

Программа
краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников
высшей школы по направлению
«Методы и технологии получения наноструктурных материалов»

на базе учебного курса
«Физико-химия кластеров и наночастиц»

Цель:	<u>ознакомление слушателей с основными классами кластеров и наночастиц, их физико-химическими свойствами, с развивающимися в настоящее время областями их применения.</u>
Категория слушателей:	<u>преподаватели и научные работники высшей школы</u>
Срок обучения:	<u>36 часов</u>
Форма обучения:	<u>с частичным отрывом от работы</u>
Режим занятий:	<u>8 часов в день</u>

Требования к уровню освоения учебного курса

Преподаватели должны:

- Знать:
 - определение и классификацию кластеров и наночастиц;
 - физико-химические основы процессов образования кластеров и наночастиц;
 - основные области применения кластеров и наночастиц.
- Иметь навыки:
 - сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в области физико-химии кластеров и наночастиц;
 - включать приобретенные знания о физико-химии кластеров и наночастиц в уже имеющуюся систему знаний и применять эти знания в самостоятельных методических разработках;
 - переноса полученных знаний о физико-химии кластеров и наночастиц на смежные предметные области и использования этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок.
- Иметь представление:
 - о принципах классификации кластеров и наноструктур;
 - о принципах учета физико-химических эффектов и поверхностных процессов в нанотехнологиях;
 - о возможных механизмах поверхностных реакций: обмене лигандами, диссоциации, ассоциации;

Научные работники должны:

- Знать:
 - определение и классификацию кластеров и наночастиц;
 - физико-химические основы процессов образования кластеров и наночастиц;
 - зависимость физико-химических свойств от состава и строения кластеров и наночастиц ;
 - основные области применения кластеров и наночастиц.
- Иметь навыки:
 - сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в области физико-химии кластеров и наночастиц;
 - планирования и проведения исследований и экспериментов по получению кластеров и наночастиц с заданными физико-химическими свойствами;
 - генерировать новые плодотворные научно-технические и инновационные идеи по получению кластеров и наночастиц с заданными физико-химическими свойствами;

- переноса полученных знаний о структуре и свойствах кластеров и наночастиц на смежные предметные области и использования этих знаний для создания новых объектов техники и технологии и для инновационной деятельности;
- переноса полученных знаний о физико-химии кластеров и наночастиц на смежные предметные области и использования этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок.
- Иметь представление:
 - о принципах классификации кластеров и наноструктур;
 - о принципах учета физико-химических эффектов и поверхностных процессов в нанотехнологиях;
 - о возможных механизмах поверхностных реакций: обмене лигандами, диссоциации, ассоциации;

Учебный курс «Физико-химия кластеров и наночастиц» состоит из дистанционной и очной частей.

Дистанционная часть учебного образовательного курса обеспечивает слушателя необходимым объёмом знаний по выбранной тематике, включая подготовку слушателя к проведению лабораторного практикума. Задача дистанционной составляющей учебного курса – подготовить слушателя к очному посещению лаборатории в Казанском государственном техническом университете.

В дистанционной (теоретической) части учебного курса изложены физико-химические основы прогнозирования свойств кластеров и наночастиц, получивших в последнее время широкое распространение в различных областях науки и техники.

Теоретическая часть учебного курса состоит из пяти лекций:

Лекция 1: Определение и классификация кластеров и наночастиц.

Определение и классификация кластеров и наночастиц. Основные типы кластеров и наночастиц: молекулярные лигандные кластеры, безлигандные металлические кластеры, кластеры переходных металлов, углеродные кластеры, коллоидные кластеры и наноструктуры, твердотельные нанокластеры и наноструктуры.

Лекция 2: Физико-химия образования кластеров и наночастиц.

Физико-химия образования полиядерных комплексов, кластеров и наночастиц. Механизмы образования полиядерных комплексов, кластеров и наночастиц. Зависимость свойств кластеров и наночастиц от их строения. Кластерные реакции.

Лекция 3: Электронная структура и свойства кластеров и наночастиц.

Электронная структура кластеров и наночастиц. Гетеровалентность. Электронный перенос. Металлоорганические парамагнитные молекулы и гетероядерные комплексы. Фрактальные кластеры. Влияние образования фрактальных структур на физико-химические свойства наноматериалов. Эпитаксии. Гетероэпитаксия. Гомоэпитаксия. Эндотаксия.

