

**Программа**  
**краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных**  
**работников высшей школы по направлению**  
**«Методы и технологии получения наноструктурных материалов»**  
**на базе учебного курса**  
**«Методы получения наноразмерных материалов»**

Целью курса является формирование базовых представлений об основных группах синтетических подходов к получению наноразмерных материалов.

Категория слушателей преподаватели и научные работники высшей школы.

Примерный срок обучения 24 часа

Форма обучения с частичным отрывом от работы, дистанционно- очная

Режим занятий 8 часов в день

*Целью курса* является формирование базовых представлений об основных группах синтетических подходов к получению наноразмерных материалов и приобретение практических навыков по получению наноматериалов.

**Требования к уровню освоения учебного курса**

Преподаватели должны:

- Знать:
  - основные методы синтеза нанопорошков, нанопленок и нановолокон;
  - теоретические основы различных методов получения нанопорошков;
  - методику подготовки прекурсоров для синтеза нанопорошков;
- Иметь навыки:
  - сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в области синтеза наноматериалов;
  - включать приобретенные знания о новых методах синтеза наноматериалов в уже имеющуюся систему знаний и применять эти знания в самостоятельных методических разработках;
  - планирования эксперимента по синтезу нанопорошков
  - выбора наиболее целесообразного метода для синтеза конкретного наноматериала
- Иметь представление:
  - об аппаратном оформлении соответствующих процессов

Научные работники должны:

- Знать:
  - основные методы синтеза нанопорошков, нанопленок и нановолокон;
  - методы синтеза прекурсоров для получения нанопорошков;
- Иметь навыки:
  - выбора доступного и целесообразного метода для получения определенного наноматериала;
  - планирования, организации и реализации эксперимента по синтезу наноматериалов;
- Иметь представление:
  - о теоретической базе методов получения нанопорошков, нанопленок и нановолокон;
  - о физико-химических процессах, происходящих на каждой стадии синтеза наноматериала.

Учебный курс «Методы получения наноразмерных материалов» состоит из дистанционной и очной частей.

Основной задачей дистанционной части курса является приобретение слушателями комплекса теоретических знаний в областях:

- базовых принципов получения оксидных наноматериалов химическими методами;
- основных методов синтеза;
- аппаратного оформления соответствующих процессов;
- возможностями, достоинствами и недостатками каждого метода.

Дистанционной составляющей учебного курса готовит слушателя к очному посещению лаборатории в Уральском государственном университете.

В дистанционной (теоретической) части учебного курса охарактеризованы основные методы получения порошковых наноматериалов, нановолокон и полых наночастиц, описанные к настоящему времени в литературе. Особое внимание уделено получению нанопорошков.

По признаку изменения размера частиц в ходе процесса получения наноматериала все методы разделены на диспергационные и конденсационные.

Диспергационные методы включают в себя метод механического дробления, ультразвукового диспергирования макроскопических частиц в растворах, механохимический синтез нанокомпозитов и наночастиц и метод разложения. Для каждого метода указан перечень оборудования и исходных веществ, описана процедура получения нанопорошка; оговорены возможности, достоинства и недостатки метода.

Конденсационные методы подразделяются методы получения нанопорошков из растворов (растворные методы) и методы конденсации из газовой фазы.

Растворные методы включают в себя методы, основанные на различных вариантах смешения исходных компонентов; методы, основанные на различных вариантах удаления растворителя и методы сжигания.

Дана подробная характеристика с описанием процедуры и примерами синтеза следующих растворных методов: химического осаждения, золь - гель, гидротермальный, комплексонатной гомогенизации, замены растворителя, синтез под действием микроволнового излучения, RTDS, распылительной сушки, RESS, криохимический, глицин-нитратный, Печини, целлюлозная (тканевая, бумажная) технология, пиролиз полимерно-солевых композиций.

Охарактеризованы методы конденсации из газовой фазы, подразделяемые на физическую и химическую конденсацию.

Из методов химической конденсации рассмотрены плазмохимический метод, метод гидролиза в пламени, метод импульсного лазерного испарения. Из методов физической конденсации описаны методы молекулярных пучков, аэрозольный, криоконденсаци, электровзрыв металлических проволок.

Охарактеризованы также основные способы получения нановолокон и полых частиц.

