку современных научных достижений в области нанохимии и нанотехнологий;
- ориентироваться в методах получения и исследования наноструктур: сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии;

владеть:

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области нанохимии;
- теоретическими знаниями о принципе размерного квантования и условиях наблюдения квантово-размерных явлений; фундаментальными знаниями о специфике поведения вещества в нанометровом размерном диапазоне; понимать механизм возникновения размерных физических и химических эффектов;

демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания на практике, использовать основные законы нано химии в профессиональной деятельности, понимать основные научно-технические проблемы нанотехнологии и перспективы развития данной фундаментальной области знаний;

- организовать работу исследовательского коллектива в сфере органической химии по проблеме нанохимии и нанотехнологий;  
применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК-1	умением применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных
ПК-3	владением методами планирования, регистрации и обработки результатов химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет/экзамен в 4 семестре.

	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия</b>	<b>Лабораторные работы</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1.	Тема 1. Введение в нанохимию и нанотехнологию.	4	2	2		2
2.	Тема 2. Основные понятия нанохимии и нанотехнологии.	4	2	2		2
3.	Тема 3. История развития нанотехнологий.	4	2	2		2
4.	Тема 4. Инструментарий нанотехнолога.	4	2	2		2

5.	Тема 5. Супрамолекулярная химия и самосборка основные термины и понятия.	4	2	2		2
6.	Тема 6. Будущее нанотехнологий: проблемы и перспективы.	4	2	2		2
7.	Тема 7. Корпускулярно-волновая природа электромагнитного излучения и строение атома.	4	2	2		2
8.	Тема 8. Квантовые размерные эффекты.	4	2	2		2
9.	Тема 9. Квантовые точки, проволоки и плоскости.	4	2	2		2
10.	Тема 10. Объекты нанохимии. Классификации наночастиц.	4	2	2		2
11.	Тема 11. "Умные" наноматериалы.	4	2	2		2
12.	Тема 12. Принципы функционирования полупроводниковой электроники.	4	2	2		2
13.	Тема 13. ДНК-компьютер.	4	2	2		2
14.	Тема 14. Нанообъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки.	4	2	2		2
15.	Тема 15. Нанодиагностика.	4	2	2		2
16.	Тема 16. ДНК-чипы и биочипы.	4	2	2		2
17.	Тема 17. Генная терапия и электропорация. Рекомбинантные ДНК.	4	2	2		2
18.	Тема 18. Нанотехнологии и биомиметика: подражая природе.	4	2	2		2

## 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.

#### *практическое 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, полевого испарение положительных и отрицательных ионов, пондеромоторный эффект, эффект электронного ветра.

#### *практическое 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

#### ***практическое 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.

#### ***практическое 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.

#### ***практическое 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.

#### ***практическое 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.

***практическое 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.

***практическое 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.

***практическое 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.

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

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

**Тема 11. "Умные" наноматериалы.**

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

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

**Тема 12. Принципы функционирования полупроводниковой электроники.**

***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

**практическое 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 13. ДНК-компьютер.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Способность молекул ДНК кодировать информацию о строении белков с использованием ограниченного числа «букв». Первые примеры ДНК-вычислений.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Способность молекул ДНК кодировать информацию о строении белков с использованием ограниченного числа «букв». Первые примеры ДНК-вычислений.

### **Тема 14. 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.

**практическое 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 15. Нанодиагностика.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Повышение чувствительности традиционных средств диагностики. Наночастицы в составе иммуносенсоров. Лаборатория на чипе.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Повышение чувствительности традиционных средств диагностики. Наночастицы в составе иммуносенсоров. Лаборатория на чипе.

### **Тема 16. ДНК-чипы и биочипы.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Микрофлюидные системы. Полимеразная цепная реакция. Проведение полимеразной цепной реакции для получения фрагментов ДНК заданной последовательности олигонуклеотидов. Биочипы. Формирование центров связывания. Регистрация сигнала ДНК-чипов.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Микрофлюидные системы. Полимеразная цепная реакция. Проведение полимеразной цепной реакции для получения фрагментов ДНК заданной последовательности олигонуклеотидов. Биочипы. Формирование центров связывания. Регистрация сигнала ДНК-чипов.

### **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.

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

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

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

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

Конструкции из белков. «Поделки» из молекул ДНК. РНК-наномашины.

