

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

**Программа вступительных испытаний в магистратуру
по направлению**

28.04.03

Нanomатериалы

Магистерская программа

«Химическая технология наноматериалов»

Москва 2022

Разработчики программы:

заведующий кафедрой наноматериалов и нанотехнологии, *член-корр. РАН, д.х.н., профессор Е.В. Юртов,*

профессор кафедры наноматериалов и нанотехнологии, *д.х.н., доцент Королева М.Ю.*

доцент кафедры наноматериалов и нанотехнологии, *к.х.н., доцент Мурашова Н.М.*

1. Введение

Программа вступительных испытаний предназначена для лиц, желающих поступить в магистратуру ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы, магистерская программа «Химическая технология наноматериалов».

Программа разработана в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 5 апреля 2017 № 301.

Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников бакалавриата и специалитета классических университетов, технических и технологических вузов.

Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах:

«Физика», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Материаловедение», относящихся к федеральному или вузовскому компоненту блока общих математических и естественнонаучных дисциплин.

1. «Физико-химия наноструктурированных материалов», относящейся к федеральному компоненту блока общепрофессиональных дисциплин. Дисциплина преподается студентам, обучающимся по специальности «Наноматериалы»;
2. «Физикохимия наночастиц и наноматериалов», «Процессы на поверхности раздела фаз», «Процессы получения наночастиц и наноматериалов, нанотехнологии», «Методы и приборы для изучения, анализа и диагностики наночастиц и наноматериалов», относящихся к федеральному компоненту блока специальных дисциплин. Дисциплины преподаются студентам, обучающимся по специальности «Наноматериалы»;

3. «Физико-химия наноструктурированных материалов», «Газофазные процессы получения наноматериалов», «Синтез наночастиц и наноматериалов в жидких средах», «Методы и приборы для изучения наночастиц и наноматериалов», относящихся к вариативной части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Материаловедение и технологии материалов», профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» (ФГОС ВО).

Программа вступительного испытания включает содержание, перечень вопросов к вступительным испытаниям по направлению 28.04.03 «Наноматериалы», и перечень рекомендуемой литературы.

Форма проведения вступительного испытания – устная.

2. Содержание программы 28.04.03 «Наноматериалы» магистерская программа «Химическая технология наноматериалов».

- 1. Основные понятия о наноматериалах и нанотехнологии.** Понятия нанообъект, наноструктура, нанотехнология, наноматериал. История развития науки о наноструктурах и наноматериалах. Современное состояние и перспективы развития нанотехнологии на современном этапе.
- 2. Размерный эффект.** Причины особых свойств нанообъектов и наноструктурированных систем. Зависимость свойств от размера частиц (размерный эффект). Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов.
- 3. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов.** Особенности термодинамики нанообъектов. Влияние кривизны поверхности на термодинамические функции и межфазные равновесия.
- 4. Устойчивость нанообъектов.** Равновесные и неравновесные нанообъекты и наноструктуры. Кинетика процессов в наносистемах. Агрегация, флокуляция, коалесценция. Изотермическая перегонка (Оствальдово созревание). Зернограничная диффузия. Стабилизация нанообъектов.
- 5. Основные типы наноструктур в электронике.** Полупроводниковые наноструктуры: квантовые ямы, нити и точки. Гетероструктуры. Сверхрешетки. Квантовый лазер.
- 6. Наноразмерные порошки органических и неорганических веществ.** Классификация порошков. Физико-химические основы получения и применения нанопорошков. Консолидированные наноматериалы.
- 7. Композиционные наноматериалы.** Основные типы композиционных наноматериалов. Характеристики матриц и наполнителей. Физические и химические свойства неорганических и органических композиционных материалов. Полимерные нанокompозиты. Нанокерамика.
- 8. Углеродные наноматериалы.** Физические и химические свойства углеродных наноматериалов. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нановолокна, наноалмазы, графен. Области применения углеродных наноматериалов.

9. Пористые наноматериалы, мембраны. Номенклатура размеров пор. Физические и химические свойства нанопористых тел, молекулярных сит. Классификация мембран. Трековые мембраны. Области применения мембран.

10. Наноструктуры в жидкостях. Мицеллы, микроэмульсии, лиотропные жидкие кристаллы. Наноструктурированные гели. Золи. Магнитные жидкости. Пленки Ленгмюра.

