

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. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Наночастицы металлов СЗ.ДВ.3

Специальность: 020201.65 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Неорганическая химия

Квалификация выпускника: специалист

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Кутырева М.П.

**Рецензент(ы):**

Улахович Н.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Амиров Р. Р.

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

Казань  
2015

## 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) доцент, к.н. (доцент) Кутырева М.П. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Marianna.Kutyreva@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Наночастицы металлов" является подготовка к научно-исследовательской и педагогической деятельности, связанной с реализацией и продвижением инновационных технологий и исследований в области химии и химической технологии, а также в смежных областях, включая медицинскую химию, фармацевтическую химию и биохимию. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления о современных знаниях в области физикохимии формирования металлосодержащих наночастиц, методах их получения, способах их стабилизации, основных методах получения и структуре наночастиц металлов и использовании макромолекулярных соединений для их получения.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "СЗ.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина "Наночастицы металлов" относится к вариативной части учебного цикла СЗ "Профессиональные (специальные) дисциплины" профиля "Неорганическая химия" (курсы по выбору студентов). Она базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов базовой части цикла СЗ "Неорганическая химия" (ионные равновесия в растворе, окислительно-восстановительные реакции) и "Органическая химия" (методы синтеза органических соединений, спектральные методы изучения структуры органических соединений). Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение дисциплин "Супрамолекулярная неорганическая химия", "Химия твердого тела", "Химия координационных соединений" у вариативной части профиля "Неорганическая химия".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                       | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|--|---|
| ПК-1<br>(профессиональные компетенции) | понимает сущность и социальную значимость профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности  |
| ОК-6<br>(общекультурные компетенции)   | использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Знать основные понятия и термины химии наночастиц. Обладать теоретическими знаниями о физико-химических методах получения металлосодержащих наночастиц.

2. должен уметь:

Понимать модели стабилизации наночастиц металлов.

Иметь представление о способах практического применения металлосодержащих наночастиц.

3. должен владеть:

Владеть навыками использования знаний в получения наночастиц металлов для решения задач дизайна лекарственных препаратов нового поколения, разработки новых гибридных материалов и покрытий.

показать навыки химического эксперимента, основные синтетические и аналитические методы получения и исследования наночастиц металлов

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

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 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<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1. | Тема 1. Введение.<br>Наночастицы,<br>кластерные системы<br>различного размера.   | 8       | 1                  | 0   | 2                       | 0                      | домашнее<br>задание       |
| 2. | Тема 2. Модели<br>образования<br>металлосодержащих<br>наночастиц. Кинетика<br>формирования новой<br>фазы, статистическая<br>концепция<br>образования.<br>Моделирование<br>образования<br>металлических<br>наночастиц в<br>отсутствие и при<br>наличии химических<br>реакций. | 8       | 2                  | 0   | 2                       | 0                      | домашнее<br>задание       |

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|---|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 3. | Тема 3. Физические методы получения металлосодержащих наноразмерных частиц. Получение наночастиц металлов путем диспергирования.  | 8       | 3                  | 0   | 2                       | 0                      | устный опрос              |
| 4. | Тема 4. Химические методы получения металлосодержащих наноразмерных частиц: синтез в реакциях восстановления, в жидкофазных окислительно-восстановительных реакциях, электрохимический синтез, криохимический синтез. | 8       | 4                  | 0   | 2                       | 0                      | устный опрос              |
| 5. | Тема 5. Реакции термического распада: термолиз в газовой фазе, термолиз карбониллов, термолиз в растворах, твердофазный термолиз, термолиз карбоксилатов.   | 8       | 5                  | 0   | 2                       | 0                      | домашнее задание          |
| 6. | Тема 6. Макромолекулы как стабилизаторы ультрадисперсного состояния. Параметры оценки стабилизирующей способности полимеров. Интерактивный опрос.   | 8       | 6                  | 0   | 2                       | 0                      | тестирование              |
| 7. | Тема 7. Основные методы получения и структура наноразмерных частиц в полимерах. Общая характеристика методов.   | 8       | 7                  | 0   | 2                       | 0                      | устный опрос              |

| N   | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|-----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|     |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 8.  | Тема 8.<br>Восстановительные<br>методы синтеза<br>полимер-связанных<br>наноразмерных<br>частиц.  | 8       | 8                  | 0   | 2                       | 0                      | домашнее<br>задание       |
| 9.  | Тема 9. Круглый стол:<br>Современные методы<br>синтеза наночастиц<br>металлов на<br>поверхности<br>гиперразветвленных<br>полимеров,<br>дендримеров и<br>неорганических<br>оксидов? | 8       | 9                  | 0   | 2                       | 0                      | научный<br>доклад         |
| 10. | Тема 10.<br>Полимераналогичные<br>превращения и<br>иммобилизация<br>металлокластеров.  | 8       | 10                 | 0   | 2                       | 0                      | домашнее<br>задание       |
| 11. | Тема 11. Термолиз<br>прекурсоров - матриц<br>для получения<br>полимер-стабилизированных<br>наночастиц металлов.<br>Интерактивный опрос.  | 8       | 11                 | 0   | 2                       | 0                      | тестирование              |
| 12. | Тема 12.<br>Наногибридные<br>полимер-неорганические<br>композиты.  | 8       | 12                 | 0   | 2                       | 0                      | домашнее<br>задание       |
| 13. | Тема 13. Золь-гель<br>метод получения<br>наночастиц металлов.  | 8       | 13                 | 0   | 2                       | 0                      | домашнее<br>задание       |
| 14. | Тема 14.<br>Нанокompозиты<br>включения<br>полимер-халькогениды<br>металлов.  | 8       | 14                 | 0   | 2                       | 0                      | устный опрос              |
| 15. | Тема 15.<br>Металлоструктуры (<br>полиядерные,<br>кластерные и<br>наноразмерные) в<br>биополимерах.  | 8       | 15                 | 0   | 2                       | 0                      | творческое<br>задание     |
| 16. | Тема 16. Темплатный<br>синтез<br>нанобиокомпозитов.  | 8       | 16                 | 0   | 2                       | 0                      | домашнее<br>задание       |

| N   | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|-----|---|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|     |   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 17. | Тема 17. Основные области применения материалов на основе наноразмерных и кластерных частиц металлов. | 8       | 17                 | 0   | 2                       | 0                      | коллоквиум                |
| 18. | Тема 18. Специфика катализа полимер-иммобилизованными наночастицами металлов.                         | 8       | 18                 | 0   | 2                       | 0                      | дискуссия                 |
|     | Тема . Итоговая форма контроля  | 8       |                    | 0   | 0                       | 0                      | зачет                     |
|     | Итого   |         |                    | 0   | 36                      | 0                      |                           |

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение. Наночастицы, кластерные системы различного размера.