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

Конструкции из белков. «Поделки» из молекул ДНК. РНК-наномашины.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

На лекциях:

- компьютерные презентации лекций.

На семинарах:

круглый стол по теме 18 «Нанотехнологии и биомиметика: подражая природе».

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА АСПИРАНТОВ (СРА) включает следующие виды работ:

- изучение теоретического лекционного материала, подготовка к опросу по материалам лекций;
- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература);
- проведение имитационного моделирования с использованием бесплатных версий программ в Интернет;
- подготовка к рассмотрению конкретных случаев (case study).
- поиск информации по интернет-ресурсам, знакомство с новыми публикациями по теме собственных научных исследований.

### **Вопросы к практическим занятиям**

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

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

1. Цели и задачи нанотехнологии.
2. Физические и технологические проблемы и ограничения микроминиатюризации полупроводниковых устройств.
3. Применение методов нанотехнологии для уменьшения размеров приборов.
4. Перспективные наноматериалы и направления нанотехнологии.
5. Визуализация и контроль результатов нанотехнологий - обязательное условие для их реализации и развития.

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

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

1. Основные понятия нанохимии и нанотехнологии.
2. Электростатические эффекты.
3. Локальный тепловой нагрев.
4. Пластическая деформация.



5. Полевое испарение положительных и отрицательных ионов.
6. Пондеромоторный эффект.
7. Эффект электронного ветра.

### **Тема 3. История развития нанотехнологий.**

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

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

### **Тема 4. Инструментарий нанотехнолога.**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Корпускулярно-волновая природа электромагнитного излучения и строение атома.
2. Субмикронные технологии.
3. 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.**

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

1. Квантовые размерные эффекты.
2. Источники экстремального ультрафиолета.
3. Лазерное излучение: взаимодействие с поверхностью и применение в НТ.
4. Нанолитография.

5. Электронная, ионная и рентгеновская литографии.
6. Изготовление наноточек и нанопроволок литографическими методами.

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

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

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

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

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

1. Объекты нанохимии.
2. Классификации наночастиц.
3. Нанопечатная литография.
4. Изготовление штампов.
5. Выбор резистов, полиметилметакрилат.
6. Реактивное ионное травление.

#### **Тема 11. "Умные" наноматериалы.**

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

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

#### **Тема 12. Принципы функционирования полупроводниковой электроники.**

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

1. Принципы функционирования полупроводниковой электроники.
2. Периодические структуры плоских доменов.
3. Структуры с периодической модуляцией состава в эпитаксиальных пленках твердых растворов полупроводников.
4. Полупроводниковые лазеры на основе гетероструктур с квантовыми точками

#### **Тема 13. ДНК-компьютер.**

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

1. Способность молекул ДНК кодировать информацию о строении белков с использованием ограниченного числа «букв».
2. Примеры ДНК-вычислений.

#### **Тема 14. Нанообъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки.**

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

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

**Тема 15. Нанодиагностика.****практическое занятие (2 часа(ов)):**

1. Повышение чувствительности традиционных средств диагностики.
2. Наночастицы в составе иммуносенсоров.
3. Лаборатория на чипе.

**Тема 16. ДНК-чипы и биочипы.****практическое занятие (2 часа(ов)):**

1. Микрофлюидные системы.
2. Полимеразная цепная реакция.
3. Проведение полимеразной цепной реакции для получения фрагментов ДНК заданной последовательности олигонуклеотидов.
4. Биочипы.
5. Формирование центров связывания.
6. Регистрация сигнала ДНК-чипов.

**Тема 17. Генная терапия и электропорация. Рекомбинантные ДНК.****практическое занятие (2 часа(ов)):**

1. Генная терапия и электропорация.
2. Рекомбинантные ДНК.
3. Генная инженерия.
4. Мутации.
5. Рестрикция.
6. Трансдукция.
7. Обмен генетическим материалом.

**Тема 18. Нанотехнологии и биомиметика: подражая природе.****практическое занятие (2 часа(ов)):**

1. Конструкции из белков.
2. «Поделки» из молекул ДНК.
3. РНК-наномашинны.

**7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ****7.1. Регламент дисциплины****ПРОТОКОЛ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАЛЛОВ**

по курсу «Нанохимия» для аспирантов 2 курса Химического института им. А.М. Бутлерова КФУ (4 семестр)

Виды занятий, количество часов и формы контроля для аспирантов 2 курса в 4 семестре:

Таблица 1.

