

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

Катализ в нанотехнологиях Б1.В.ОД.10

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Нефтехимия и катализ

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Верещагина Я.А.

**Рецензент(ы):**

Соломонов Б.Н.

**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 7136317

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

раскрыть смысл основных законов наноразмерного состояния, научить студента понимать принципы действия наноразмерных катализаторов, представлять возможности и перспективы применения нанокатализа 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.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.04.01 Химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Относится к циклу Б1 общенаучных дисциплин, его вариативной части Б1.В.ОД.10

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью владеть культурой мышления, умение аргументировано и ясно строить устную и письменную речь
ОК-2 (общекультурные компетенции)	способностью уважительно и бережно относиться к историческому наследию и культурным традициям, толерантность в восприятии социальных и культурных различий
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способностью понимать движущие силы и закономерности исторического процесса; роль насилия и ненасилия в истории, место человека в историческом процессе, политической организации общества
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью демонстрации общенаучных базовых знаний естественных наук, математики и информатики, понимание основных фактов, концепций, принципов теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью в составе научно-исследовательского и производственного коллектива решать задачи профессиональной деятельности
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

понимать принципы действия наноразмерных катализаторов, представлять возможности и перспективы применения нанокатализа и связанных с ними явлений

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

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 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. Нанонаука и нанотехнология	2	1	2	0	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Классификация нанообъектов	2	2-3	4	0	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Поверхность твердых тел	2	4-5	4	0	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Роль катализа в нанохимии и нанотехнологии	2	6	2	0	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Методы исследования нанокаталитических систем	2	7	2	0	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Гомогенный нанокатализ	2	8-9	4	0	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Гетерогенный нанокатализ	2	10-11	4	0	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Обзор нанокаталитических процессов	2	12	2	0	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Биокатализ и нанотехнологии	2	13	2	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	
10.	Тема 10. Возможности и перспективы развития и применения нанокатализа	2	14	2	0	0	Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	Зачет
	Итого			28	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение. Нанонаука и нанотехнология

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

Введение. Нанонаука и нанотехнология. Основные понятия и термины нанонауки, нанохимии и нанотехнологии. Нано означает одну миллиардную (10<sup>-9</sup>) часть чего-либо. Нанотехнология ? относительно новое слово, однако структуры и устройства нанометровых размеров не новы и существуют на Земле столько же, сколько существует сама жизнь. Впервые термин ?нанотехнология? употребил Норио Танигути в 1974 г., назвав так производство изделий размером порядка нанометров. Базисом индустрии наносистем являются новые, ранее не известные свойства и функциональные возможности материальных систем при переходе к наномасштабам, определяемых особенностями процессов переноса и распределения зарядов, энергии, массы и информации при наноструктурировании, то есть при переходе к объектам, представляющим собой интеграцию искусственно или естественно упорядоченных наносистем. Наносистема – материальный объект в виде упорядоченных или самоупорядоченных, связанных между собой элементов с нанометрическими характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, проявляющихся в виде квантово-размерных, синергетически-кооперативных, ?гигантских? эффектов и других явлений и процессов, связанных с проявлением наномасштабных факторов. Наноматериалы – вещества и композиции веществ, представляющие собой искусственно или естественно упорядоченную или неупорядоченную систему базовых элементов с нанометрическими характеристическими размерами и особым проявлением физического и (или) химического взаимодействий при кооперации наноразмерных элементов. Нанотехнология – совокупность методов и способов синтеза, сборки, структуро- и формообразования, нанесения, удаления и модифицирования материалов, включая систему знаний, навыков, умений, аппаратурное, материаловедческое, метрологическое, информационное обеспечение процессов и технологических операций, направленных на создание материалов и систем с новыми свойствами, обусловленными проявлением наномасштабных факторов. Нанодиагностика – совокупность специализированных методов исследований, направленных на изучение структурных, морфолого-топологических, механических, электрофизических, оптических, биологических характеристик наноматериалов и наносистем, анализ нанокolicеств вещества, измерение метрических параметров с наноточностью. Нанонаука – система знаний, основанная на описании, объяснении и предсказании свойств материальных объектов с нанометрическими характеристическими размерами или систем более высокого метрического уровня, упорядоченных или самоупорядоченных на основе наноразмерных элементов. Нанотехника – машины, механизмы, приборы, устройства, материалы, созданные с использованием новых свойств и функциональных возможностей систем при переходе к наномасштабам и обладающие ранее недостижимыми массогабаритными и энергетическими показателями, технико-экономическими параметрами и функциональными возможностями.