Лекция 4: Оптические и магнитные свойства наносистем и наноматериалов

Оптические свойства наносистем и наноматериалов. Магнитные свойства наносистем и наноматериалов. Электропроводимость наноструктур. Молекулярные магнетики. Суперпарамагнетизм. Намагниченность. Магнитные фазовые переходы. Влияние электрических и магнитных полей в наноматериалах. Магнитные наножидкости.

Лекция 5: Применение кластеров и наночастиц в различных областях науки и техники.

Электропроводящие устройства. Интеграции наноструктур в электронные устройства. Физико-химические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии. Локальные химические электронно-стимулированные реакции. Бионаноматериалы. Нанопорошки. Нанороботы. Нанолитография.

Очная (экспериментальная) часть учебного курса заключается в изучении термодинамических, кинетических, оптических и магнитных свойств наночастиц на основе переходных металлов в растворах.

Основные задания на лабораторный практикум:

1. Синтез полиядерных и кластерных наночастиц на основе ионов переходных металлов Fe(II), Fe(III), Ni(II), Cr(III), Sm(III), Co(II).
2. Термодинамика и кинетика полиядерных и кластерных наночастиц на основе ионов переходных металлов Fe(II), Fe(III), Ni(II), Cr(III), Sm(III), Co(II), Nd(III).
3. Оптические свойства полиядерных и кластерных наночастиц на основе ионов переходных металлов Fe(II), Fe(III), Ni(II), Cr(III), Sm(III), Co(II), Nd(III).
4. Магнитные свойства полиядерных и кластерных наночастиц на основе ионов переходных металлов Fe(II), Fe(III), Ni(II), Cr(III), Sm(III), Co(II), Nd(III).

Методические рекомендации по реализации учебной программы

На *дистанционную и очную части* учебного курса отводится по 28 и 8 часов соответственно.

Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса находится на сайте www.nanoobr.ru.

Для контроля степени освоения теоретической части учебного курса (лекций) используются **тестовые вопросы** для самопроверки и **контрольные вопросы**.

Тестовые вопросы к курсу

«Физико-химия кластеров и наночастиц»

Лекция 1: Определение и классификация кластеров и наночастиц.

1. Кластеры - это

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| А) соединения металлов с лигандами | Б) соединения металлов и неметаллов |
| В) соединения неметаллов | Г) все ответы верные |

2. Лиганды играют роль

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| А) стабилизаторов структуры | Б) дестабилизаторов структуры |
| В) противоионов | Г) определяют свойства кластеров |

3. Гетероядерные кластеры и наночастицы – это частицы,

- | | |
|---|------------------------------|
| А) содержащие частицы металла и лиганда | Б) содержащие разные металлы |
| В) содержащие разные лиганды | Г) все ответы верные |

4. Увеличение числа частиц в кластере ведет к

- | | |
|---|-----------------------------------|
| А) укрупнению частиц | Б) нарушает симметрию частиц |
| В) различию свойств внутренних и внешних частиц | Г) уменьшению устойчивости частиц |

4. Коллоидные кластеры - это

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| А) золи металлов и оксидов металлов | Б) микроэмульсии (наноэмульсии) |
| В) прямые и обратные мицеллы | Г) все ответы верные |

5. Соотношение водной фазы и ПАВ влияет на

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| А) форму образующихся кластеров | Б) размеры образующихся кластеров |
| В) свойства образующихся кластеров | Г) ни на что не влияет |

6. Абляция – это

- А) высокоэнергетическое измельчение твердого образца
Б) кристаллизация образца под действием высоких температур
В) кристаллизация образца под действием высокого давления
Г) лазерное облучение твердого образца

Лекция 2: Физико-химия образования кластеров и наночастиц.