№	Виды учебных занятий	Количество часов	Форма контроля
1	Всего часов по дисциплине	108	зачет
2	Самостоятельная работа	36	
3	Аудиторных занятий	36	

	В том числе: лекций	36	
	Семинарских (или лабораторно-практических)	36	

Количество баллов, выделенное на курс, – 100%.

Максимально возможная сумма баллов складывается из 50% за работу в семестре и 50% за зачет.

### Работа в семестре

Текущая работа в семестре проводится в соответствии с рабочим планом. Максимально возможная сумма баллов – 100%. Начисление баллов учитывает работу студента в аудитории – результаты текущего контроля (таблица 2).

Таблица 2.

№	Название темы	Баллы
1	Тесты текущего контроля 1. Методы исследования наноразмерных систем	50
2	Тесты текущего контроля 2. Физико-химия наноструктурированных материалов	50
	ИТОГО	100

### Сдача зачета

Зачет по курсу является итоговой оценкой по курсу. К зачету допускаются студенты, которые написали тесты текущего контроля и в итоге набрали не менее 25,5% (не менее 51 балла). Зачет проводится по темам, обозначенным в рабочей программе. Зачет проводится в письменной форме. Максимальное количество баллов, выделяемое за зачет, – 50%.

Каждый студент получает 5 вопросов.

Ответ на каждый вопрос оценивается максимум 20 баллами.

Критерии оценок следующие: - 100 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности.

- 90 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- 80 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- 70 баллов - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновать некоторые выводы.

- 60 баллов — студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- 50 баллов - в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- 40 баллов - ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- 20-30 баллов - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- 10 баллов - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- 0 баллов - нет ответа.

## 7.2. Оценочные средства текущего контроля

### Тестирование по темам 1-9.

Примеры тестовых заданий:

БИЛЕТ № 1-15.

Ваша цель - заполнить таблицу в конце листа. Для этого в пустые клетки таблицы против номера задачи впишите цифру (цифры), соответствующую(ие) правильному варианту(ам) ответа.

За каждый правильный ответ сумма Ваших баллов увеличивается, за каждый неправильный - уменьшается. Поэтому, если Вы не уверены в правильности ответа, лучше выбрать вариант "не знаю", за который не начисляются штрафные баллы.

1. Найдите фамилию основоположника теории нанотехнологии.
2. Какие типы размерных эффектов для наночастиц приведены в вариантах ответов.
3. Найдите фамилии ученых, создавших сканирующий туннельный микроскоп.
4. Какой объект имеет размер в диапазоне 1-100 нм.
5. Какая молекулярная машина, способная к саморепликации, может быть запрограммирована строить любую молекулярную структуру.

Варианты ответов:

1. Положительный. 2. Средний. 3. Декслер. 4. Внешний. 5. Минимальный. 6. Сверху - вниз. 7. Температура плавления повышается с увеличением размера наночастицы. 8. Наноструктура. 9. Температура плавления повышается с уменьшением размера наночастицы. 10. Оптимальный. 11. Монте-Карло. 12. Ассемблер. 13. Бинниг. 14. Фейман. 15. Рорер. 16. Максимальный. 17. Угрожающий. 18. Внутренний. 19. Снизу-вверх. 20. Оппенгеймер. 21. Мор. 22. Оптимистический. 23. Бор. 24. Гинли 25. Кокс.

БИЛЕТ № 1-15 ФАМИЛИЯ \_\_\_\_\_ ИМЯ \_\_\_\_\_ ГРУППА № \_\_\_\_\_

№ Задания	1	2	3	4	5
Ответ					

## Тестирование по темам 10-18.

Примеры тестовых заданий:

БИЛЕТ № 21-15\_2.

Ваша цель - заполнить таблицу в конце листа. Для этого в пустые клетки таблицы против номера задачи впишите цифру (цифры), соответствующую(ие) правильному варианту(ам) ответа.

За каждый правильный ответ сумма Ваших баллов увеличивается, за каждый неправильный - уменьшается. Поэтому, если Вы не уверены в правильности ответа, лучше выбрать вариант "не знаю", за который не начисляются штрафные баллы.