### Тема 2. Классификация нанообъектов

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

Классификация нанообъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры. Свойства веществ в наноразмерном состоянии. Размерные эффекты. Наночастица ? агрегат атомов с размерами от 5 до 100 нм (10<sup>3</sup>-10<sup>8</sup> атомов), рассматриваемый как часть объемного материала. Кластер ? сложное объединение нескольких атомов или молекул, размером 1-5 нм (до 10<sup>4</sup> атомов). Атомные кластеры можно условно классифицировать на основании их размеров и связи между размерами частицы и количеством составляющих ее атомов. Наноструктуры ? наночастицы, имеющие сложную форму и строение. Нанообъекты классифицируют по линейным размерам: 0D: свободные и стабилизированные нанокластеры, фуллерены, квантовые точки; 1D: наностержни, нанонити, нанотрубки, наноленты, вискеры; 2D: тонкие пленки, гетероструктуры, пленки Лэнгмюра-Блоджетт, нанопластины, адсорбционные и самособирающиеся монослои, а также двухмерные массивы объектов в нанометровом диапазоне; 3D: наночастицы и наночастицы в оболочке, нанокомпозиты и самоорганизующиеся массивы нанообъектов. Нанокластеры можно разделить на молекулярные, газовые безлигандные, коллоидные, матричные и твердотельные. Методы синтеза кластеров включают прежде всего конденсацию из газовой фазы: создание пересыщенного пара с последующим осаждением. Образование пара: термическое испарение; ионное, плазменное или магнетронное распыление; лазерная абляция; испарение взрывом и т.д. Устойчивость кластеров характеризуется набором магических чисел. Структура и размер нанообъектов определяют их свойства ? электронные, магнитные, оптические, реакционную способность и другие.

### **Тема 3. Поверхность твердых тел**

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

Поверхность твердых тел. Поверхностные явления. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов. Примесные атомы. Поверхность металлов и оксидов металлов, электронные и магнитные свойства. Науку о поверхностных явлениях можно определить как область, изучающую природу поверхности, т.е. ее физическую и электронную структуру, а также взаимодействия между молекулами в газовой фазе и поверхностью. Этапы развития и ключевые фигуры: 1937 г. Дэвиссон, Томсон (дифракция электронов на кристалле), Нобелевская премия по физике; работа в условиях сверхвысокого вакуума. 1930-1950 гг. Мюллер (изобретение эмиссионного и ионного микроскопов). С середины 1960-х активно изучаются поверхности с известной морфологией. В 1970-1980 гг. на основе изучения каталитических процессов в различных системах формируются следующие важные идеи: связь структуры поверхности катализатора и реакционной способности; роль прекурсоров; роль перестройки (реорганизации) поверхности катализатора (Эртль, Соморджай, Кинг). 2007 г. Герхард Эртль (Германия) Нобелевская премия по химии за изучение гетерогенно-каталитических процессов. Исследования в области поверхностных явлений стали основой для нанонауки благодаря развитию техники, возникновению новых идей, и выяснению ключевой роли, которую играют наноразмерные явления в важных поверхностных процессах. Следует помнить, что чем глубже мы погружаемся в наномир, тем больше увеличивается поверхность материала, и тем значительнее становятся свойства поверхностного слоя.

### **Тема 4. Роль катализа в нанохимии и нанотехнологии**

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

Роль катализа в нанохимии и нанотехнологии. Катализ в процессах получения нанообъектов. Наноструктурированные катализаторы. Типы нанокаталитических систем, их характерные особенности. Основные роли катализа в нанонауке: получение наноструктур; наноструктуры как катализаторы. Революция, происходящая в настоящее время в нанонауке, обусловлена сопутствующими достижениями в технологии. Во-первых, появилась возможность получения все меньших и меньших структур; во-вторых, происходит постоянное увеличение точности приготовления таких структур. Основные характеристики наноразмерных катализаторов: большая площадь поверхности, высокая каталитическая активность, адсорбирующая способность, склонность к агломерации, химическое разнообразие, разнообразное происхождение и применение. Основные типы: углеродные (углерод, уголь, графит, углеродные нанотрубки, графен, фуллерены, неорганические нанотрубки), металлы и оксиды (алюминий, серебро, золото, платина, палладий, кобальт, диоксиды титана и кремния, оксиды цинка, алюминия, железа, церия), глины, квантовые точки и другие. Зависимость свойств нанокатализаторов от их размеров в большой степени определяют преимущества их использования в катализе.