1. Особенности строения микроэмульсий влияют на

- А) магнитные свойства жидкости
Б) оптические свойства жидкости
В) электропроводимость
Г) все ответы верные

2. Гетеровалентные комплексы – это комплексы, содержащие

- А) разные ионы металлов
Б) одинаковые ионы металлов в одинаковой степени окисления
В) разные ионы металлов в разной степени окисления
Г) одинаковые ионы металлов в разной степени окисления

3. Наиболее термодинамически устойчивы

- А) жидкие кристаллы
Б) углеродные кластеры
В) мицеллы
Г) микроэмульсии

4. Основные свойства поверхности наночастиц определяет

- А) адсорбция атомов и молекул
Б) плотность упаковки
В) заряд поверхностного слоя
Г) все ответы верные

5. Распределение нескольких сортов атомов на границе раздела фаз определяется

- А) номером элемента в Периодической системе
Б) степенью окисления элемента
В) суммарным понижением свободной энергии
Г) суммарным повышением свободной энергии

6. Координационные числа

- А) внутренних атомов выше, чем у поверхностных
Б) внутренних атомов ниже, чем у поверхностных
В) внутренних атомов равны координационным числам поверхностных
Г) все ответы верные

7. Электронная оболочка внутренних атомов

- А) неполяризована
Б) слабополяризована
В) поляризована слабее, чем у поверхностных
Г) поляризована сильнее, чем у поверхностных

Лекция 3: Электронная структура и свойства кластеров и наночастиц.

1. Перенос электронов в остове кластера сопровождается

- А) перестройкой остова
Б) разрушением остова
В) изменением нуклеарности остова
Г) все ответы верные

2. Электрическая проводимость фуллеритов соответствует

- А) металлической
Б) полуметаллической
В) неметаллической
Г) все ответы верные

3. Размер образующихся коллоидных кластеров определяется
- А) условиями реакции
 - Б) природой растворителя и стабилизатора (пассиватора)
 - В) временем и температурой реакции
 - Г) все ответы верные

4. ККМ - это
- А) кривая кластерного мицеллообразования
 - Б) комплексная кластерная мицелла
 - В) критическая концентрация мицеллообразования
 - Г) критическая концентрация мицеллообразования

5. Вандерваальсовы взаимодействия играют существенную роль при образовании
- А) эмульсий
 - Б) коллоидных кристаллов
 - В) углеродных нанотрубок
 - Г) гетервалентных комплексов

6. Минимальным сродством к электрону обладают
- А) цепочечные кластеры с четным числом атомов
 - Б) цепочечные кластеры с нечетным числом атомов
 - В) разветвленные кластеры с нечетным числом атомов
 - Г) разветвленные кластеры с четным числом атомов

7. Фрактальные кластеры по сравнению с обычными
- А) требуют меньшее количество частиц для образования
 - Б) плотность частиц фрактального кластера снижается от центра к периферии
 - В) обладают большей седиментационной устойчивостью
 - Г) все ответы верные

Лекция 4: Оптические и магнитные свойства наносистем и наноматериалов

1. Высокоэнергетическое измельчение магнитных порошков влияет на
- А) магнитные свойства
 - Б) кристаллическое состояние
 - В) размер образующихся частиц
 - Г) все ответы верные

2. Суперпарамагнетизм кластеров и наночастиц проявляется при размерах
- А) 1-10 нм
 - Б) 100-600 нм
 - В) 10-100 нм
 - Г) 600-2500 нм

3. Наложение внешнего магнитного поля на суперпарамагнетик приводит к
- А) быстрому изменению агрегатного состояния
 - Б) быстрому насыщению вырожденных электронных орбиталей
 - В) быстрому насыщению намагниченности
 - Г) быстрой потере намагниченности

4. Спиновое стекло характеризуется
- А) разупорядоченным расположением магнитных моментов кластеров
 - Б) упорядоченным расположением магнитных моментов кластеров
 - В) смесь кластеров с упорядоченным и разупорядоченным расположением магнитных моментов
 - Г) все ответы верные

5. Поведение коллоидных кластеров в магнитном поле определяется

- А) величиной поля
В) характером поля
- Б) наличием или отсутствием поля
Г) все ответы верные

6. Гигантское магнетосопротивление - это явление уменьшения сопротивления наноматериалов при действии магнитного поля

- А) до 25%
В) до 100%
- Б) до 1000 %
Г) до 2000%

Лекция 5: Применение кластеров и наночастиц в различных областях науки и техники.