6. Какую форму элементарного углерода открыли в 60-годах?
7. Какое искривление плоскости шестиугольников формируют пятиугольники?
8. Сколько правильных шестиугольников в молекуле фуллерена  $C_{60}$ ?
9. Сколько сигналов содержит спектр ЯМР  $^1H$  фуллерена  $C_{60}$ ?
10. Какой фуллерен имеет размер 0.375 нм?

Варианты ответов:

1. Положительный. 2. Осава. 3. Алмаз 4. 3. 5. Минимальный. 6. Графит. 7.  $C_{60}$ . 8. Фуллерен. 9. Нанотрубки. 10. Бочвар. 11. Кротто. 12. 2. 13.  $30^\circ$  положительное. 14.  $C_{60}F_{44}$ . 15.  $C_{70}$ . 16.  $30^\circ$  отрицательное. 17.  $60^\circ$  отрицательное. 18.  $C_{60}F_{36}$ . 19. Карбин. 20. 0. 21. 20. 22.  $C_{20}$ . 23. 12. 24. 8. 25.  $C_{60}F_{60}$ .

БИЛЕТ № 21-15\_2 ФАМИЛИЯ \_\_\_\_\_ ИМЯ \_\_\_\_\_ ГРУППА № \_\_\_\_\_

№ Задания	1	2	3	4	5
Ответ					

## Темы рефератов

Супрамолекулярная химия и самосборка основные термины и понятия.

Будущее нанотехнологий: проблемы и перспективы.

Квантовые размерные эффекты.

Квантовые точки, проволоки и плоскости.

"Умные" наноматериалы.

## Письменное домашнее задание

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.

## 7.3. Вопросы к зачету

1. Основные классы наноразмерных систем (перечислить, охарактеризовать).
2. Нанотрубки и их свойства. Использование нанотрубок в качестве элементной базы микроэлектроники.
3. Углеродные наноструктуры. Фуллерен. История открытия, структура, возможности модифицирования, области применения.
4. Порошковые наноматериалы. Основные методы получения и направления практического использования.
5. Наноматериалы на основе блок-сополимеров. Возможности практического использования.
6. Супрамолекулярные структуры. Структуры с переходными металлами. Дендритные молекулы. Супрамолекулярные дендримеры. Возможности практического использования.
7. Наноструктурированные материалы. Основные методы получения и направления практического использования.
8. Биологические наноматериалы.
9. Пористые наноструктуры. Методы получения и возможности практического использования.
10. Квантовые точки, квантовые проволоки и квантовые колодцы. Основные принципы приготовления квантовых наноструктур.
11. Наноэлектроника как одно из направлений применения нанотехнологий.
12. Роль нанотехнологий в развитии фотоники.
13. Применение наноматериалов в медицине и биологии: хирургический и стоматологический инструментарий, диагностика, искусственные органы и ткани.
14. Применение наноструктур в химии и химической технологии. Катализ на наночастицах.
15. Газодиффузионное разделение газовых смесей с использованием пористых наноматериалов – «молекулярных сит».
16. Примеры конструкционных и инструментальных материалов, изготовленных с использованием нанотехнологий.
17. Нанокомпозитные материалы. Классификация нанокомпозитов (по химической природе матрицы, по форме и характеру наполнителей из наночастиц и др.).

18. Нанокompозиты. Общие методы получения нанокompозитов, возможности практического использования.
19. Наноэнергетика. Возможности использования нанотехнологий для создания топливных элементов и устройств для хранения энергии.
20. Нанoeлектромеханические системы: наномашини и наноприборы. Принципы изготовления, возможности применения.
21. Нанотехнология. Основные технологические принципы: «сверху–вниз» и «снизу–вверх». Механизмы самоорганизации.
22. Физические методы синтеза нанопорошков (метод электровзрыва, механическое и ультразвуковое диспергирование).