Теоретическая часть учебного курса состоит из пяти лекций.

### **Лекция 1. Диспергационные методы получения нанопорошков.**

Механическое дробление. Теоретические основы метода. Типы, устройство и принцип работы мельниц для тонкого помола. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды измельчаемых материалов.

Ультразвуковое дробление материалов в растворах. Теоретические основы метода. Техническое оснащение. Устройство и принципы работы ультразвукового дезинтегратора. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды измельчаемых материалов.

Механохимический синтез нанокомпозитов и наночастиц. Метод разложения.

Теоретические основы метода. Техническое оснащение. Особенности механохимических процессов. Особенности получения нанокомпозитов. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды измельчаемых материалов.

## **Лекция 2. Конденсационные растворные методы получения нанопорошков, основанные на различных вариантах смешения исходных веществ.**

Классификация конденсационных методов: растворные методы и методы конденсации из газовой фазы. Классификация растворных методов.

Методы химического осаждения. Теоретические основы метода химического осаждения (соосаждения). Выбор реагентов и осадителей. Техническое оснащение. Теоретические основы золь-гель метода. Разновидности золь-гель метода. Получение мицеллярных и полимерных гелей. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды получаемых наноматериалов (пленки, порошки, компактные материалы, волокна).

Теоретические основы гидротермального метода. Техническое оснащение. Особенности химических процессов, протекающих при повышенном давлении и температуре в растворах. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых гидротермальным методом.

Теоретические основы метода комплексоной гомогенизации. Лабораторное оборудование, необходимое для синтеза. Приготовление прекурсоров – комплексонов металлов, используемых в данном методе. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых методом комплексоной гомогенизации.

Теоретические основы метода замены растворителя. Лабораторное оборудование, необходимое для синтеза. Требования к растворителям, применяющимся в данном методе. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых методом замены растворителя.

Теоретические основы синтеза под действием микроволнового излучения. Техническое оснащение. Воздействие микроволнового излучения на реакционную способность твердых веществ. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых при воздействии микроволнового излучения.

Теоретические основы метода быстрого расширения сверхкритических флюидных растворов RESS. Понятие «сверхкритический раствор», методы получения сверхкритических растворов. Процессы, происходящие при переводе сверхкритического раствора в докритический. Техническое оснащение. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых данным методом.

## **Лекция 3. Конденсационные растворные методы получения нанопорошков, основанные на различных вариантах удаления растворителя, и методы сжигания.**

Теоретические основы метода распылительной сушки. Лабораторное оборудование, необходимое для реализации синтеза данным методом. Требования к растворам, применяющимся в данном методе. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых методом распылительной сушки.

Теоретические основы метода быстрого термического разложения прекурсоров в растворе (RTDS). Техническое оснащение. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых данным методом.

Теоретические основы криохимического метода. Лабораторное оборудование, необходимое для реализации синтеза данным методом. Требования к растворам, применяющимся в данном методе. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых данным методом.

Теоретические основы метода сжигания. Разновидности метода. Влияние соотношения окислитель-восстановитель на скорость процесса, размер и морфологию получаемых продуктов. Лабораторное оборудование, необходимое для реализации синтеза данным методом. Приготовление активной целлюлозы, используемой в методе целлюлозной технологии. Синтез прекурсоров, применяющимся в данном методе. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых методом сжигания.

Пиролиз полимерно-солевых пленок. Теоретические основы метода. Виды неорганических и полимерных материалов, используемых в данном методе. Лабораторное

оборудование, необходимое для реализации синтеза данным методом. Методика приготовления полимерно-солевых композиций, режим их термической обработки. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых методом сжигания.

#### **Лекция 4. Методы конденсации из газовой фазы.**

Классификация методов химической конденсации. Теоретические основы плазмохимического метода. Разновидности метода: переработка газообразных соединений в плазме; переработка капельно-жидкого сырья; переработка твердых частиц, взвешенных в потоке плазмы. Техническое оснащение метода. Возможности метода: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых плазмохимическим методом.

Теоретические основы методов гидролиза в пламени, импульсного лазерного испарения, электровзрыва металлических проволок. Техническое оснащение методов. Возможности методов: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых данными методами.

Теоретические основы методов молекулярных пучков, аэрозольный метод, криохимического синтеза. Техническое оснащение методов. Возможности методов: минимальный размер частиц, виды материалов, получаемых данными методами.

