

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. Талорский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
**Физхимия наноматериалов Б1.В.ОД.8**

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Физическая химия

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Верещагина Я.А.

**Рецензент(ы):**

Ламберов А.А.

**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 771417

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

### 1. Цели освоения дисциплины

Преподавание дисциплины "Физическая химия наноматериалов" ставит своей главной целью раскрыть смысл основных законов наноразмерного состояния, научить студента понимать их принципиальные возможности при решении конкретных задач, представлять возможности и перспективы применения наноструктур и связанных с ними явлений.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина 'Физическая химия наноматериалов' относится к вариативной части блока дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению 'Химия' по профилю 'Физическая химия'. Нанонаука, рассматриваемая как совокупность знаний о фундаментальных свойствах вещества в наноразмерном состоянии, является междисциплинарной областью. Междисциплинарный и интеграционный характер дисциплины предполагает, что для ее успешного освоения студент должен знать фундаментальные основы математики, физики, химии (неорганическая, органическая, физическая, аналитическая). Освоение данной дисциплины необходимо для последующего изучения дисциплин 'Функциональные материалы и технологии их получения', 'Современные проблемы катализа' и др.

### 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
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать теоретические основы фундаментальных разделов математики и физики в профессиональной деятельности
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия владением нормами техники безопасности и умение реализовать их в лабораторных и технологических условиях
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций
ПСК-1	способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Знать классификацию и способы получения нанокластеров и наноструктур, их структуру и свойства; физические методы исследования наноструктур; сущность размерных эффектов в нанохимии; строение и превращение поверхности под действием адсорбции и катализа; термодинамику поверхности и поверхностные явления.

2. должен уметь:

Уметь самостоятельно выбирать методы исследования нанообъектов; ориентироваться в современной литературе по физической химии нанокластеров, наноструктур и наноматериалов.

3. должен владеть:

Владеть основами теории фундаментальных разделов химии.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Знать классификацию и способы получения нанокластеров и наноструктур, их структуру и свойства; физические методы исследования наноструктур; сущность размерных эффектов в нанохимии; строение и превращение поверхности под действием адсорбции и катализа; термодинамику поверхности и поверхностные явления.

#### **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. Основные понятия и термины нанонауки и нанохимии.	7	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Классификация и способы получения нанобъектов.	7	1	2	0	0	
3.	Тема 3. Методы исследования нанобъектов.	7	2	4	0	0	
4.	Тема 4. Поверхностные явления и катализ.	7	3	4	0	0	
5.	Тема 5. Термодинамика поверхности.	7	4	2	0	0	
6.	Тема 6. Кластерные модели и размерные эффекты.	7	5	2	0	0	
7.	Тема 7. Теоретические методы исследования наноструктур	7	6	2	0	0	Контрольная работа
8.	Тема 8. Молекулярные лигандные и безлигандные кластеры	7	7	2	0	0	
9.	Тема 9. Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Графен	7	8, 9	4	0	0	
10.	Тема 10. Кластеры инертных газов и малых молекул	7	10	1	0	0	
11.	Тема 11. Кластерные реакции	7	10	1	0	0	
12.	Тема 12. Коллоидные кластеры и наноструктуры	7	11	2	0	0	
13.	Тема 13. Фуллериты и углеродные нанотрубки	7	12, 13	4	0	0	
14.	Тема 14. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры	7	14	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. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры. Биологические нанобъекты	7	15,16,17	6	0	0	
16.	Тема 16. Вопросы безопасности нанотехнологий	7	18	2	0	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			42	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные понятия и термины наноауки и нанохимии.

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

История и предпосылки возникновения, этапы развития. Основные понятия и термины наноауки и нанохимии.

### Тема 2. Классификация и способы получения нанобъектов.

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

Классификация нанобъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры. Способы получения нанобъектов. Молекулярные кластеры металлов. Газовые безлигандные кластеры, источники получения и детектирование кластеров. Коллоидные кластеры. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Матричные нанокластеры. Супрамолекулярные наноструктуры. Кластерные кристаллы и фуллериты. Компактированные наносистемы и наноконпозиты. Тонкие наноструктурированные пленки. Углеродные нанотрубки.