### **Тема 5. Методы исследования нанокаталитических систем**

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

Методы исследования нанокаталитических систем. Ключевым фактором развития нанонауки явилось усовершенствование старых и создание новых инструментальных средств для определения параметров наноструктур. Для понимания свойств наноматериалов надо, прежде всего, знать их атомарную структуру. Кристаллографические методы исследования (рентгеноструктурный анализ, порошковая дифрактография). Определение размеров частиц ? масс-спектрометрические методы. Методы микроскопии: просвечивающая электронная микроскопия, ионно-полевая микроскопия, сканирующая микроскопия. Сканирующая микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Устройство сканирующего туннельного микроскопа, принцип действия которого основан на туннельном эффекте. Атомно-силовой микроскоп, режимы работы. Все виды сканирующей микроскопии предоставляют исследователю информацию о топографии и дефектах структуры поверхности с разрешением, близким к атомному. Анализ морфологии структур и манипуляция атомами. Спектроскопические методы в анализе наноразмерных катализаторов: инфракрасная и рамановская спектроскопия, фотоэмиссионная и рентгеновская спектроскопия, магнитный резонанс.

### **Тема 6. Гомогенный нанокатализ**

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

Гомогенный нанокатализ. Коллоидные кластеры и наноструктуры. Коллоидные наночастицы переходных металлов как квазигомогенные нанокаталитические системы. Проблемы использования металлических наночастиц в катализе связаны с нерастворимостью, склонностью к слипанию и агломерации. Наночастицы металлов обычно нерастворимы в неорганических и органических растворителях, но в коллоидной форме они могут проявлять большую каталитическую активность. Металлические частицы стабилизируют в виде коллоидов при помощи поверхностно-активных веществ. Методы синтеза включают химические методы (потенциально крупномасштабные), золь-гель метод, преципитацию, химическое осаждение и другие. Для предотвращения слипания наночастиц вводят так называемые защитные лиганды или поверхностно-активные вещества. Стабилизированные коллоидные наночастицы разнообразных металлов могут рассматриваться как квазигомогенные каталитические системы в различных процессах. Катализ на основе супрамолекулярных и макромолекулярных систем (краун-эфир, криптанды, калексарены, поданды, порфирины, дендримеры и комплексы на их основе).

### **Тема 7. Гетерогенный нанокатализ**

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

Гетерогенный нанокатализ. Типы гетерогенных нанокаталитических систем, методы получения и свойства. Углеродные наноструктуры (графен, углеродные нанотрубки, фуллерены). Неорганические нанотрубки. Наночастицы и нанокластеры металлов и оксидов металлов. Полупроводниковые наночастицы. Углеродные наноструктуры благодаря своим уникальным свойствам могут широко использоваться в каталитических процессах. На основе аллотропов углерода разработано множество современных материалов ? конструкционных, инструментальных, теплозащитных, полимерных и др. Графен ? 2D плоская наноструктура. Фуллерены (бакиболы) -0D наноструктуры, аналоги полиароматических систем, могут образовывать эндо-, экзо-структуры и соединения замещения; наличие полости позволяет использовать их в качестве капсул и переносчиков различных частиц, полярных и неполярных фрагментов. Углеродные нанотрубки (УНТ) ? наиболее интересный представитель с точки зрения использования в катализе. Они представляют собой 1D проволоки молекулярного размера с хорошо развитой и однородной атомной поверхностью и обладают удивительными механическими и электронными свойствами. УНТ могут обладать свойствами металлов или полупроводников в зависимости от их структуры. Широко используются как катализаторы и в качестве носителей и подложек для нанокатализаторов. Модификация поверхности УНТ увеличивает их каталитическую активность. Известны процессы, протекающие в цилиндрической полости нанотрубок. Неорганические нановолокна представляют собой другой уникальный класс 1D-размерных наноматериалов, обладающих особыми химическими, физическими и механическими свойствами. Такие нановолокна являются кристаллическими цилиндрическими материалами, служат модельными системами для понимания основных явлений в одномерном пространстве. Металлические нанокатализаторы. Главенствующая роль размерных эффектов в изменении основных характеристик нанокаталитических частиц ? активности, селективности, стабильности. Выявление роли размеров нанокластеров на примере процесса десульфуризации сырой нефти с участием сульфида молибдена, нанесенного на золотую подложку. Разработка модельных наночастиц и выявление основных закономерностей протекания нанокаталитических процессов позволяют создавать новое поколение катализаторов. В нанометровом диапазоне можно подготовить объемные материалы с мелкими пустотами, например, цеолиты, силикаты, глиноземы. Важной особенностью столбчатых глин является наличие кислотных центров Льюиса или Бренстеда, где и происходит реакция. Такие катализаторы изучались в процессах крекинга (например, получение бензина крекингом нефти). Одним из недостатков способа является склонность глин к коксованию. Важнейшие условия синтеза наночастиц: неравновесность систем, высокая химическая однородность, монодисперсность. Методы получения наночастиц: подходы ?сверху-вниз? и ?снизу-вверх?. Физические и химические методы получения: газофазный синтез, химическое осаждение, золь-гель метод, механическое измельчение и др.