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

Термин ?нано? происходит от греческого ?нанос? (карлик) и соответствует одной миллиардной части единицы. Таким образом, нанотехнологии и науки о наноструктурах и наноматериалах имеют дело с объектами размером от 1 до 100 нм, и рассматривают процессы и совершаемые действия, происходящие в нанометровом диапазоне пространственных размеров (Размер атома составляет несколько десятых нанометра). Нанотехнологией называется междисциплинарная область науки, в которой изучаются закономерности физико-химических процессов в пространственных областях нанометровых размеров с целью управления отдельными атомами, молекулами, молекулярными системами при создании новых молекул, наноструктур, наноустройств и материалов со специальными физическими, химическими и биологическими свойствами. Сущность нанотехнологии состоит в возможности работать на атомарном и молекулярном уровне, в масштабе длин 1-100 нм, для того, чтобы создавать и использовать материалы и устройства, имеющие новые свойства и функции благодаря малой шкале их структуры. Таким образом, термин ?нанотехнология? относится к размерам именно структурных элементов. Наука о малоразмерных объектах (nanoscience) ? это совокупность знаний о свойствах веществ и явлений в нанометровом масштабе. Нанообъект - это физический объект исследований (и разработок), размеры которого принято измерять в нанометрах. Кластер представляет собой группу из небольшого (счетного) и, в общем случае, переменного числа взаимодействующих атомов (ионов, молекул). Ясно, что минимальное число атомов в кластере равно двум. Верхней границе кластера соответствует такое число атомов, когда добавление еще одного атома уже не меняет свойства кластера, так как переход количественных изменений в качественные уже закончился. Положение верхней границы кластера неоднозначно, но с химической точки зрения большая часть изменений заканчивается, когда число атомов в группе не превышает 1 - 2 тысячи. Верхнюю границу размеров кластера можно рассматривать как границу между кластером и изолированной наночастицей. Наночастица ? это квази-нульмерный (0D) нанообъект, у которого все характерные линейные размеры имеют один порядок величины; как правило, наночастицы имеют сфероидальную форму; если в наночастице наблюдается ярко выраженное упорядоченное расположение атомов (или ионов), то такие наночастицы называют нанокристаллитами.

**Тема 2. Модели образования металлсодержащих наночастиц. Кинетика формирования новой фазы, статистическая концепция образования. Моделирование образования металлических наночастиц в отсутствие и при наличии химических реакций.**

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

Механизмы формирования нанокластеров описывает классическая теория зародышеобразования, основанная на предположении, что зарождающиеся кластеры новой фазы ведут себя как сферические жидкие капли, находящиеся в атмосфере пересыщенного пара [4]. Свободная энергия этих кластеров складывается из положительной свободной поверхностной энергии  $E_{\sigma}$  и отрицательной свободной объемной энергии  $E_v$ . Для кластера, состоящего из  $n$  атомов или молекул, поверхностная энергия может быть вычислена по формуле (1). Вклад объемной энергии вычисляется по формуле (2). Таким образом, свободная энергия формирования нанокластера, состоящего из  $n$  атомов или молекул вычисляется по формуле (4). Положительное значение энергии поверхности раздела фаз препятствует начальному зародышеобразованию. Это приводит к существованию энергетического барьера, который должна преодолеть система для инициирования процесса образования наночастиц. Минимальный размер нанокластера или зародыша рассчитывается по формуле (5). (5) Зародыши и кластеры с меньшим размером термодинамически неустойчивы. Величина энергетического барьера, который надо преодолеть системе для начала процесса зародышеобразования вычисляется по формуле (6). Оптические свойства наночастиц металлов. Спектр поглощения коллоидного раствора не зависит от размера частиц дисперсной фазы ( $D$ ), если их размер намного меньше длины волны падающего света ( $\lambda$ ). Для наносистем, в которых  $1 < D < 100$  нм, диапазон длин волн видимого света  $300 < \lambda < 700$  нм, экспериментально наблюдаемые полосы поглощения обусловлены резонансным поглощением плазмонов. Под плазмоном понимают квазичастицу, отвечающую коллективным колебаниям свободных электронов в металле. Размер частицы, диэлектрическая проницаемость наночастицы и окружающей среды определяют индивидуальную частоту колебаний электронной плотности. Совпадение частоты падающего излучения с собственной частотой колебаний электронной плотности наночастицы металла приводит к возникновению резонансного поглощения, т.е. к появлению в электронных спектрах плдлс плазмонного резонанса (ППР). Положение и полуширина ППР определяется размером и однородностью наночастиц металла.

**Тема 3. Физические методы получения металлосодержащих наноразмерных частиц. Получение наночастиц металлов путем диспергирования.**

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

Методы получения наноразмерных частиц (НРЧ). Особенности получения наноструктур. Условия получения наноматериалов: неравновесность систем. однородность наночастиц. монодисперсность наночастиц. Классификация методов получения наноструктур и наноматериалов (методы наносборки и групповые методы, ~сверху-вниз~, снизу-вверх, химические и физические). Методы молекулярных пучков (молекулярные пучки малой интенсивности, сверхзвуковое истечение газов из сопла). Аэрозольный метод (газофазный синтез), вакуумное испарение, ионная бомбардировка, катодное распыление, низкотемпературная плазма (плазмохимический синтез).

**Тема 4. Химические методы получения металлосодержащих наноразмерных частиц: синтез в реакциях восстановления, в жидкофазных окислительно-восстановительных реакциях, электрохимический синтез, криохимический синтез.**

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



Из химических методов наиболее распространены известные уже свыше ста лет методы синтеза НРЧМ в процессе восстановления соединений металлов в присутствии разнообразных стабилизаторов, осаждение НРЧ солей и оксидов металлов из коллоидных растворов. В качестве восстановителей используются гидриды легких металлов, алюмогидриды, борогидриды, некоторые amino- и гидразинобораны, гипофосфиты, формальдегид, соли щавелевой и винной кислот, гидрохинон, декстрины и ряд других неорганических соединений, например  $CS_2$ ,  $CO$ ,  $NO$ ,  $SnCl_2$ , но чаще всего водород и некоторые водородсодержащие соединения (аммиак, гидразин и его производные,  $H_2S$ ,  $H_2O_2$ ). Осаждение из коллоидных растворов. Синтез НРЧ в реакциях восстановления. Восстановление водородом и газообразными водородсодержащими соединениями. Химическое восстановление в жидких средах. Общие закономерности. Восстановление ионов металлов тетрагидроборатами щелочных металлов и боразотоводородными соединениями. Восстановление металлов гипофосфитом. Восстановление металлов азотоводородными соединениями. Восстановление металлов органическими соединениями. Получение НРЧ в реакциях, стимулированных высокоэнергетическим излучением. Электрохимические методы получения НРЧ. Криохимический синтез.

