

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

УТВЕРЖДАЮ

Ректор РХТУ им. Д.И. Менделеева

_____ В.А. Колесников

Программа
краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных
работников высшей школы

по направлению
«ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ»

на базе учебного курса

«Физико-химия функциональных наноматериалов»

Цель Приобретение знаний о различных типах наноматериалов и наноструктур и их основных свойствах

Категория слушателей преподаватели и научные работники высшей школы

Примерный срок обучения 30 часов

Форма обучения с частичным отрывом от работы

Режим занятий 8 часов в день

Целью данного курса является приобретение знаний о различных типах наноматериалов и наноструктур, их химических и физических свойствах, основных методах получения наноматериалов и наноструктур, о реализованных и перспективных областях их применения. Наряду с основным теоретическими разделами, дисциплина предусматривает знакомство с прикладными аспектами использования физико-химических свойств наноматериалов, что даст возможность выпускникам данной специальности более эффективно применять полученные знания на практике.

Требования к уровню освоения учебного курса.

Преподаватели должны:

знать:

- основные типы наноматериалов и наноструктур,
- основные физические и химические свойства наноматериалов и наноструктур
- основные перспективные области применения различных видов наноматериалов;

уметь:

- выбирать необходимые виды наноматериалов и наноструктур;
- видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем;
- самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной различным наноматериалам и наноструктурам;

владеть:

- методами представления литературных и экспериментальных сведений о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур в виде рефератов, отчетов, докладов и презентаций.

Научные работники должны:

знать:

- основные типы наноматериалов и наноструктур,
- основные физические и химические свойства наноматериалов и наноструктур
- основные способы их получения;
- основные перспективные области применения различных видов наноматериалов;

уметь:

- выбирать необходимые виды наноматериалов и наноструктур;
- видеть перспективы возможного применения новых наноматериалов и наносистем;
- генерировать новые плодотворные научно-технические и инновационные идеи, посвященные различным наноматериалам и наноструктурам;

владеть:

- навыками поиска, анализа и обобщения литературных данных о свойствах, методах получения и областях применения наноматериалов и наноструктур .

Учебный курс «Физико-химия функциональных наноматериалов» состоит из дистанционной и очной частей.

Дистанционная часть учебного курса обеспечивает слушателя необходимым объёмом знаний по выбранной тематике. Задача дистанционной составляющей учебного курса – подготовить слушателя к очному обсуждению рефератов по выбранным темам и посещению специализированной лаборатории в РХТУ им. Д.И.Менделеева. Дистанционная часть учебного курса составляет 15 часов учебной нагрузки и включает теоретическую часть (лекционную) и тестирование.

В дистанционной (теоретической) части учебного курса изложены теоретические основы знаний о различных типах наноматериалов и наноструктур, их химических и физических свойствах, основных методах получения наноматериалов и наноструктур, о реализованных и перспективных областях их применения

Теоретическая часть учебного курса состоит из пяти лекций.

Очная часть учебного курса представляет собой обсуждение рефератов по выбранным темам и ознакомительное посещение специализированных лабораторий кафедры наноматериалов и нанотехнологии в РХТУ им. Д.И.Менделеева, а также выполнение лабораторных работ.. Задача очной части курса – углубление и закрепление информации,

освоенной в ходе дистанционной части курса. Очная часть учебного курса составляет 15 часов учебной нагрузки.

Содержание лекционного курса

Лекция 1. Введение. Что означает «нано»? Основные причины особых свойств нанообъектов. Влияние межфазных слоев на свойства материалов. Национальная нанотехнологическая инициатива США. Термины «нанотехнология» и «наноматериалы». Термины – синонимы. Размерный эффект. ФЦП "Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008 - 2010 годы". Направления деятельности национальной нанотехнологической сети. Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий» (РОСНАНО). История развития наноматериалов и наноструктур. Ричард Фейнман, Э.Дрекслер, Ж.-М.Лен, Ж.И.Алферов, П.А.Ребиндер, работы советских ученых по созданию наноматериалов в атомной и аэрокосмической промышленности и др.

Лекция 2. Общие свойства и типы нанообъектов. Классификация нанообъектов. Нанообъекты в твердом веществе, в жидкостях и газах. Особые физические и химические свойства нанообъектов и наноструктурированных систем. Основные закономерности изменения свойств наноматериалов. Границы раздела фаз. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов.