#### **Лекция 5. Получение нановолокон и дисперсных фаз из полых частиц.**

Методы получения нановолокон: растворные методы и методы конденсации из газовой фазы. Техническое оснащение методов. Возможности методов: толщина нановолокон, виды материалов, получаемых данными методами.

Методы получения нанопленок: растворные методы и методы конденсации из газовой фазы. Техническое оснащение методов. Возможности методов: толщина и морфология нанопленок, виды материалов, получаемых данными методами.

Методы получения дисперсных фаз, состоящих из полых сферических и трубообразных частиц. Виды растворных методов, применяемые для синтеза полых частиц. Условия получения полых частиц. Исходные материалы, применяемые для синтеза. Техническое оснащение методов, используемых для получения полых частиц.

Виды материалов, которые могут быть получены в виде полых частиц.

Сравнение достоинств и недостатков методов получения наноматериалов.

Очная часть курса представляет собой лабораторный практикум по получению нанопорошков и прекурсоров для них, состоящий из трех лабораторных работ.

Основными задачами очной части курса является обучение слушателей самостоятельному планированию процесса получения наноматериала определенного состава; приобретение слушателями комплекса практических навыков по выбору исходных компонентов и реактивов, а также соответствующего оборудования.

#### **Перечень лабораторных работ**

##### **1. Синтез простых оксидов**

Синтез нано-оксида  $\text{CoO}$  методом Печини.

##### **2. Синтез сложных оксидов оксидов**

Синтез нанопорошка церата бария  $\text{BaCeO}_3$  по глицин-нитратной технологии.

##### **3. Синтез керметов**

Синтез кермета  $\text{Ag-CeO}_2$  по целлюлозной технологии.

#### **Методические рекомендации по реализации учебной программы**

На дистанционную и очную части учебного курса отводится по 12 часов соответственно. Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса находится на сайте [www.nanoobr.ru](http://www.nanoobr.ru). Для контроля степени освоения теоретической части учебного курса (лекций) используются **тестовые вопросы** для самопроверки и **контрольные вопросы**.

**Тестовые вопросы к курсу  
«Методы получения наноразмерных материалов»**

**Лекция 1. Диспергационные методы получения нанопорошков.**

1. Отличительной чертой метода дробления является

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| А) Экспрессность                    | Б) Длительность и большая энергоемкость                    |
| В) Необходимость синтеза прекурсора | Г) Универсальность (получение нанопорошков любого состава) |

Ответ:

2. Какой из диспергационных методов является наиболее подходящим для получения наночастиц дисульфида молибдена?

- |               |   |
|---------------|---|
| А) Дробления  | Б) Механосинтез   |
| В) Разложения | Г) Ультразвуковое диспергирование микроскопических частиц в растворах |

Ответ:

3. Какой из диспергационных методов является наиболее целесообразным для получения нанопорошка оксида никеля?

- |               |   |
|---------------|---|
| А) Дробления  | Б) Механосинтез   |
| В) Разложения | Г) Ультразвуковое диспергирование микроскопических частиц в растворах |

Ответ:

4. Самые мелкие наночастицы металлического железа можно получить методом

- |               |  |
|---------------|--|
| А) Криопомола | Б) Механического дробления при комнатной температуре                   |
| В) Разложения | Г) Ультразвукового диспергирования микроскопических частиц в растворах |

Ответ:

5. Каким способом можно получить композит с частицами наноразмера?

- |                  |  |
|------------------|--|
| А) Криопомола    | Б) Механического дробления при комнатной температуре                   |
| В) Механосинтеза | Г) Ультразвукового диспергирования микроскопических частиц в растворах |

Ответ:

**Лекция 2. Конденсационные растворные методы получения нанопорошков, основанные на различных вариантах смешения исходных веществ.**

1. Для получения нановолокон можно использовать метод

- |              |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| А) золь-гель | Б) комплексонатной гомогенизации |
| В) осаждения | Г) замены растворителя           |

Ответ:

2. Какой из конденсационных растворных методов подходит для получения и нанопорошков, и нанопленок, и нановолокон, и компактных материалов?