#### **Тема 5. Реакции термического распада: термолиз в газовой фазе, термолиз карбониллов, термолиз в растворах, твердофазный термолиз, термолиз карбоксилатов.**

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

Условия термического распада металлосодержащих соединений в различных агрегатных состояниях. Газофазный пиролиз для получения наночастиц металлов I, IV-VIII групп ( стационарные и нестационарные условия, в вакууме, в атмосфере инертного газа). Химические аспекты газофазного пиролиза., M-L-связей. Способы термического разложения в растворах. Твердофазный термолиз органических и неорганических веществ. Термолиз карбоксилатов металлов, Особенности строения карбоксилатов металлов. Кинетика термолиза карбоксилатов, деградация кристаллогидратов карбоксилатов переходных металлов. Термолиз безводных карбоксилатов переходных металлов

#### **Тема 6. Макромолекулы как стабилизаторы ультрадисперсного состояния. Параметры оценки стабилизирующей способности полимеров. Интерактивный опрос.**

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

Надмолекулярные структуры в полимерах. Примеры некоторых типов надмолекулярных образований в полимерах. Управление характером морфологии ПЭ в условиях ионно-координационной полимеризации на комплексных катализаторах. Синтез сверхвысокомолекулярного ПЭ в суспензионном режиме. Введение наноразмерных наполнителей. Инкорпорирование кластеров неорганического полимера в органическую полимерную матрицу. Получение нанокомпозитов методом полимеризационного наполнения. Инкорпорирование неорганического полимера в органическую полимерную матрицу по типу ВПС

#### **Тема 7. Основные методы получения и структура наноразмерных частиц в полимерах. Общая характеристика методов.**

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

Общая характеристика методов. Практически все методы формирования изолированных НРЧ можно использовать и для получения наночастиц, заключенных в полимерные матрицы. Описанные методы обычно двухстадийны: молекулярное диспергирование, атомизация либо восстановление и последующая конденсация атомного металла до НРЧ. Однако эти реакции весьма быстро следуют одна за другой и практически не могут быть разделены. По сути это один сложный процесс возникновения зародышей и роста твердой фазы. Без присутствия специальным образом подготовленной матрицы невозможен синтез структурно-однородных НРЧ, а на их основе ? материалов с оптимальными электрическими, магнитными, оптическими и физико-механическими свойствами. По формальным признакам методы получения композитных материалов, представляющих собой полимерную матрицу, в которой случайным образом распределены ультрадисперсные частицы или кластеры (совокупность прилегающих друг к другу дискретных частиц металла в виде агрегатов неопределенной формы и величины) могут быть разделены на три большие группы: физические, физико-химические и химические. Как правило, такое деление весьма условно и основывается главным образом на способе формирования НРЧ и на характере их взаимодействия с матрицей. Механохимическое диспергирование. Микрокапсулирование наночастиц полимерами. Напыление атомного металла на полимеры. Криохимический метод. Термические способы испарения атомов металла на полимеры. Напыление металла при полимеризации в плазме

## **Тема 8. Восстановительные методы синтеза полимер-связанных наноразмерных частиц.**

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

Восстановители и восстановительные процессы. Восстанавливающими агентами, как и в процессах без полимеров, служат водород, тетрагидроборат натрия, гидразин, гидразин гидрат, гидразинборан, фенилгидразин, фотографические восстановители (гидрохинон, п-фенилендиамин, пирогаллол и др.). Для восстановления ионов металлов в полимерных системах используют также очень эффективный гомогенный восстановитель триэтилсилан (гомогенный, но медленно восстанавливающий агент), различные спирты (чаще многоатомные). Типичные металлы для формирования НРЧ этим методом находятся в ряду до водорода, ионы металлов с более высоким потенциалом восстанавливаются легче, восстановление водородом ионов металлов с положительным электрохимическим электродным потенциалом термодинамически более выгодно. Представляют особый интерес исследования возможностей использования в качестве восстанавливающих агентов высокомолекулярных восстановителей, которые могли бы выполнять одновременно функции как восстановителя ионов металлов, так и стабилизатора образующейся суспензии наночастиц. В частности, показана возможность восстановления золотохлороводородной кислоты ПЭИ, ПЭГ и ПВПр. Обычно восстановитель медленно прибавляют в инертной атмосфере при комнатной температуре или чуть выше в случае благородных металлов: при кипячении в спиртовых, водных, спиртоводных и других средах. Восстанавливаемое вещество можно вводить непосредственно с полимером (и тогда вероятность предварительного формирования в системе макромолекулярных металлокомплексов больше) либо использовать раствор восстанавливающего агента с полимером. При умеренных скоростях подачи ионов металлов иногда происходит последовательное увеличение среднего размера НРЧ в полимерах, металлокомплексов. Несмотря на то, что концентрация ионов металла, связываемых функциональными группами полимера, определяющаяся составом формирующихся комплексов (сорбционная емкость), невелика, в многоцикловых процессах степень связывания металла может достигать десятков, а иногда и сотен процентов по отношению к полимеру. Это происходит вследствие того, что в восстановительных средах комплексообразующая способность большинства функциональных групп полимера (например, карбоксильных в случае ПАК) после образования фазы металла, его оксида либо сульфида практически полностью восстанавливается (хотя не исключено, что часть функциональных групп полимера участвует в образовании химических связей с поверхностными атомами НРЧ). Восстановление в растворах полимеров. Восстановление в блок-сополимерах. Формирование НРЧ в гетерогенных полимерных системах

## **Тема 9. Круглый стол: Современные методы синтеза наночастиц металлов на поверхности гиперразветвленных полимеров, дендримеров и неорганических оксидов?**

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

Понятия дендример, гиперразветвленный полимер. Методы синтеза и свойства наночастиц на платформе дендримеров. Методы синтеза и свойства наночастиц на платформе гиперразветвленных полимеров. диоксид кремния как матрица для синтеза наночастиц металлов.