11. Супрамолекулярная химия. Молекулярное распознавание, информация, комплементарность. Супрамолекулярные ансамбли. Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Молекулярные машины.

12. Сканирующая электронная микроскопия в исследовании наноматериалов. Принцип действия растрового электронного микроскопа. Возможности метода. Требования к объектам исследования.

13. Просвечивающая электронная микроскопия в исследовании наноматериалов. Принцип действия просвечивающего электронного микроскопа. Возможности метода. Требования к объектам исследования.

14. Туннельная и атомно-силовая зондовая микроскопия. Основные физические принципы сканирующей зондовой микроскопии. Туннельная и атомно-силовая зондовая микроскопия. Основные элементы сканирующего зондового микроскопа. Возможности методов.

15. Физические методы получения наночастиц. Возгонка-десублимация. Способы подвода энергии для возгонки (использование внешних нагревателей; резистивный, плазменный, лучевой и электронно-лучевой нагрев). Лазерная абляция. Диспергирование в электродуговом разряде. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение.

16. Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов. Метод Глейтера. Интенсивная пластическая деформация. Образование наноструктур при кристаллизации аморфных материалов.

17. Физические методы получения пленок и покрытий. Напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Литография и нанолитография.

18. Химические методы получения наночастиц в газовой фазе. Реакции термического разложения. Реакции типа газ – твердое тело. Реакции химического осаждения из газовой фазы и их разновидности.

19. Химические методы получения пленок и покрытий. Химическое осаждение металлоорганических соединений из газовой фазы.

20. Химические методы получения нанонитей и нанотрубок. Формирование углеродных и неуглеродных нанотрубок. Каталитический пиролиз углеводородов. Химическое модифицирование нанотрубок.

21. Синтез наночастиц методами осаждения. Синтез наночастиц в полярных и неполярных средах. Основные факторы, влияющие на размер наночастиц. Кинетический контроль роста наночастиц. Стабилизация синтезированных наночастиц в растворах - электростатическая, адсорбционная, хемосорбционная.

22. Золь-гель технология наночастиц и нанопористых материалов. Основные стадии процесса. Особенности гидролиза и поликонденсации в щелочной и кислой среде. Гелеобразование и синерезис. Удаление растворителя - образование ксерогелей и аэрогелей. Влияние состава реакционной среды и условий протекания процесса на

морфологию синтезируемого наноматериала. Получение золь-гель методом наноматериалов на основе оксидов кремния и титана.

23. Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях. Схемы основных методов. Использование сверхкритической воды и диоксида углерода для получения наночастиц. Варианты гидро- и сольвотермального синтеза. Основные параметры, влияющие на морфологию синтезируемых наноматериалов. Периодический и непрерывный способы организации гидро- и сольвотермального синтеза.

24. Образование наночастиц при распылении растворов в пламени (мокрое сжигание). Выпаривание и пиролиз аэрозолей. Влияние состава исходного раствора и технологических параметров процесса на размер и морфологию синтезируемых наночастиц. Способы распыления жидкости. Агломерация наночастиц и получение нанопористых материалов.

25. Криохимический метод синтеза наночастиц. Основные стадии процесса. Сверхбыстрое охлаждение. Способы замораживания и удаления растворителя. Используемые хладоагенты.

26. Электрохимические методы получения наноматериалов. Катодные и анодные процессы, приводящие к синтезу наноматериалов. Получение тонких пленок и наноструктурированных покрытий. Электроосаждение наночастиц. Формирование композитных покрытий, состоящих из металла и осажденных наночастиц.

27. Синтез наночастиц в мицеллах и микроэмульсии. Использование мицеллярных систем и микроэмульсий для синтеза наночастиц. Основные факторы, влияющие на размер и форму синтезируемых наночастиц.