#### 7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	уметь критически анализировать и проводить оценку современных научных достижений в области нанохимии и нанотехнологий	Устный опрос (зачет, вопросы к зачету №16-19)
		владеть теоретическими знаниями о принципе размерного квантования и условиях наблюдения квантово-размерных явлений	Устный опрос (зачет, вопросы к зачету №10-12)
УК-2	способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	демонстрировать способность и готовность применять полученные знания на практике, использовать основные законы нанохимии в профессиональной деятельности, понимать основные научно-технические проблемы нанотехнологии и перспективы развития данной фундаментальной области знаний	Устный опрос (зачет, вопросы к зачету №2-4)
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских	знать основные виды нанобъектов и наноматериалов, уметь прогнозировать их	Устный опрос (зачет, вопросы к зачету №1, 19-20)



	коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	устойчивость и физико-химические свойства; иметь представления о приборах и устройствах, разрабатываемых на основе наноматериалов	
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	уметь ориентироваться в методах получения и исследования наноструктур: сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии	Устный опрос (зачет, вопросы к зачету №21-22)
		демонстрировать способность и готовность организовать работу исследовательского коллектива в сфере органической химии по проблеме нанохимии и нанотехнологий	Устный опрос (зачет, вопросы к зачету №5-6)
ПК-1	умением применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных	владеть фундаментальными знаниями о специфике поведения вещества в нанометровом размерном диапазоне; понимать механизм возникновения размерных физических и химических эффектов	Устный опрос (зачет, вопросы к зачету №13-15)
ПК-3	владением методами планирования, регистрации и обработки результатов химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области нанохимии	Устный опрос (зачет, вопросы к зачету №8, 9)

И т. д.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию курса. Непосредственно для подготовки к текущему контролю следует использовать краткий конспект лекций, который содержит

рекомендации по теории и материалу предшествующих учебных курсов, необходимых для усвоения нового материала. Ознакомление с ним рекомендуется непосредственно перед каждой лекцией для облегчения ее усвоения и запоминания нового материала. Фонды оценочных средств, включающие вопросы к самостоятельной работе студентов, тесты, билеты контрольной работы и зачета, включены в состав УММ дисциплины.

Рекомендуется просматривать конспект лекции сразу после занятий, отмечая материал и вопросы, вызвавшие затруднения для понимания. Для ответов на них рекомендуется использовать рекомендуемую литературу и ссылки на Интернет-источники, данные в аннотации к каждой лекции. Для улучшения запоминания материала рекомендуется соотнести записи конспекта лекции с презентациями. Следует регулярно повторять пройденный материал, особенно в преддверии текущего контроля (устного опроса, тестирования, контрольной работы). Если самостоятельно в лекционном материале разобраться не удалось, следует четко сформулировать вопросы и обратиться за разъяснениями к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Также необходимо контролировать усвоение пройденного материала по контрольным вопросам к лекциям. Не рекомендуется пользоваться конспектами лекций, составленными другими студентами, особенно если они относятся к другому году. Это снижает усвоение материала и его понимание. При необходимости в конспекты лекций можно включать слайды презентаций и раздаточные материалы, однако их следует дополнять пояснениями, выполняемыми на полях. Категорически не рекомендуется использовать как конспекты уменьшенные копии глав учебников, в том числе, из рекомендованной литературы, поскольку они не следуют в полной мере логике программы курса и часто дают сведения на различном уровне объяснения и детализации.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **9.1. Основная литература**

1. Стойков И.И., Евтюгин Г.А. Основы нанотехнологии и нанохимии. Учебное пособие. Казань: Издательство Казанского (Приволжского) федерального университета. - 2010. – с.237.
2. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. - М.: Машиностроение, 2012. - 656 с.// <http://e.lanbook.com/view/book/5793/>

### **9.2. Дополнительная литература**

1. Якимова, Людмила Сергеевна. Метод УФ-спектроскопии и его применение в органической и физической химии [Текст: электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Л. С. Якимова ; Казан. федер. ун-т, Хим. ин-т им. А. М. Бутлерова, Каф. орган. химии. Электронные данные (1 файл: 0,67 Мб). (Казань : Казанский федеральный университет, 2015).

### **9.3. Интернет-ресурсы:**

- Вся правда о нанотехнологиях и наноматериалах в России - <http://www.nanoware.ru/>  
Нанотехнологии Nanonewsnet - <http://www.nanonewsnet.ru>  
Нанотехнологии и их применение - <http://nanoblog.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>

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

- Компьютерный проектор  
Система интерактивного опроса.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО аспирантуры. Приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 897 (Зарегистрировано в Минюсте России 28.08.2014 № 33694)

Автор(ы): д.х.н, профессор



Стойков И.И.

Рецензент(ы): к.х.н., ст. преп.



Якимова Л.С.

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Химического института КФУ от 29 августа 2014 года, протокол № 10.