1. Применение кластеров и наночастиц обусловлено

- А) изменением плотности состояний в валентной зоне и в зоне проводимости
В) размернозависимым поведением физических и химических свойств
- Б) с проявлением квантоворазмерных эффектов
Г) все ответы верные

2. Наноматериалы являются

- А) являются плохо изученными материалами
В) очень перспективными материалами
- Б) потенциально опасными для окружающей среды
Г) все ответы верные

3. Свойства металлов при переходе к наноразмерам

- А) изменяются линейно
В) изменяются экспоненциально
- Б) изменяются до противоположных
Г) все ответы верные

4. Наноткань отличается от обычной тем, что

- А) на поверхность обычной ткани нанесен нанослой определенных частиц
В) соткана из нановолокон
- Б) имеет иные свойства
Г) имеет толщину 1-40 нм

5. В Российской Федерации токсикологические исследования наноматериалов

- А) никак не регулируется
В) регулируется законом РФ
- Б) регулируются локальными актами
Г) регулируется подзаконными актами РФ

6. Нанороботы - это

- А) роботы, покрытые наноматериалами
В) очень маленькие роботы
- Б) роботы, созданные из наноматериалов
Г) все ответы верные

Контрольные вопросы для проверки материала в количестве 25 вопросов

1. Определение кластеров и наночастиц.
2. Признаки классификации кластеров и наночастиц.
3. Особенности структуры и свойств молекулярных лигандных кластеров.
4. Особенности структуры и свойств кластеров переходных металлов.
5. Особенности структуры и свойств безлигандных металлических кластеров.
6. Особенности структуры и свойств углеродных кластеров.
7. Особенности структуры и свойств коллоидных кластеров и наноструктур.
8. Особенности структуры и свойств твердотельных кластеров и наноструктур.
9. Особенности структуры и свойств кластерных кристаллов.
10. Механизмы образования кластеров и наноструктур.
11. Зависимость свойств кластеров и наночастиц от их строения.
12. Кластерные реакции.
13. Самоорганизация и самосборка.
14. Электронная структура кластеров и наночастиц.
15. Гетеровалентность.
16. Электронный перенос.
17. Металлоорганические парамагнитные молекулы и гетероядерные комплексы
18. Фрактальные кластеры.
19. Влияние образования фрактальных структур на физико-химические свойства наноматериалов.
20. Эпитаксии. Гетероэпитаксия. Гомоэпитаксия. Эндотаксия.
21. Оптические свойства наносистем и наноматериалов.
22. Магнитные свойства наносистем и наноматериалов.
23. Электропроводимость наноструктур.
24. Молекулярные магнетики.
25. Суперпарамагнетизм наночастиц.
26. Намагниченность.
27. Магнитные фазовые переходы наночастиц.
28. Влияние электрических и магнитных полей в наноматериалах.
29. Магнитные наножидкости.
30. Электропроводящие устройства.
31. Интеграции наноструктур в электронные устройства.
32. Физико-химические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии.
33. Локальные химические электронно-стимулированные реакции.
34. Бионаноматериалы.
35. Нанопорошки.
36. Нанороботы.
37. Нанолитография.

В конце очной части учебного курса слушатели готовят отчеты по **темам контрольных рефератов**, которые используются для контроля степени усвоения всего учебного курса на базе экспериментальных результатов и их обработки с применением знаний из дистанционной части курса.

Темы контрольных рефератов по курсу
«Физико-химия кластеров и наночастиц»

1. Основные понятия физико-химии кластеров и наночастиц.
2. Основные свойства, классификация кластеров и наночастиц.
3. Структура и свойства кластеров и наночастиц: молекулярные лигандные кластеры.
4. Структура и свойства кластеров и наночастиц: кластеры переходных металлов.
5. Структура и свойства кластеров и наночастиц: безлигандные металлические кластеры.
6. Структура и свойства кластеров и наночастиц: углеродные кластеры.
7. Структура и свойства кластеров и наночастиц: коллоидные кластеры.
8. Структура и свойства кластеров и наночастиц: твердотельные кластеры.
9. Применение наноструктур в электронике.
10. Нанопорошки и объемные наноструктурированные материалы.
11. Применение углеродных наноструктур.
12. Металлоорганические парамагнитные молекулы и гетероядерные комплексы
13. Жидкие наноструктуры.
14. Наноструктурные пленки и поверхностные слои.
15. Применение нанопористых материалов.
16. Бионаноматериалы.
17. Нанороботы.
18. Нанолитография