- |                    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| А) гидротермальный | Б) синтез под действием СВЧ-излучения |
| В) RTDS            | Г) золь-гель                          |

Ответ:

3. Какое оборудование необходимо для получения нанопорошков гидротермальным методом?

- А) печь  
В) автоклав  
Ответ:
- Б) центрифуга  
Г) шаровая мельница

4. В методе осаждения в качестве реагентов можно использовать
- А) карбонаты металлов и соляную кислоту  
В) гидроксиды металлов и щелочь  
Ответ:
- Б) водные растворы нитратов металлов и аммиака  
Г) оксалаты металлов и карбонат натрия

5. Какое вещество является полиядерным комплексоном?
- А) аминокислота  
В) этиленгликоль  
Ответ:
- Б) лимонная кислота  
Г) этилендиаминтетрауксусная кислота

**Лекция 3. Конденсационные растворные методы получения нанопорошков, основанные на различных вариантах удаления растворителя, и методы сжигания.**

1. Какие реагенты подходят для метода Печини?
- А) сульфаты металлов и уксусная кислота  
В) нитраты металлов и лимонная кислота  
Ответ:
- Б) оксиды металлов и щавелевая кислота  
Г) карбонаты металлов и глицин

2. Недостатком криохимического метода является
- А) длительность  
В) трудоемкость  
Ответ:
- Б) образование аморфных фаз в криогранулах  
Г) невозможность синтеза нанопорошков сложных оксидов

3. Какие исходные вещества потребуются для получения порошка алюмоиттриевого граната  $Y_3Al_5O_{12}$  глицин-нитратным методом?
- А) нитраты иттрия и алюминия, аминокислота  
В) оксиды иттрия и алюминия, глицин, азотная кислота  
Ответ:
- Б) металлические алюминий и иттрий, глицин, нитрат аммония  
Г) гидроксиды алюминия и иттрия, аммиак, уксусная кислота

4. Какова функция целлюлозы в целлюлозной технологии получения нанопорошков?
- А) армирующий носитель и диспергатор  
В) катализатор  
Ответ:
- Б) реагент  
Г) фильтр

5. Какой полимер можно использовать в методе пиролиза полимерно-солевых композиций?
- А) полиэтилен  
В) поливиниловый спирт  
Ответ:
- Б) полистирол  
Г) каучук

**Лекция 4. Методы конденсации из газовой фазы.**

1. Какие реактивы требуются для получения порошка нанооксида нитрида титана плазмохимическим методом?
- А) титан и аммиак  
Б) оксид титана и азот

В) хлорид титана и аммиак

Г) нитрат титанила и водород

Ответ:

2. Обязательной стадией всех разновидностей плазмохимического метода является

А) конденсация газообразных продуктов

Б) испарение исходного сырья

В) перевод исходных компонентов в

Г) синтез прекурсора

раствор

Ответ:

3. Какая стадия является общей для методов аэрозольного, криоконденсации и электровзрыва металлических проволок?

А) охлаждение жидким азотом

Б) растворение металлов в кислоте

В) синтез прекурсоров

Г) испарение металлов

Ответ:

4. Какое оборудование необходимо для получения нанопорошков плазмохимическим методом?

А) источник электрического тока

Б) плазмотрон

В) вакуумная камера

Г) печь

Ответ:

5. Какой реагент используют в качестве исходного в аэрозольном методе, методах криоконденсации и электровзрыва металлических проволок?

А) водный раствор нитрата металла

Б) оксид металла

В) металл

Г) хлорид металла

Ответ:

### **Лекция 5. Получение нановолокон и дисперсных фаз из полых частиц.**

1. Какие методы подходят для получения нановолокон простых и сложных оксидов?

А) конденсация из газовой фазы

Б) гидролиз в пламени

В) золь-гель

Г) осаждения

Ответ:

2. Каким методом можно получить нановолокна оксида цинка, используя в качестве исходного вещества металлический цинк?

А) золь-гель

Б) конденсация из газовой фазы

В) плазмохимический

Г) целлюлозная технология

Ответ:

3. Каким методом можно получить полые частицы оксидов металлов со стенками нанометровой толщины?

А) гидролиз хлоридов металлов в пламени

Б) ультразвуковое диспергирование

В) разложение твердых нитратов металлов

Г) пиролиз микрокапель растворов нитратов металлов

Ответ:

4. Какое оборудование необходимо для получения полых частиц оксидов металлов со стенками нанометровой толщины?