## **Тема 8. Обзор нанокаталитических процессов**

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

Обзор нанокаталитических процессов. Дегидрирование бутана до бутена и бутадиена.

Окисление оксида углерода. Окисление кобальта. Окисление пропилена.

Гидродесульфирование нефтепродуктов. Примеры: Переработка биомассы в биотопливо (катализатор: NiO на подложке из  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Биодизель из отработанного кулинарного масла (катализатор: нанотрубки состава (Al<sub>0.9</sub>H<sub>0.3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) ?Зеленое? производство дизельного топлива по Фишеру-Тропшу (катализатор: нанопорошки Fe и Co, промотированные Mn, Cu, щелочными металлами. Каталитическое сжигание авиатоплива (катализатор: кластеры Pd, защищенные монослоем гексантиола). Риформинг этанола до водорода (катализатор: мезопористый In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на кремниевом темплате) и др.

## **Тема 9. Биокатализ и нанотехнологии**

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

Биокатализ и нанотехнологии. Биологические нанобъекты. Белки, нуклеиновые кислоты, полипептиды: строение, свойства, биологические функции. Биополимеры. Ферментативный катализ. Ферменты: строение и свойства, активный центр ферментов. Нанобиотехнология - область науки на стыке биологии и нанотехнологии, которая охватывает широкий круг технологических подходов, включая: применение нанотехнологических устройств и наноматериалов в биотехнологии; использование биологических молекул для нанотехнологических целей; создание биотехнологических продуктов, свойства которых определяются размерными характеристиками в диапазоне 1-100 нм; использование биотехнологических подходов, в основе которых лежит принцип контролируемой самоорганизации наноструктур. Биологические нанобъекты: вирусы ? 10-200 нм, верхний диапазон наночастиц; белки ? 4-50 нм, нижний диапазон наночастиц; аминокислоты ? около 1 нм, можно уподобить нанопроволоке; ДНК ? двойная наноцепь. Биополимеры являются структурной основой живых организмов и обеспечивают их жизнедеятельность, выполняя разнообразные биологические функции. К биополимерам относятся белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды. Существуют также смешанные биополимеры, например, гликопротеины (и липопротеины). Ввиду своего размера и уникальных свойств биополимеры используются для создания биомиметических наноматериалов. Биомиметика ? создание устройств, приборов, механизмов или технологий, идея и основные элементы которых заимствуются из живой природы. Ферменты - белковые молекулы, реже молекулы РНК или их комплексы, ускоряющие (катализирующие) химические реакции в живых системах. Ферменты выступают в роли катализаторов практически во всех биохимических реакциях, протекающих в живых организмах: ими катализируется около 4000 реакций. По типу и механизму действия ферменты подразделяются на оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы. Отличительной особенностью ферментов по сравнению с небелковыми катализаторами является их высокая специфичность. Специфичность и активность ферментов определяются их трехмерной структурой и достигаются частичной комплементарностью распределения зарядов и гидрофобных областей на молекуле субстрата и в центре связывания субстрата на ферменте. При этом эффективность ферментов значительно выше эффективности небелковых катализаторов: ферменты ускоряют реакцию в миллионы и миллиарды раз, небелковые катализаторы ? в сотни и тысячи раз. Ферменты широко используются в пищевой и текстильной промышленности, в фармакологии и биотехнологии. Многие ферменты промышленного назначения производятся биотехнологически. Нанофармакология. Идея применения наночастиц для повышения эффективности воздействия фармакологических средств диагностики и терапии основана на том факте, что вещества в наноформе имеют свойства, отличные от свойств веществ в макродисперсной форме. В частности, высокая удельная поверхность наноматериалов приводит к тому, что поверхностные явления (адсорбция, десорбция, адгезия) начинают играть преобладающую роль в процессах их взаимодействия с макромолекулами и биологическими объектами. Следствием этого является то, что даже невысокие концентрации наночастиц, не оказывающие значительного токсического эффекта, могут производить значительное воздействие на живые организмы. Систематическое изучение закономерностей действия лекарственных веществ в наноформе позволит определить как их терапевтический потенциал, так и возможные риски для здоровья человека.