3. Вопросы для подготовки к вступительным испытаниям в магистратуру по направлению подготовки 28.04.03 «Наноматериалы» магистерская программа "Химическая технология наноматериалов"

1. Размерный эффект. Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов.
2. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов. Особенности термодинамики нанообъектов.
3. Устойчивость нанообъектов. Процессы агрегации, флокуляции, коалесценции. Стабилизация нанообъектов.
4. Наноматериалы в электронике. Полупроводниковые структуры (гетероструктуры). Квантовые точки, квантовые нити, квантовые ямы.
5. Наноразмерные порошки органических и неорганических веществ.
6. Композиционные наноматериалы.
7. Углеродные наноматериалы - фуллерены, углеродные нанотрубки, графен, наноалмазы.
8. Пористые наноматериалы, мембраны.
9. Мицеллы, микроэмульсии, лиотропные жидкие кристаллы, пленки Ленгмюра-Блоджетт.
10. Супрамолекулярные ансамбли. Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Молекулярные машины.
11. Сканирующая электронная микроскопия в исследовании наноматериалов.
12. Просвечивающая электронная микроскопия в исследовании наноматериалов.

13. Туннельная и атомно-силовая зондовая микроскопия.
14. Физические методы получения наночастиц.
15. Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов.
16. Физические методы получения наноструктурированных пленок и покрытий.
17. Химические методы получения наночастиц в газовой фазе.
18. Химические методы получения наноструктурированных пленок и покрытий.
19. Химические методы получения нанонитей и нанотрубок.
20. Синтез наночастиц методами осаждения в жидких средах.
21. Золь-гель технология наночастиц и нанопористых материалов.
22. Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях.
23. Образование наночастиц при распылении растворов в пламени (мокрое сжигание).
24. Криохимический метод синтеза наночастиц.
25. Электрохимические методы получения наноматериалов.
26. Матричный (темплатный) синтез наночастиц и наноматериалов. Использование мицеллярных систем и микроэмульсий для синтеза наночастиц.

4. Рекомендуемая литература

1. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. Дж.Уайтсайде, Д.Эйглер, Р.Андерс и др./ Под.ред. М.К.Роко, Р.С.Уильямса и П.Аливисатоса. Пер. с англ. – М.: Мир, 2002.-292с.
2. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М: Техносфера, 2004.- 384с.
3. Наноматериалы и наноструктуры: учебно-методический комплекс: в 2 т.: Т.1. / Е.В. Юртов, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 148 с.
4. Наноматериалы и наноструктуры: учебно-методический комплекс: в 2 т.: Т.2. / Е.В. Юртов, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 112 с.
5. Сканирующая зондовая микроскопия для исследования свойств наноматериалов: учебно-методический комплекс / Е.В. Юртов, А.А. Серцова – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 148 с.
6. Процессы получения наночастиц и наноматериалов: учебно-методический комплекс / Е.В. Юртов, М.Ю. Королёва – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 152 с.
7. Функциональные наноконпозиционные материалы и покрытия: учебно-методический комплекс / Е.В. Юртов, М.Ю. Королёва – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. – 128 с.
8. Глезер А.М., Левашов Е.А., Королева М.Ю. Конструкционные наноматериалы: Учебно-методический комплекс дисциплины - Москва: МИСиС, 2011. - 176 с.
9. Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига. 2006. - 589 с.
10. Харрис П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера. 2003. – 336с.
11. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Издательский центр «Академия», 2005, 192с.

12. Дьячков П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 – 488 с.
13. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены. М.: Университетская книга, Логос. 2006. - 376 с.
14. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. – М.: Химия. 2000 – 672 с.
15. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия: Концепции и перспективы. Пер. с англ. - Новосибирск: Наука, Сиб. Предприятие РАН, 1998.
16. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит. 2005. - 416 с.
17. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.-309 с.
18. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 – 328 с.
19. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры: Пер. с англ. / Под ред. Ж.И. Алферова, Ю.В. Шмарцева. М.: Мир, 1989. .- 582 с
20. Зернограничная диффузия и свойства наноструктурных материалов/ Ю.Р.Колобов, Р.З.Валиев, Г.П.Грабовецкая и др. – Новосибирск: Наука, 2001.- 232 с.
21. Русанов А.И. Лекции по термодинамике поверхностей: Учебное пособие. - СПб.: «Лань», 2013. - 240 с.
22. Алымов М.И. Порошковая металлургия нанокристаллических материалов - М.: Наука, 2007. - 169 с.
23. Справочник по технологии наночастиц. Пер. с англ. колл. переводчиков; науч. ред. Ярославцев А.Б., Максимовский С.Н. - М.: Научный мир, 2013. - 730 с.