А) ультразвуковой генератор и печь

Б) плазмотрон

В) вакуумная камера

Г) автоклав

Ответ:

5. Какие реагенты используют в качестве исходных при получении полых частиц оксидов металлов?

- А) водные растворы нитратов металлов                      Б) оксиды металлов  
В) металлы    Г) карбонаты металлов

Ответ:

В конце дистанционной части слушателям предлагается ответить на контрольные вопросы, которые по электронной почте отсылаются преподавателю.

### Контрольные вопросы

1. Предложите методику синтеза нанопорошка  $\text{LaCoO}_3$  диспергационным способом.
2. Предложите методику синтеза нанопорошка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  диспергационным способом.
3. Какие вещества (особенности строения) можно получить в виде нанопорошка методом ультразвукового диспергирования в растворах?
4. Какие вещества можно использовать в качестве исходных для получения нанопорошка оксида меди методом разложения?
5. Почему размер наночастиц, получаемых механосинтезом, как правило, меньше, чем размер частиц, получаемых методом механического диспергирования (помола)?
6. Какие вещества можно использовать для получения нанooksида алюминия методом разложения?
7. Приведите пример получения нанопорошка: а) простого оксида; б) сложного оксида методом химического осаждения.
8. Почему добавление в раствор глицина или лимонной кислоты приводит после соответствующей термообработки к получению более мелких частиц синтезируемого вещества, чем в методе химического осаждения?
9. Предложите методы синтеза вольфрамата кальция с частицами наноразмера, при условии, что в наличии имеются следующие реактивы – кристаллогидраты хлорида кальция, нитрата кальция, карбонат кальция, вольфрамат натрия, паравольфрамат аммония, лимонная кислота. В качестве оборудования имеется только лабораторная посуда и печь.
10. Предложите методы получения нанопорошка порошка титаната свинца при условии, что синтез надо осуществить в максимально короткие сроки, а размер частиц не должен превышать 50 нм.
11. Предложите оптимальный метод синтеза нанопорошка галлата лантана  $\text{LaGaO}_3$  при условии, что в качестве оборудования имеется только лабораторная посуда и печь.
12. Предложите методы получения нанопорошка оксида алюминия при условии, что из оборудования имеется автоклав, печь и лабораторная посуда.
13. Предложите методы получения нанопорошка оксида цинка при условии, что синтез необходимо провести не более чем за сутки, а размер частиц не должен превышать 50 нм.
14. Какими методами можно синтезировать нанопорошки сложных оксидов с минимальным размером зерен?
15. Предложите наиболее доступный метод (при минимуме лабораторного оборудования и наличии простых реактивов) синтеза нанопорошка ниобата лития.
16. Предложите наиболее удобный метод синтеза нанопорошка  $\text{BaZrO}_3$  с возможно более мелкими частицами.
17. Предложите наиболее удобный метод синтеза нанопорошка  $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ , исходя из следующих реактивов:  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , этилендиаминтетрауксусная кислота.
18. Какими методами можно синтезировать нанокompозиты? Опишите наиболее доступный метод.