## **Тема 10. Возможности и перспективы развития и применения нанокатализа**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Возможности и перспективы развития и применения нанокатализа обусловлены развитием нанонауки и нанотехнологии в целом. Прогнозы развития нанотехнологии включают: Краткосрочная перспектива - Изготовление инструментов и некоторых новых материалов (порошки, композиты) на основе нанотехнологий. Некоторые компании организовали такие производства и уже становятся доходными. Производство одномерных химических и биологических датчиков, портативных медицинских и диагностических устройств. Начало производства микроэлектромеханических устройств. Среднесрочная перспектива - Начало производства двумерных наноэлектронных устройств (запоминающие устройства, дисплеи, солнечные батареи). Появление иерархически структурированных наноматериалов и освоение самосборки биомолекул в нанотехнологических процессах. ■ Эффективное использование наноустройств для аккумуляирования и преобразования энергии. Развитие методов пассивной доставки лекарств в организме и диагностики. Производство имплантируемых медицинских нано устройств. Далекая перспектива - Развитие трехмерной наноэлектроники. Развитие наномедицины. Разработка искусственных хромосом. Использование квантовых компьютеров для расчета характеристик молекул и других нанообъектов. Начало массового производства нанотоваров.

#### 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
1.	Тема 1. Введение. Нанонаука и нанотехнология	2	1	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Классификация нанообъектов	2	2-3	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
3.	Тема 3. Поверхность твердых тел	2	4-5	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Роль катализа в нанохимии и нанотехнологии	2	6	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
5.	Тема 5. Методы исследования нанокаталитических систем	2	7	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
6.	Тема 6. Гомогенный нанокатализ	2	8-9	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Гетерогенный нанокатализ	2	10-11	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
8.	Тема 8. Обзор нанокаталитических процессов	2	12	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
9.	Тема 9. Биокатализ и нанотехнологии	2	13	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
10.	Тема 10. Возможности и перспективы развития и применения нанокатализа	2	14	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
	Итого				44	

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

Разбор конкретных ситуаций, основанных на практических примерах; использование компьютерных симуляций

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

### **Тема 1. Введение. Нанонаука и нанотехнология**

устный опрос , примерные вопросы:

Основные понятия и термины нанонауки и нанохимии. Классификация нанообъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры.

### **Тема 2. Классификация нанообъектов**

устный опрос , примерные вопросы:

Размерные эффекты. Поверхностные явления. Явления адсорбции.

### **Тема 3. Поверхность твердых тел**

устный опрос , примерные вопросы:

Катализ в процессах получения нанообъектов. Типы нанокаталитических систем

### **Тема 4. Роль катализа в нанохимии и нанотехнологии**

устный опрос , примерные вопросы:

Катализ в процессах получения нанообъектов. Типы нанокаталитических систем

### **Тема 5. Методы исследования нанокаталитических систем**

устный опрос , примерные вопросы:

Методы исследования нанокаталитических систем. Гомогенный нанокатализ. Гетерогенный нанокатализ.