### Тема 3. Методы исследования нанобъектов.

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

Дифракционные методы: дифракция электронов, рентгенография. Полевые методы: полевая электронная и полевая ионная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия: сканирующая туннельная, атомно-силовая и магнитно-силовая микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Электронная спектроскопия: рентгеновская фотоэлектронная, УФ электронная и электронная Оже-спектроскопия. Оптическая и колебательная спектроскопия. Мессбауэровская спектроскопия. Радиоспектроскопия: ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс, микроволновая спектроскопия.

### Тема 4. Поверхностные явления и катализ.

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

Поверхность твердых тел. Поверхностные явления. Атомные и молекулярные орбитали. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов. Примесные атомы. Поверхность металлов и оксидов металлов, электронные и магнитные свойства. Поверхностные центры кислотного и основного типа. Явление адсорбции, примеры адсорбции. Катализ. Типы каталитических превращений.

### Тема 5. Термодинамика поверхности.

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

Химический потенциал. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца. Термодинамика поверхности и поверхностей раздела. Термодинамика криволинейной поверхности. Структура поверхности и межфазных границ. Нуклеация и рост нанокластеров в нанопорах вещества и на основе твердотельных реакций.

#### **Тема 6. Кластерные модели и размерные эффекты.**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Микроскопическая модель. Термодинамическая модель. Квантово-статистическая модель. Компьютерные модели. Фрактальные модели. Оболочечные модели. Структурная модель.

#### **Тема 7. Теоретические методы исследования наноструктур**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Моделирование структуры смешанных частиц металлов. Моделирование свойств соединений внедрения. Моделирование структурных элементов металлоорганических соконденсатов.

#### **Тема 8. Молекулярные лигандные и безлигандные кластеры**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Кластеры металлов и оксидов металлов. Кластеры щелочных металлов и серебра, алюминия, ртути, переходных металлов. Взаимосвязь строения и электронных и магнитных свойств.

#### **Тема 9. Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Графен**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Углеродные кластеры. Фуллерены: открытие, образование, строение, свойства. Эндоэдральные и экзоэдральные фуллерены. Фуллерены замещения. Графен: структура и свойства.

#### **Тема 10. Кластеры инертных газов и малых молекул**

*лекционное занятие (1 часа(ов)):*

Нейтральные и положительно заряженные кластеры инертных газов. Структура кластеров малых молекул.

#### **Тема 11. Кластерные реакции**

*лекционное занятие (1 часа(ов)):*

Модель РРК. Модель РРKM и переходное состояние. Модель фазового пространства. Реакции рекомбинации, обмена, присоединения.

#### **Тема 12. Коллоидные кластеры и наноструктуры**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Формирование коллоидных наноструктур: золи, мицеллы, микроэмульсии. Организация и самоорганизация коллоидных структур. Оптические и электронные свойства коллоидных кластеров.

#### **Тема 13. Фуллериты и углеродные нанотрубки**

*лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Фуллериты - организованные структуры на основе фуллеренов. Структура в твердом теле и жидкой фазе. Углеродные нанотрубки: структура, получение. Одно- и многослойные трубки. Электронные свойства (электропроводимость, полевая электронная эмиссия) и применение.

#### **Тема 14. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры**

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Способы получения нанокластеров и наноструктур: твердотельные химические реакции, механохимические реакции, ударно-волновой синтез, наноструктурирование под действием давления. кристаллизация аморфных структур, компактирование. Структурные особенности: дефекты и напряжения, фазовые переходы. Механические и тепловые свойства. Тонкие пленки.

#### **Тема 15. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры.**

**Биологические нанообъекты**

*лекционное занятие (6 часа(ов)):*

Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры. органические вещества как матрица для нанокластеров металлов и оксидов металлов. Макромолекулярные и супрамолекулярные наноструктуры. Биологические нанообъекты: нуклеиновые кислоты, белковые наночастицы, полипептиды; строение и свойства. Биополимеры.

### **Тема 16. Вопросы безопасности нанотехнологий**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Возможности и перспективы развития и применения нанонауки и нанотехнологий. Вопросы безопасности нанотехнологий.

### **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>
7.	Тема 7. Теоретические методы исследования наноструктур	7	6	подготовка к контрольной работе по разделам 1-7	15	контрольная работа
16.	Тема 16. Вопросы безопасности нанотехнологий	7	18	подготовка к контрольной работе по разделам 8-16	15	контрольная работа
	Итого				30	

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

При изучении дисциплины "Физическая химия наноматериалов" предусматривается разбор конкретных ситуаций, основанных на практических примерах; использование компьютерных презентаций лекций.