#### **Тема 10. Полимераналогичные превращения и иммобилизация металлокластеров.**

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

Иммобилизация кластеров монометаллического типа. гетерополиядерные кластеры, химически связанные с полимерами. Полимеризация и сополимеризация металлосодержащих мономеров. Надмолекулярные структуры в полимерах. Примеры некоторых типов надмолекулярных образований в полимерах. Управление характером морфологии ПЭ в условиях ионно-координационной полимеризации на комплексных катализаторах. Синтез сверхвысокомолекулярного ПЭ в суспензионном режиме. Введение наноразмерных наполнителей. Инкорпорирование кластеров неорганического полимера в органическую полимерную матрицу. Получение нанокомпозитов методом полимеризационного наполнения. Инкорпорирование неорганического полимера в органическую полимерную матрицу по типу ВПС

#### **Тема 11. Термолиз прекурсоров - матриц для получения полимер-стабилизированных наночастиц металлов. Интерактивный опрос.**

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

Разложение карбониллов металлов в растворах полимеров. Осуществление этих реакций в присутствии полимеров ? наиболее простая и известная техника и, пожалуй, самый распространенный метод введения больших (иногда до 90 %(мас.)) количеств коллоидных частиц металлов в полимерные композиции. Это основной путь приготовления ферромагнитных НРЧ, заключенных в полимеры, сопровождающийся хемосорбцией макромолекул на НРЧ в момент их образования. Некоторые этапы этого многостадийного процесса (особенно рост частиц) сродни рассмотренному ранее механизму конденсации паров металлов на полимерные матрицы. Оригинальный путь формирования металлополимеров термическим разложением прекурсоров заключается в локализации частиц, образующихся за счет высокоскоростного мономолекулярного распада растворов соединений металлов в расплавах полимеров, в естественных пустотах полимерных матриц (ПЭ, ПП, ПТФЭ и др.); такие материалы получили название "класпол". Этот процесс осуществляют таким образом, чтобы обеспечить как можно более высокую температуру расплава, значительно превышающую температуру начала распада карбонила (применяют разбавленные растворы карбонила в условиях максимально быстрого и полного удаления отщепляемого лиганда из реакционной среды). Такой подход имеет ряд преимуществ. Повышение температуры, с одной стороны, увеличивает степень разложения металлообразующих прекурсоров, а с другой, - снижает выход побочных продуктов. Помимо этого в расплаве, в отличие от раствора, сохраняется ближний порядок структуры исходного полимера, а имеющиеся в нем пустоты становятся доступными для локализации образующихся частиц.. Разложение карбониллов в функционализированных полимерах

#### **Тема 12. Наногибридные полимер-неорганические композиты.**

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

Инкорпорирование кластеров неорганического полимера в органическую полимерную матрицу. Существенный научный интерес вызывают исследования по инкорпорированию или введению в однородную по химическому строению органическую полимерную матрицу кластеров неорганического полимера, что приводит к существенному изменению свойств модифицируемой полимерной матрицы и используется в ряде практических приложений. Такие исследования вылились в целое направление по синтезу органо-неорганических гибридных полимерных систем или гибридных нанокомпозитов. Синтез органо-неорганических композиций, как мы будем рассматривать позднее, может осуществляться и методом сополимеризации (методы смешения компонентов, в т.ч. и наноразмерных, для получения подобных материалов оказываются непригодны). Далее проводится гидролиз алкоксисилановых групп полученного сополимера и последующая конденсация силанольных групп с образованием наноразмерных структурированных участков полимерной системы. Получение нанокомпозитов методом полимеризационного наполнения. Суть метода заключалась в поверхностной модификации дисперсных неорганических систем (аэросил, стекловолокно, углеродные материалы и другие) путем создания на поверхности химически связанных через "анкерные" группы реакционноспособных иницирующих (перекисных) групп или мономерных групп. Такие системы позволили привить на поверхность неорганических систем, например стекловолокна или углеволокна, тонкие слои полимера методом полимеризации из газовой или жидкой фазы (в зависимости от характера прививаемого мономера). Толщина полимерных слоев соответствует наноразмерам. Вторая интересная особенность реакций привитой полимеризации связана с локальным распределением связанного инициатора или сомономера на твердой поверхности, к которой осуществляется прививка, что определяет поверхностную, а не объемную концентрацию указанных компонентов в системе. Это также сказывается на кинетических особенностях системы. Инкорпорирование неорганического полимера в органическую полимерную матрицу по типу ВПС. Особый интерес представляет возможность получения гибридных органо-неорганических полимерных систем путем инкорпорирования в органическую полимерную фазу другого полимера, имеющего неорганическую природу, по типу взаимопроникающих сеток или полимерных систем типа "сетка в сетке". Это новый вариант формирования структурированной полимер-полимерной гибридной системы наногетерогенного типа на основе несовместимых по характеру полимерных составляющих. Синтез силиконовой сетки. Такие гибридные системы представляют собой особые гидрогелевые полимерные композиции с интересными и практически важными свойствами, определяющимися их наномикрогетерогенным характером. Например, они с успехом могут быть использованы для получения нового варианта контактных офтальмологических линз длительного ношения. Характеристики получаемых на основе этих гидрогелей офтальмологических линз длительного использования в сопоставлении с аналогичными решениями ведущих зарубежных фирм. Учитывая высокий уровень параметров новых линз (оптическую прозрачность, бифазность и морфологию, высокие показатели гидрофильности и кислородопроницаемости), а также простоту технологии формования (без использования лазерных технологий), их можно рекомендовать для промышленного применения. Это еще один аргумент в пользу преимуществ наноструктурных (нанореакторных) полимерных систем.