### **Тема 6. Гомогенный нанокатализ**

устный опрос , примерные вопросы:

Углеродные наноструктуры как катализаторы. Наночастицы металлов и оксидов металлов как катализаторы. Полупроводниковые наночастицы как катализаторы.

### **Тема 7. Гетерогенный нанокатализ**

устный опрос , примерные вопросы:

Нанесенные нанокатализаторы. Ферментативный катализ. Ферменты.

### **Тема 8. Обзор нанокаталитических процессов**

устный опрос , примерные вопросы:

Примеры нанокаталитических процессов.

### **Тема 9. Биокатализ и нанотехнологии**

контрольная работа , примерные вопросы:

Нанесенные нанокатализаторы. Примеры нанокаталитических процессов. Ферментативный катализ. Ферменты.

### **Тема 10. Возможности и перспективы развития и применения нанокатализа**

устный опрос , примерные вопросы:

Возможности и перспективы развития и применения нанокатализа.

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

Примерные вопросы к зачету:

Итоговый контроль знаний студентов (вопросы к зачету)

1. Основные понятия и термины нанонауки и нанохимии.

2. Классификация нанообъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры.

3. Размерные эффекты.
4. Поверхностные явления. Явления адсорбции.
5. Катализ в процессах получения нанобъектов.
6. Типы нанокаталитических систем.
7. Методы исследования нанокаталитических систем.
8. Гомогенный нанокатализ.
9. Гетерогенный нанокатализ.
10. Углеродные наноструктуры как катализаторы.
11. Наночастицы металлов и оксидов металлов как катализаторы.
12. Полупроводниковые наночастицы как катализаторы.
13. Нанесенные нанокатализаторы.
14. Примеры нанокаталитических процессов.
15. Ферментативный катализ.
16. Ферменты.
17. Применение ферментативных катализаторов.
18. Возможности и перспективы развития и применения нанокатализа

Билет 1

1. Основные понятия и термины нанонауки и нанохимии.
2. Классификация нанобъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры.

Билет 2

1. Размерные эффекты.
2. Поверхностные явления. Явления адсорбции.

Билет 3

1. Катализ в процессах получения нанобъектов.
2. Типы нанокаталитических систем.

Билет 4

1. Методы исследования нанокаталитических систем.
2. Гомогенный нанокатализ.

Билет 5

1. Гетерогенный нанокатализ.
2. Углеродные наноструктуры как катализаторы.

Билет 6

1. Наночастицы металлов и оксидов металлов как катализаторы.
2. Полупроводниковые наночастицы как катализаторы.

Билет 7

1. Нанесенные нанокатализаторы.
2. Примеры нанокаталитических процессов.

Билет 8

1. Ферментативный катализ.
2. Ферменты.

Билет 9

1. Применение ферментативных катализаторов.

## 2. Возможности и перспективы развития и применения нанокатализа

### 7.1. Основная литература:

1. Суздаев, Игорь Петрович. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. Москва: URSS : [ЛИБРОКОМ, 2013]. 589 с.
2. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий.- М.:Машиностроение, 2012. - 656 с.  
<http://e.lanbook.com/view/book/5793/page1/>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Гетерогенные каталитические реакции в проточных реакторах: руководство к лабораторному практикуму для студентов Химического института им. А.М. Бутлерова КФУ / А.А. Ламберов и др. - Казань: Казан. Ун-т, 213. -77 с.
2. Физико-химические методы исследования гетерогенных катализаторов: руководство к лабораторному практикуму / авт.-сост. А.А. Ламберов, С.Р. Егорова, А.Н. Катаев и др. - Казань: Казан. Ун-т, 2013. - 80 с.
3. Потехин В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.:Лань, 2014. - 896 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=53687](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53687)

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- Кинетика и катализ, периодический журнал - <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=712147>
- Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии - <http://e.lanbook.com/view/book/2173/page2/>
- основы катализа - <http://e.lanbook.com/view/book/4312/page431/>
- основы нанотехнологии - <http://e.lanbook.com/view/book/5793/page1/>
- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов - <http://thesaurus.rusnano.com/search/?q=%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%>

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

Освоение дисциплины "Катализ в нанотехнологиях" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

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 направлению 04.04.01 "Химия" и магистерской программе Нефтехимия и катализ .

Автор(ы):

Верещагина Я.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Соломонов Б.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.