Учебно-тематический план

№	Название учебного курса и лекций	Всего, час.	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции (самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем, вопросы-ответы через email, форум, чат и др.)	Самостоятельная работа. Подготовка ответов на контрольные вопросы	Очный практикум или другое практическое задание	
	«Физико-химия кластеров и наночастиц»	36 ч.	22,5 ч.	5,5 ч.	8 ч.	Контрольные вопросы (электронная зачётка) Реферат
1.	Лекция 1: Определение и классификация кластеров и наночастиц		4,5 ч.	1 ч.		
2.	Лекция 2: Физико-химия образования кластеров и наночастиц.		4,5 ч.	1 ч.		
3.	Лекция 3: Электронная структура и свойства кластеров и наночастиц.		4,5 ч.	1 ч.		
4.	Лекция 4: Оптические и магнитные свойства наносистем и наноматериалов		4,5 ч.	1 ч.		
5.	Лекция 5: Применение кластеров и наночастиц в различных областях науки и техники.		4,5	1 ч.		
Итоговый контроль				Контрольные вопросы (электронная зачётка)	Реферат	

**Список литературы (основной и дополнительной),
а также других видов учебно-методологических материалов и пособий, необходимых
для изучения (конспектов лекций, видеолекций, лазерных дисков и др.).**

**Список литературы
и др. дополнительных источников информации в кол-ве – 22.**

Основная литература

1. Стромберг А.Г. Физическая химия: Учеб. для хим. спец. вузов/ А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко; Под ред. проф. А.Г.Стромберга. – 2003.
2. Физическая химия: Учеб. для хим. спец. вузов/ А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко; Под ред. проф. А.Г.Стромберга. - 5-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2003.- 527 с.
3. Физическая химия. В 2-х кн.: Учеб. для вузов/ К. С. Краснов; авт. И.Н. Воробьев, авт. В.Н. Годнев. - 3-е изд., испр.. - М.: Высш.шк., 2004, 512с.
4. Физическая химия: Учебник для вузов.-М.:Агар 2003.-320 с.
5. Практикум по общей химии. Физическая химия, часть III, под редакцией проф. Глебова А.Н., Казань, изд-во «Экоцентр», 1998г. ,80 с.
6. Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с. (Серия "Синергетика: от прошлого к будущему").
7. Губин С.П. Химия кластеров. Основы классификации и строение.-М.:Наука. 1987.-263 с.
8. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. – Пер. с японск.- М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007.-134 с.
9. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники: Учебное пособие.- М.: Догос. 2006.- 496 с.
10. Глебов А.Н., Дьячкова Т.А., Тарасов О.Ю. Химия гетеровалентных комплексов.- Казань: Изд-во Казанск. Ун-та. 1994.- 118 с.
11. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: строение, свойства, применение. – М.:Изд-во «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2007.
12. Медихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого тела. – М.:Изд-во «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2007.
13. Веденяпин В.В. Математическое моделирование нанотехнологических процессов и наноструктур. – М.:Изд-во «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2007.

Дополнительная литература

1. Рабинович В.А. Краткий химический справочник. 3-е изд., перераб. и доп. — Л., 1991. — 432 с.
2. Справочник химика, Т. 1–6 — Л.: Химия, 1963–1967 гг.
3. Гуль В.Е., Царский Л.Н., Майзель Н.С. и др. Электропроводящие поли-мерные материалы.- М.: Изд-во «Химия», 1968.-248с.
4. Физическая химия: Теория и практическое руководство/ Б.П. Никольский. – 1978, 350с.
5. Химическая термодинамика: Учеб.пособие для хим. спец. вузов/ Карапетьянц М. Х. - 3-е изд., перераб. доп.. - М.: Химия, 1975. - 583с.
6. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд А.С. Наночастицы металлов в полимерах. – М.: Химия. – 2000.
7. Гусев А.И, Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. – М.: Физматлит, 2000.
8. Сергеев Г.Б.Нанохимия.- М.: Изд-во МГУ.- 2003.
9. Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю.Н. Кремний – материал нанотехнологий. – М.:Изд-во «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2007.

Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса на сайте www.nanoobr.ru