### **Тема 13. Золь-гель метод получения наночастиц металлов.**

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

Получение гибридных нанокомпозитов золь-гель-методом. Золь-гель-метод – удобный путь получения дисперсных материалов, он позволяет исключить многочисленные стадии промывки, так как в качестве исходных веществ используют соединения, не вносящие примеси в состав конечного продукта. Этот метод основан на реакциях полимеризации неорганических соединений и включает следующие стадии: 1) приготовление раствора (в качестве растворителей служит алкоголь (Alk) – спирты разной природы); 2) образование геля; 3) сушка; 4) термообработка. Разумеется, реальный процесс намного сложнее и протекает по многомаршрутному механизму. При этом существенное значение имеют условия протекания: использование катализаторов, природа металла и алкоксигруппы. Таким образом, золь-гель-процесс включает гидролиз, полимеризацию (химически контролируемую конденсацию) гелепрекурсора, нуклеацию (образование зародышей) и рост частиц с их последующей агломерацией. В качестве прекурсоров чаще всего используют тетраметилоксисилан (ТМОС) или тетраэтоксисилан (ТЭОС), которые формируют силикагелевую структуру (?хозяйин?) вокруг допанта (?гость?) и тем самым создают как бы специфическую клетку-ловушку. Нуклеация протекает через образование полиядерного комплекса, концентрация которого увеличивается, пока не достигается некоторое пересыщение, определяемое его растворимостью. С этого момента начинается рост зародышей, а новые зародыши уже не образуются. На стадии образования геля (желатинизации) можно проводить пропитку гелей ионами различных металлов. Получение наногибридных материалов мультиметаллического типа золь-гель-методом. Этим методом могут быть синтезированы нанокомпозиты на основе керамики гетерометаллического типа, например перовскит. Интеркаляция полимеров в пористые и слоистые наноструктуры. Интеркаляционные системы по архитектуре и свойствам пор делят на два типа. Для первого типа характерно наличие жестких пор с постоянным объемом, параллельная изоляция каналов решетки и взаимосвязь каналов сетки. Локализацию, концентрацию и пространственное распределение ?гостей? определяют топология, химическая природа и реакционная способность внутренней поверхности пор ?хозяйина?. Выбор ?гостей? в такой системе ограничен минимальным размером сшитых каналов, что приводит к селективной интеркаляции в жестких пространственных матрицах. Для систем второго типа характерна низкая размерность решетки ?хозяйина?, т. е. структура типа ?слой? или ?цепь?. Это делает поры ?гибкими?, их размеры могут адаптироваться к размерам ?гостя?. В слоистых системах внутрислоевое пространство составляет ~5 нм; толщина слоя, например, в перовските меняется в пределах (0,5 ... 2,2) нм. Особое место занимают решетки ?хозяйина?, обладающие электронной проводимостью (полупроводники, металлы). При интеркаляции в них протекают окислительно-восстановительные реакции с переносом электрона (иона), в результате чего физические свойства матрицы ?хозяйина? существенно меняются. Наиболее интересные приемы синтеза одномерных нанокомпозитов основаны на интеркаляции в матрицу. Чаще всего для получения интеркалированных гибридных нанокомпозитов используют интеркаляцию макромолекул в слоистые природные структуры. Внедрение полимерных молекул в слоистые решетки ?хозяйина? представляет интерес с разных точек зрения. Во-первых, появляется возможность создания органо-неорганических полислоистых композитов. Во-вторых, интересна сама интеркаляционная физико-химия и ее роль в приобретении системой электронной проводимости или улучшении физико-механических свойств.

#### **Тема 14. Нанокомпозиты включения полимер-халькогениды металлов. практическое занятие (2 часа(ов)):**

Самостоятельное значение имеют также нанокompозиты, структурным элементом (?хозяйном?) которых является халькогенид металла. Нанокристаллы полупроводников на основе халькогенидов металлов, введенные в полимерные матрицы, проявляют люминесцентные свойства; в первую очередь это относится к нанокристаллам CdSe, CdS-Ag, ZnS или ZnS-CuS. Композиты на основе ZnS-CuS, содержащие кристаллы размером ~2 нм в полимерной матрице, получали сополимеризацией акрилатов соответствующих металлов со стиролом и последующей обработкой раствора (образовавшегося сополимера) сероводородом в хлороформе. Такие композиты обладают хорошими фото- и электролюминесцентными свойствами. Халькогениды металлов с более сложной слоистой структурой, например PbNb<sub>2</sub>S<sub>5</sub> или SmNbS<sub>4</sub>, также могут быть расщеплены и подвергнуты интеркалированию. В полярных растворителях одномерные фазы ?хозяйина? образуют коллоидные системы с MMo<sub>3</sub>Se<sub>3</sub> (M = Li, Na, In). Они содержат монодисперсные отрицательно заряженные конденсированные кластерные цепи (MMo<sub>3</sub>Se<sub>3</sub>)<sub>n</sub> и представляют интерес для создания материалов с нанопроволочной морфологией. Для этого проводят блочную полимеризацию в присутствии сшивающего агента низкоконцентрированных (10<sup>-3</sup>...10<sup>-4</sup> моль/л) растворов таких ?жестких палочек? в сольватирующем мономере (винилкарбонате). Система быстро затвердевает, полимерная матрица обеспечивает захват, ассоциацию и изоляцию неорганической фазы. Формирующийся нанокompозит содержит индивидуальные изотропные нанопроволоки диаметром 0,6 ... 2 нм и длиной 5 ... 10 нм. При полимеризации более концентрированных растворов (10<sup>-2</sup> моль/л) нанокompозит формируется в виде ориентированных мультипроволок (?нанокабелей?) диаметром 2 ... 4 нм и длиной -500 ... 1500 нм. Каждый ?нанокабель? содержит 5 ... 20 ?нанопроволок?. Молекулярная масса неорганической цепочки ? проволоки ? оценивается как ~10<sup>5</sup>, проводимость составляет 10 ... 10<sup>6</sup> См/см, т. е. приблизительно равна проводимости пленки (LiMo<sub>3</sub>Se<sub>3</sub>)<sub>n</sub>. Интеркаляция полимеров в межслоевые пространства халькогенидов ? это активно и плодотворно развивающаяся область технологии получения нанокompозитов. К настоящему времени выявлены основные эффекты, сопутствующие процессам формирования таких материалов, изучены их структурная организация и основные свойства, что позволяет прогнозировать создание материалов нового типа.