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

**Тема 1. Основные понятия и термины нанонауки и нанохимии.**

**Тема 2. Классификация и способы получения нанообъектов.**

**Тема 3. Методы исследования нанообъектов.**

**Тема 4. Поверхностные явления и катализ.**

**Тема 5. Термодинамика поверхности.**

**Тема 6. Кластерные модели и размерные эффекты.**

**Тема 7. Теоретические методы исследования наноструктур**

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе 1 Классификация нанообъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры. Типы кластеров. Методы исследования нанообъектов. Дифракционные методы. Сканирующая микроскопия. Электронная спектроскопия. Поверхность твердых тел. Явление адсорбции, примеры адсорбции. Кластерные модели и размерные эффекты. Теоретические методы исследования. Моделирование наноразмерных структур.

**Тема 8. Молекулярные лигандные и безлигандные кластеры**

**Тема 9. Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Графен**

**Тема 10. Кластеры инертных газов и малых молекул**

**Тема 11. Кластерные реакции**

**Тема 12. Коллоидные кластеры и наноструктуры**

**Тема 13. Фуллериты и углеродные нанотрубки**

**Тема 14. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры**

**Тема 15. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры.  
Биологические нанобъекты**

**Тема 16. Вопросы безопасности нанотехнологий**

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе 2 Типы углеродных наноструктур. Кластеры инертных газов и малых молекул. Кластерные реакции и модели. Коллоидные кластеры и наноструктуры. Фуллериты и углеродные нанотрубки.. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Способы получения, структурные особенности, свойства. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры. Биологические нанобъекты.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету:

1. История и предпосылки возникновения, этапы развития нанонауки и нанотехнологии.
2. Классификация нанобъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры.
3. Типы нанокластеров. Источники получения и детектирование нанокластеров.
4. Дифракционные методы исследования наноструктур.
5. Микроскопические методы исследования наноструктур.
6. Спектральные методы исследования наноструктур.
7. Поверхность твердых тел. Поверхностные явления.
8. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов.
9. Типы каталитических превращений наноструктур.
10. Термодинамика поверхности и поверхностей раздела.
11. Кластерные модели.
12. Моделирование структуры нанокластеров.
13. Молекулярные кластеры. Взаимосвязь строения и электронных и магнитных свойств.
14. Углеродные кластеры. Фуллерены, графен.
15. Кластеры малых молекул.
16. Кластерные реакции. Модели РРК и РРКМ.
17. Коллоидные наноструктуры: золи, мицеллы, микроэмульсии.
18. Фуллериты. Углеродные нанотрубки, строение и свойства.
19. Способы получения нанокластеров и наноструктур.
20. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры.
21. Биологические нанобъекты. Биополимеры.
22. Вопросы безопасности нанотехнологий.

Самостоятельная работа студентов включает самостоятельное освоение материалов дисциплины, подготовку к контрольной работе и к зачету.

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

2. 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)

3. 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. Суздаев И.П. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: Книжный дом 'ЛИБРОКОМ', 2013.

2. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: Книжный Дом Университет, 2009.

3. Стойков И.И., Евтюгин Г.А. Основы нанотехнологии и нанохимии: учебное пособие. Казань: Издательство Казанского (Приволжского) федерального университета. - 2010. - 237 с.

4. Пул, Ч. Нанотехнологии: учебное пособие для студентов: перевод с английского / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; Пер. под ред. Ю. И. Головина. Издание 3-е, исправленное и дополненное. Москва: Техносфера, 2007. - 376 с.

5. Пул Ч. Нанотехнологии: учебное пособие для студентов: перевод с английского / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; Пер. под ред. Ю. И. Головина; Доп. В. В. Лучинина. Издание 2-е, дополненное.- Москва: Техносфера, 2006. - 336 с.

6. Еремин, В.В. Основы физической химии. Теория: в 2 частях [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская. ? Электрон. дан. ? М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2013. ? 590 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=66369](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=66369)

## **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 - <http://www.unep.org>

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

Освоение дисциплины "Физхимия наноматериалов" 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.

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

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

Автор(ы):

Верещагина Я.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Ламберов А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.