19. Предложите наиболее удобный метод синтеза нанопорошка ванадата церия  $\text{CeVO}_4$ , используя в качестве исходных веществ оксида ванадия (V), нитрат церия (III), гидроксид натрия и аммиак.
20. Предложите наиболее удобный метод синтеза  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ , используя в качестве исходных веществ оксид иттрия, кристаллогидраты нитратов бария и меди.
21. Предложите наиболее удобный метод синтеза нанокристаллических твердых растворов  $\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{2-x}$  с размером частиц не более 30-40 нм, используя в качестве исходных веществ оксиды церия и гадолиния.
22. Какими из конденсационных методов можно получить нанопорошок карбида циркония? Какие реактивы и оборудование для этого потребуются? Опишите подробно методику синтеза.
23. Считая, что вы не ограничены в выборе оборудования, предложите наиболее быстрый способ синтеза нанопорошка ванадата кальция каким-либо конденсационным методом.
24. Каким из конденсационных методов наиболее удобно и быстро можно получить нанопорошок оксида титана, используя в качестве исходного реагента хлорид титана?
25. Предложите способ получения нанопорошка оксида железа, используя в качестве исходного вещества металлическое железо.
26. Каким образом можно синтезировать: а) оксид титана, б) нитрид титана, в) карбид титана, используя в качестве исходного вещества металлический титан. Какое оборудование потребуется для синтеза? Каков минимальный размер частиц порошка, который можно получить предложенными вами способом.
27. Каким из конденсационных методов можно получить нанопорошок оксида никеля, используя в качестве исходного вещества никелевый купорос?
28. Каким из конденсационных методов можно получить нанопорошок композита TiN-AlN, используя в качестве исходных веществ металлические титан и алюминий?
29. Предложите методику получения нанопорошок сульфида цинка каким-либо конденсационным методом.
30. Каким из конденсационных методов можно получить нанопорошок люминофора  $\text{Y}_{2.82}\text{Tb}_{0.18}\text{Ga}_{2.5}\text{Al}_{2.5}\text{O}_{12}$ ? Какие реактивы и оборудование для этого понадобятся?
31. Каким из конденсационных методов можно получить нанопорошок оксида ванадия (V)? Какие реактивы и оборудование для этого понадобятся?
32. Какими методами можно получить нановолокна оксида цинка, используя в качестве исходных веществ: а) оксид цинка; б) металлический цинк?
33. Предложите методику получения нанопленки гексаферрита стронция максимально быстрым способом, считая, что вы не ограничены в выборе оборудования и реактивов.
34. Предложите методику получения нанопленки диоксида марганца, если в качестве оборудования имеется только лабораторная посуда и печь.
35. Предложите методику получения нановолокон титаната кальция, используя любое оборудование и реактивы.
36. Каким образом можно получить нановолокна диоксида олова, используя в качестве исходного вещества металлическое олово.
37. Предложите методику получения нанопленки оксида алюминия: а) каким-либо конденсационным методом б) каким-либо растворным методом.

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**  
**«Методы получения наноразмерных материалов»**

1. Синтез и применение наноксида алюминия.
2. Плазмохимический метод: возможности, ограничения, достоинства и недостатки.
3. Синтез и применение нанопорошков сложных оксидов.
4. Методы синтеза оксидных нановолокон.
5. Методы синтеза полых и трубчатых частиц со стенками нанометровой толщины.
6. Растворные методы синтеза нанопорошков.
7. Синтез нанопорошков методами конденсации из газовой фазы.
8. Синтез нанопорошков сложных оксидов глицин-нитратным методом.
9. Синтез нанопорошков методом Печини.
10. Синтез нанопорошков керметов.

**Учебно-тематический план курса  
«Методы получения наноразмерных материалов»**

| №  | 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 |   |
|    | Методы получения наноразмерных материалов  | 24 ч.       | 10 ч.   | 2 ч.  | 12 ч.   | Контрольные вопросы (электронная зачётка) |
| 1. | Лекция 1. Диспергационные методы получения нанопорошков.   |             | 2 ч.  | 0,4 ч.  |   | Реферат                                   |
| 2. | Лекция 2. Конденсационные растворные методы получения нанопорошков, основанные на различных вариантах смешения исходных веществ. |             | 2 ч.  | 0,4 ч.  |   |   |
| 3. | Лекция 3. Конденсационные растворные   |             | 2 ч.  | 0,4 ч.  |   |   |

|                   |  |  |                        |   |         |
|-------------------|--|--|------------------------|---|---------|
|                   | методы получения нанопорошков, основанные на различных вариантах удаления растворителя, и методы сжигания. |  |                        |   |         |
| 4.                | Лекция 4. Методы конденсации из газовой фазы.  |  | 2 ч.                   | 0,4 ч.                                    |         |
| 5.                | Лекция 5. Получение нановолокон и дисперсных фаз из полых частиц.  |  | 2 ч.                   | 0,4 ч.                                    |         |
| Итоговый контроль |  |  | Тесты для самоконтроля | Контрольные вопросы (электронная зачётка) | Реферат |

#### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Русанов А.И. Термодинамические основы механохимии. – СПб.: Наука, 2006.– 221с.
2. Сергеев Г.Б. Нанохимия. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 288 с.
3. Гусев А.И. Нанометриалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М: ФИЗМТЛИТ, 2005. – 416 с.
4. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.
5. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2005. –336 с.
6. В.Б. Алесковский, Курс химии надмолекулярных соединений, Учеб. Пособие, Изд-во ЛГУ, 1990, 284 с.
7. А. Адамсон. Физическая химия поверхностей. М., Мир, 1979. 568 с.
8. А.В. Суворов, А.Б. Никольский, «Общая Химия, СПб., Химия, 1994.
9. В.М.Смирнов. Химия наноструктур. Синтез, строение, свойства. СПб, СПбГУ, 1996.
10. И.П.Суздаев. Нанотехнология: физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: КомКнига, 2006. 592 с.
11. Третьяков Ю.Д., Олейников Н.Н., Можяев А.П. Основы криохимической технологии. М.: Высшая школа, 1987. 142с.
12. Г.С.Захарова, В.Л.Волков, В.В.Ивановская, А.Л.Ивановский. Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов металлов. Екатеринбург: УрО РАН. 2005. 240 с.
13. Гегузин Я.Е. Физика спекания, М., Наука, 1984, 312 с.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J. Estelle, P. Salagre, Y. Cesteros at al. Comparative study of morphology and surface properties of nicel oxide prepared from different precursors. // SSI. 156 (2003) 233-243.

2. V. V. Deshpande, M. M. Patil, V. Ravi. A coprecipitation technique to prepare  $Mg_4Nb_2O_9$  powders. // *Ceramic International*. 32 (2006) 353-355.
3. G. Xu, X. Zhang, W. He et al. Preparation of highly dispersed YAG nano-sized power by coprecipitation method. // *Materials letters* 60 (2006). 962-963.
4. W. Kuang, Y. Fan, K. Yao, Yi. Chen. Preparation and characterization of ultrafine Rare Earth Molybdenum Complex Oxide Particles // *J. solid state chem.* 140. 354-360 (1998).
5. Бурухин А.А. Синтез нанокристаллических оксидных материалов из гидротермальных и сверхкритических растворов. Автореф. дисс. канд. хим. наук. М., МГУ, 2001.
6. H. Wang, Y. Q. Mend, H. Yan. Rapid synthesis of nanocrystalline  $CeVO_4$  by microwave irradiation. // *Inorg. Chem. Comm.* 7 (2004) 553-555.
7. S. Ramanathan, M. B. Kakade, S. K. Roy, K. K. Kuty. Processing and characterization of combustion synthesized YAG powders. // *Chemical international*. 29 (2003) 477-484.
8. M. Liu, D. Xue. An efficient approach for the direct synthesis of lithium niobate powders. // *SSI*. 177 (2006) 275-280.
9. V. V. Kharton, E. N. Naumovich, V. N. Tikhonovich et. al. Testing tubular solid oxide fuel cells in nonsteady-state condition. // *J. Power Sources*. 79 (1999) 242-249.
10. A. Magraso, A. Calleja, X. P. Capdevila, F. Espiell. Synthesis of Gd-doped  $BaPrO_3$  nanopowders // *SSI*. 166 (2004). P. 359-364.
11. Пархоменко В. Д., Сорока П. И., Краснокутский Ю. И., Верещак В. Г. Плазмохимические методы получения порошкообразных веществ и их свойства. // *Всесоюзный журнал химического общества им. Д.И.Менделеева*. 1991 (2). Т.36. С. 166-170.
12. Segal D. Chemical synthesis of ceramic materials, *J. Mater. Chem.*, 1997, V.7, P. 1297-1305.
13. Neiman A., Tsipis E., Beketov I. et. al. Solid state interaction in nano-sizes oxides. // *SSI*. 177 (2006) 403-410.
14. J. K. Jian, X. L. Chen, Y. P. Xu et al. Synthesis, morphologies and Raman-scattering spectra of crystalline stannic oxide nanowires // *Appl. Phys. A*. 75, 695-697 (2002).
15. Bell R. J., Millar G. J., Drennan J. Influence of synthesis route on the catalytic properties of  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ . // *SSI*. 131 (2000). P.211 – 220.
16. Бердоносков С. С., Баронов С. Б., Кузьмичева Ю. В. и др. Твердые дисперсные фазы из полых сферических и трубообразных неорганических микрочастиц // *Российский химический журнал*. 2001 (1). Т. XLV. С. 35-45.

Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса на сайте [www.nanoobr.ru](http://www.nanoobr.ru)