### **Тема 15. Металлоструктуры ( полиядерные, кластерные и наноразмерные) в биополимерах.**

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

Синтез наночастиц металлов в биомолекулах Задолго до того как удалось синтезировать первые наночастицы металлов, они были обнаружены в составе природных биологических комплексов и играли важную роль в функционировании живых организмов. Наиболее распространенные в организме наночастицы - магнетит и ферригидрит (минеральное ядро ферритина). Процессы формирования неорганических структур в биологических системах происходят самопроизвольно в контакте с высокоорганизованной молекулярной матрицей, характеризуются высокой степенью воспроизводимости формы и состава частиц, протекают при температурах окружающей среды и в водной фазе. Эти процессы представляют собой комплекс сложных и не до конца изученных реакций, в которых важную роль играет супрамолекулярная организация частиц и структура органической матрицы, влияющая на формирование структуры и рост НРЧ металлов. В обзоре опубликованы результаты скрининга культур бактерий (*Pseudomonas stutzeri*, *Dacillus subtilis*, *Pseudomonas putida*), дрожжей (*Schizosaccharomyces pombe*, *Pichia jidinii*) и грибов (*Verticillium dahliae*, *Verticillium luteoablium*, *Fusarium oxurogum*) в плане их возможностей в биосинтезе наночастиц золота. Биомасса культуры использовалась после инкубирования в течении 24,48 и 78 часов. Варьировалось значение pH (от 3 до 9), время инкубирования биомасса/прекурсор ( $\text{HAuCl}_4$ ), температура инкубирования смеси (23,35,500С) и концентрация перкурсора (250, 500, 2500 мг/мл). Установлено, что варьирование этих параметров позволяет управлять клеточным механизмом восстановления ионов  $\text{Au}^{3+}$ , а так же формирование наночастиц золота (рис. 1.5). Рис. 1.5. Микрофотография образца НРЧ Au, полученная методом ТЭМ [32]. Наночастицы золота так же получены внеклеточным биосинтезом с использованием экстрактов-восстановителей растений *Magnolia kobus* и *Diopyros kaki*. Всего несколько минут оказалось достаточно для 90% конверсии прекурсора при проведении реакции при 950С. Методами микроскопии доказано наличие тригональных, пентагональных и гексагональных кристаллов Au с  $d \sim 5-300$  нм. В работе охарактеризован биосинтез наночастиц платины с использованием клеток сульфатредуцирующих бактерий в анаэробных условиях, с учетом и без учета вклада ферментативных процессов. В качестве прекурсора использован  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  в соотношении белок/прекурсор 0.7:1 и 4:1. Биосинтез велся при начальном pH=9, инкубации при 650С в темноте в течение 0, 0.5, 1,2,4,6, и 8 часов. Установлено преимущественное влияние ферментативных процессов в сульфатредуцирующих бактериях на образование фрактальных кристаллитов Pt(0) различной морфологии. Клетки плесневых грибов *Aspergillus flavus* участвуют в трансформировании  $\text{AgNO}_3$  и аккумулируют наночастицы серебра на поверхности клеточной стенки. Полный цикл биосинтеза составляет 72 часа. Механизм биосорбции наночастиц металла включает в себя стадии иного обмена, преципитации и комплексообразования. В результате наблюдается формирование монодисперсных частиц Ag(0) размером  $8.92 \pm 1.61$  нм стабильных в водном растворе более 3 месяцев. Наблюдаемый факт поверхностной битрансформации и аккумуляции НРЧ металлов позволяет объяснить механизм защиты плесневой культуры от токсического воздействия ионов металлов. (0.11 дидактические единицы)

#### **Тема 16. Темплатный синтез нанобиокомпозитов.**

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

Синтез наночастиц в сферических и несферических мицеллах, микроэмульсиях. Основные факторы, влияющие на размер и форму, синтезируемых наночастиц. Синтез наночастиц в микроэмульсиях в сверхкритическом оксиде углерода. Использование гексагональных и кубических жидкокристаллических фазах в качестве матрицы для синтеза наноматериалов. Бактерии *Bacillus subtilis* как биоорганические темплаты. Синтез наночастиц в сферических и несферических мицеллах, микроэмульсиях. Основные факторы, влияющие на размер и форму, синтезируемых наночастиц. Синтез наночастиц в микроэмульсиях в сверхкритическом оксиде углерода. Использование гексагональных и кубических жидкокристаллических фазах в качестве матрицы для синтеза наноматериалов. *Bacillus subtilis* как биоорганический темплат.

#### **Тема 17. Основные области применения материалов на основе наноразмерных и кластерных частиц металлов.**

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

Изменение физико-химических и эксплуатационных свойств полимеров в присутствии наночастиц металлов. особенности взаимодействия металла с полимером. Механические свойства металлополимерных композитов, адгезия, упругость, твердость, механическая прочность, термоустойчивость, магнитные свойства, ферромагнетики, современные носители информации. Электропроводящие свойства металлополимерных композитов. оптические свойства, квантовые точки. Применение в фармацевтике и медицине

**Тема 18. Специфика катализа полимер-иммобилизованными наночастицами металлов. практическое занятие (2 часа(ов)):**

Металлы в коллоидном состоянии как катализаторы гидрогенизации органических соединений и модели влияния размерных эффектов на каталитическую активность. Полиместаблизированные наночастицы Pd и Pt как катализаторы гидрирования углеводородов ( влияние на степень конверсии)

**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. Наночастицы, кластерные системы различного размера.   | 8       | 1               | подготовка домашнего задания          | 2                      | домашнее задание                      |
| 2. | Тема 2. Модели образования металлсодержащих наночастиц. Кинетика формирования новой фазы, статистическая концепция образования. Моделирование образования металлических наночастиц в отсутствие и при наличии химических реакций. | 8       | 2               | подготовка домашнего задания          | 2                      | домашнее задание                      |
| 3. | Тема 3. Физические методы получения металлосодержащих наноразмерных частиц. Получение наночастиц металлов путем диспергирования.  | 8       | 3               | подготовка к устному опросу           | 2                      | устный опрос                          |



| N  | Раздел Дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|---|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 4. | Тема 4. Химические методы получения металлосодержащих наноразмерных частиц: синтез в реакциях восстановления, в жидкофазных окислительно-восстановительных реакциях, электрохимический синтез, криохимический синтез. | 8       | 4               | подготовка к устному опросу           | 2                      | устный опрос                          |
| 5. | Тема 5. Реакции термического распада: термолиз в газовой фазе, термолиз карбониллов, термолиз в растворах, твердофазный термолиз, термолиз карбоксилатов.   | 8       | 5               | подготовка домашнего задания          | 2                      | домашнее задание                      |
| 6. | Тема 6. Макромолекулы как стабилизаторы ультрадисперсного состояния. Параметры оценки стабилизирующей способности полимеров. Интерактивный опрос.   | 8       | 6               | подготовка к тестированию             | 2                      | тестирование                          |
| 7. | Тема 7. Основные методы получения и структура наноразмерных частиц в полимерах. Общая характеристика методов.   | 8       | 7               | подготовка к устному опросу           | 2                      | устный опрос                          |
| 8. | Тема 8. Восстановительные методы синтеза полимер-связанных наноразмерных частиц.  | 8       | 8               | подготовка домашнего задания          | 2                      | домашнее задание                      |

| N   | Раздел Дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|-----|---|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 9.  | Тема 9. Круглый стол: Современные методы синтеза наночастиц металлов на поверхности гиперразветвленных полимеров, дендримеров и неорганических оксидов? | 8       | 9               |                                       | 2                      | научный доклад                        |
| 10. | Тема 10. Полимераналогичные превращения и иммобилизация металлокластеров.   | 8       | 10              | подготовка домашнего задания          | 2                      | домашнее задание                      |
| 11. | Тема 11. Термолиз прекурсоров - матриц для получения полимер-стабилизированных наночастиц металлов. Интерактивный опрос.                                | 8       | 11              | подготовка к тестированию             | 2                      | тестирование                          |
| 12. | Тема 12. Наногибридные полимер-неорганические композиты.  | 8       | 12              | подготовка домашнего задания          | 2                      | домашнее задание                      |
| 13. | Тема 13. Золь-гель метод получения наночастиц металлов.   | 8       | 13              | подготовка домашнего задания          | 2                      | домашнее задание                      |
| 14. | Тема 14. Нанокompозиты включения полимер-халькогениды металлов.   | 8       | 14              | подготовка к устному опросу           | 2                      | устный опрос                          |
| 15. | Тема 15. Металлоструктуры (полиядерные, кластерные и наноразмерные) в биополимерах.   | 8       | 15              | подготовка к творческому экзамену     | 2                      | творческое задание                    |
| 16. | Тема 16. Темплатный синтез нанобиокompозитов.   | 8       | 16              | подготовка домашнего задания          | 2                      | домашнее задание                      |
| 17. | Тема 17. Основные области применения материалов на основе наноразмерных и кластерных частиц металлов.   | 8       | 17              | подготовка к коллоквиуму              | 2                      | коллоквиум                            |

| N   | Раздел Дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|-----|---|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 18. | Тема 18. Специфика катализа полимер-иммобилизованными наночастицами металлов. | 8       | 18              |                                       | 2                      | дискуссия                             |
|     | Итого   |         |                 |                                       | 36                     |                                       |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

- компьютерные презентации лекций;
- интерактивный опрос по разделам 1-5
- интерактивный опрос по разделам 6-11;
- круглый стол по разделу 9 "Современные методы синтеза наночастиц металлов на поверхности гиперразветвленных полимеров, дендримеров и неорганических оксидов"
- коллоквиум по разделу 17 "Основные области применения материалов на основе наноразмерных и кластерных частиц металлов".

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

### Тема 1. Введение. Наночастицы, кластерные системы различного размера.

домашнее задание , примерные вопросы:

Размерные эффекты

### Тема 2. Модели образования металлосодержащих наночастиц. Кинетика формирования новой фазы, статистическая концепция образования. Моделирование образования металлических наночастиц в отсутствие и при наличии химических реакций.

домашнее задание , примерные вопросы:

Моделирование образования металлических наночастиц в отсутствие и при наличии химических реакций.

### Тема 3. Физические методы получения металлосодержащих наноразмерных частиц. Получение наночастиц металлов путем диспергирования.

устный опрос , примерные вопросы:

Получение наночастиц металлов путем диспергирования.

### Тема 4. Химические методы получения металлосодержащих наноразмерных частиц: синтез в реакциях восстановления, в жидкофазных окислительно-восстановительных реакциях, электрохимический синтез, криохимический синтез.

устный опрос , примерные вопросы:

электрохимический синтез, криохимический синтез.

### Тема 5. Реакции термического распада: термолиз в газовой фазе, термолиз карбониллов, термолиз в растворах, твердофазный термолиз, термолиз карбоксилатов.

домашнее задание , примерные вопросы:

термолиз в растворах

### Тема 6. Макромолекулы как стабилизаторы ультрадисперсного состояния. Параметры оценки стабилизирующей способности полимеров. Интерактивный опрос.

тестирование , примерные вопросы:

1. Какой размер имеют наноразмерные частицы? А. 1-50 нм. Б. 50-100 нм. В. 100-1000 нм. 2. К физическим методам получения наночастиц металлов относятся: А. Пиролиз Б. Катодное распыление. В. Восстановление в растворе. Г. Диспергирование.

**Тема 7. Основные методы получения и структура наноразмерных частиц в полимерах. Общая характеристика методов.**

устный опрос , примерные вопросы:

физические методы получения наночастиц, стабилизированных полимерами

**Тема 8. Восстановительные методы синтеза полимер-связанных наноразмерных частиц.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Электрохимические характеристики восстановителей и условия восстановления при синтезе полимеримобилизованных наночастиц

**Тема 9. Круглый стол: Современные методы синтеза наночастиц металлов на поверхности гиперразветвленных полимеров, дендримеров и неорганических оксидов?**

научный доклад , примерные вопросы:

Научный доклад на 10 минут на тему " Синтез и свойства наночастиц металла, стабилизированных полимером"

**Тема 10. Полимераналогичные превращения и иммобилизация металлокластеров.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Гетерополиядерные кластеры в полимерах

**Тема 11. Термолиз прекурсоров - матриц для получения полимер-стабилизированных наночастиц металлов. Интерактивный опрос.**

тестирование , примерные вопросы:

1. Укажите цвет золя наночастиц золота  $d=23$  нм: А. Фиолетовый. Б. Красный. В. Лиловый. Г. Синий. 2. Чем определяется скорость восстановления ионов металлов в полимерной матрице? А. Скоростью диффузии ионов металлов. Б. Природой фонового электролита. В. Скоростью восстановления. Г. Радиусом атома металла

**Тема 12. Наногибридные полимер-неорганические композиты.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Наночастицы металлов на платформе диоксида кремния.

**Тема 13. Золь-гель метод получения наночастиц металлов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Коллоидные растворы наночастиц металлов в полимерах

**Тема 14. Нанокompозиты включения полимер-халькогениды металлов.**

устный опрос , примерные вопросы:

Нанокompозиты на основе дисульфидов.

**Тема 15. Металлоструктуры ( полиядерные, кластерные и наноразмерные) в биополимерах.**

творческое задание , примерные вопросы:

Описать метод синтеза и свойства наночастиц, сформированных в матрице бактерий или грибов.

**Тема 16. Темплатный синтез нанобиокompозитов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Свойства бактерий в темплатном синтезе наночастиц металлов.

**Тема 17. Основные области применения материалов на основе наноразмерных и кластерных частиц металлов.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Контрольные вопросы к коллоквиуму 1. Какие необычные свойства проявляют наночастицы металлов. 2. Какое модифицирующее действие оказывают наночастицы металлов на полимеры. 3. Опишите химические превращения, которые может претерпевать полимерная матрица под воздействием наночастиц металлов. 4. Каким образом присутствие наночастиц металлов в полимерном композите влияет на электропроводящие свойства композита. 5. Опишите использование полимериммобилизованных наночастиц металлов в развитии мембранной и пленочной технологий. 6. В чем заключаются новые свойства магнитных нанокompозитов и магнитных нанопокpытий? 7. Опишите оптические и полупроводниковые свойства металлических наночастиц. Контрольные вопросы к самостоятельной работе студентов 1. Опишите гомогенное и гетерогенное зародышеобразование металлосодержащих наночастиц. 2. Охарактеризуйте влияние температуры на процесс образования новой фазы. 3. Каковы кинетические закономерности образования новой фазы? 4. Опишите формирование кластеров в газофазных реакциях. 5. В чем сущность моделирования фрактальных структур? 6. Охарактеризуйте структуру и кинетику роста фрактального кластера. 7. Что такое фрактальные нити? 8. Охарактеризуйте физические методы получения металлических наночастиц. 9. Опишите получение металлонаночастиц с использованием низкотемпературной плазмы. 10. Опишите получение металлонаночастиц с использованием диспергирования. 11. Что такое сонохимический синтез? 12. Опишите термолитз металлоорганических прекурсоров. 13. Охарактеризуйте термолитз в газовой фазе. 14. Охарактеризуйте полимерные соединения как стабилизаторы. 15. Что такое матричная изоляция. 16. Дайте характеристику методам и структуре металлических наночастиц в полимерах. 17. Опишите механохимическое диспергирование наночастиц металлов. 18. Опишите получение металлонаночастиц на стадии поликонденсации. 19. Охарактеризуйте твердофазный термолитз металлоорганических прекурсоров в полимерных матрицах. 20. Охарактеризуйте морфологию и дисперсность продуктов термолитза. 21. Опишите биосорбцию и биокоагуляцию наночастиц металлов 22. В чем специфика катализа полимериммобилизованными наночастицами металлов?

### **Тема 18. Специфика катализа полимер-иммобилизованными наночастицами металлов.**

дискуссия, примерные вопросы:

Сбор информации о применении наночастиц металлов платиновой группы в катализе.

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

Примерные вопросы к зачету:

Примеры тестовых заданий по темам 1-6

1. Какой размер имеют наноразмерные частицы?

- А. 1-50 нм.
- Б. 50-100 нм.
- В. 100-1000 нм.

2. К физическим методам получения наночастиц металлов относятся:

- А. Пиролиз
- Б. Катодное распыление.
- В. Восстановление в растворе.
- Г. Диспергирование.

Примеры тестовых заданий по темам 6-11

1. Укажите цвет золя наночастиц золота  $d=23$  нм:

- А. Фиолетовый.
- Б. Красный.
- В. Лиловый.
- Г. Синий.

2. Чем определяется скорость восстановления ионов металлов в полимерной матрице?

- А. Скоростью диффузии ионов металлов.
- Б. Природой фонового электролита.

В. Скоростью восстановления.

Г. Радиусом атома металла

Контрольные вопросы к коллоквиуму

1. Какие необычные свойства проявляют наночастицы металлов.
2. Какое модифицирующее действие оказывают наночастицы металлов на полимеры.
3. Опишите химические превращения, которые может претерпевать полимерная матрица под воздействием наночастиц металлов.
4. Каким образом присутствие наночастиц металлов в полимерном композите влияет на электропроводящие свойства композита..
5. Опишите использование полимериммобилизованных наночастиц металлов в развитии мембранной и пленочной технологий.
6. В чем заключаются новые свойства магнитных нанокompозитов и магнитных нанопокровов?
7. Опишите оптические и полупроводниковые свойства металлических наночастиц.

Контрольные вопросы к самостоятельной работе студентов

1. Опишите гомогенное и гетерогенное зародышеобразование металлосодержащих наночастиц.
2. Охарактеризуйте влияние температуры на процесс образования новой фазы.
3. Каковы кинетические закономерности образования новой фазы?
4. Опишите формирование кластеров в газофазных реакциях.
5. В чем сущность моделирования фрактальных структур?
6. Охарактеризуйте структуру и кинетику роста фрактального кластера.
7. Что такое фрактальные нити?
8. Охарактеризуйте физические методы получения металлических наночастиц.
9. Опишите получение металлонаночастиц с использованием низкотемпературной плазмы.
10. Опишите получение металлонаночастиц с использованием диспергирования.
11. Что такое сонохимический синтез?
12. Опишите тизмолиз металлоорганических прекурсоров.
13. Охарактеризуйте термолиз в газовой фазе.
14. Охарактеризуйте полимерные соединения как стабилизаторы.
15. Что такое матричная изоляция.
16. Дайте характеристику методам и структуре металлических наночастиц в полимерах.
17. Опишите механохимическое диспергирование наночастиц металлов.
18. Опишите получение металлонаночастиц на стадии поликонденсации.
19. Охарактеризуйте твердофазный термолиз металлоорганических прекурсоров в полимерных матрицах.
20. Охарактеризуйте морфологию и дисперсность продуктов термолиза.
21. Опишите биосорбцию и биокоагуляцию наночастиц металлов
22. В чем специфика катализа полимериммобилизованными наночастицами металлов?

Примеры вопросов к зачету

1. Наночастицы металлов. Основные определения и классификации.
2. В чем сущность кластерной модели зародышеобразования?
3. Кластерные модели образования наночастиц металлов.
4. Получение наночастиц металлов путем диспергирования.
5. Синтез наночастиц металлов в реакциях восстановления.
6. Термолиз карбониллов металлов.
7. Параметры стабилизирующей способности полимеров. Условия стабилизации наночастиц металлов.

8. Поверхностная защита, матричная изоляция.
9. Микрокапсулирование наночастиц металлов полимерами.
10. Восстановительные методы синтеза полимер-иммобилизованных металлических наночастиц.

### 7.1. Основная литература:

1. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: Изд-во Книжный дом Университет, 2009.- 333 с.
2. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы . М.: Academia, 2005.- 192 с.
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии.. М.: Физматлит, 2009.- 416 с.
4. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. - М.: Машиностроение, 2012. - 656 с.  
[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)
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2009. - 416 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2173](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2173)
6. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. - М.: Физматлит, 2009. - 456 с.  
[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. Биометаллоорганическая химия. Под ред. Жауэна Ж. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.- 494 с.
2. Петров Ю.И. Кластеры и малые частицы. М.: Наука. 1986.- 367с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- Homeopathic Medicine is Nanopharmacology - <http://www.i-sis.org.uk/nanopharmacology.php>
- Krause C. Laser ablation: opening door to the new materials for industry - <http://www.ornl.gov/info/ornlreview/rev27-12/text/lasarmain.html>
- Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. ? М.: Машиностроение, 2012. ? 656 с. - [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)
- Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2009. ? 416 с. - [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)
- Кластеры - [http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article\\_1670.html](http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article_1670.html)
- Нанометр - [http://www.nanometer.ru/2010/09/27/obrazovatelnij\\_portal\\_www\\_nanoopen\\_ru\\_sekcia\\_nsm\\_218161.html](http://www.nanometer.ru/2010/09/27/obrazovatelnij_portal_www_nanoopen_ru_sekcia_nsm_218161.html)
- Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. - - [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)
- Форум нанотехнологий - <http://e-science.ru/forum/index.php?showforum=73>

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

Освоение дисциплины "Наночастицы металлов" 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.

Компьютерный проектор

Система интерактивного опроса.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 020201.65 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Неорганическая химия .



Автор(ы):

Кутырева М.П. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Улахович Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.