Зависимость свойств от размера частиц. Уравнения Лапласа, Кельвина, Гиббса – Томсона, Петча-Холла. Особенности их применения к нанообъектам. Особенности термодинамики нанообъектов. Квазиравновесие в наносистемах. Структурообразование в неравновесных условиях. Устойчивость нанообъектов. Кинетика процессов в наносистемах. Физические, химические свойства нанообъектов: наночастиц, нанотрубок и нанопроволок, аморфных неорганических наноструктур. Фракталы в описании свойств наноматериалов.

Лекция 3. Нанопорошки и объемные наноструктурные материалы. Композиционные материалы. Ультрадисперсные материалы. Классификация порошков. Свойства нанопорошков. Основные методы получения нанопорошков. Консолидированные наноматериалы. Основные методы получения объемных наноструктурных материалов. Свойства наноструктур, полученных различными методами. Композиционные наноматериалы. Основные типы структур композиционных материалов. Физические и химические свойства неорганических и органических композиционных материалов.

Лекция 4. Углеродные наноструктуры и их свойства.

Фуллерены и их свойства. Открытие нанотрубок. Нанотрубки и нановолокна. Основные пути получения нанотрубок и нановолокон. Физические и химические свойства нанообъектов: наночастиц, фуллеренов, нанотрубок, нановолокон. Области их применения.

Лекция 5. Наноструктуры в жидкостях. Наноструктурные пленки и поверхностные слои.

Физические и химические свойства тонких пленок и поверхностных слоев, мицеллярных систем и микроэмульсий, жидких кристаллов, аэрозолей, золь, гелей. Липосомы. Коллоидные частицы металлов. Магнитные жидкости. Наноструктурированные стекла.

Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Наноструктурированные покрытия.

На дистанционную и очную части учебного курса отводится по 15 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 функциональных наноматериалов»

Лекция 1. Введение.

1. Что означает термин "нано"? 1) нано (по-гречески nanos) означает карлик, 2) нано (по-древнегермански nanog) означает гном, 3) нано (по-итальянски nano) означает мелкий человек, 4) нано (по испански nanos) означает мелкое животное. ОТВЕТ
2. Как называлась речь Р.Фейнмана о развитии нанотехнологии? 1) Машины создания - "The engines of creation" 2) На дне много места - "There is Plenty of Room at the Bottom", 3) Наноструктуры - "Nanostructures", 4) Наноустройства - "Nanodevices".
3. Чем известен Э. Дрекслер? 1) Основатель нанотехнологии, 2) Написал известную книгу "Машины создания", 3) Является президентом международного общества нанотехнологии, 4) Первооткрыватель углеродных нанотрубок. ОТВЕТ –
4. Кто ввел в научную литературу термин наноматериалы 1) Г.Глейтер, 2) Ж.И.Алферов, 3) Р.Фейнман, 4) Дрекслер. ОТВЕТ –
5. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов? Это изменение: 1) свойств нанобъектов в зависимости от размера элементов их структуры 2) размера нанобъектов в зависимости от внешних условий, 3) свойств нанобъектов в зависимости от внешних условий, 4) размера нанобъектов в зависимости от состава. ОТВЕТ –

Лекция 2. Общие свойства и типы нанобъектов.

1. Что означает уравнение Гиббса-Томсона? 1) Взаимосвязь поверхности объекта и его объема, 2) взаимосвязь температуры плавления кристаллита и вязкости, 3) взаимосвязь изменения теплосодержания кристаллита и его состава, 4) взаимосвязь температуры плавления кристаллита и кривизны ограничивающей его поверхности. ОТВЕТ -
2. Для фракталов характерна зависимость:

$$N = k_f \left(\frac{R_g}{a} \right)^{D_f}$$

где N - количество частиц в агрегате, a - радиус исходных частиц, Rg - радиус вращения (гирации) агрегата, k_f – коэффициент.

Как называется величина D_f? 1) коэффициент диффузии частиц, составляющих фрактал, 2) коэффициент преломления среды, содержащей фракталы, 3) размерность фрактала 4) количество частиц в фрактале. ОТВЕТ -

3. Энергия активации зернограничной диффузии в сравнении с диффузией в объеме: 1) больше, 2) не меняется, 3) меньше, 4) примерно равна нулю. ОТВЕТ –
4. Закон Петча-Холла? 1) связывает температуру плавления кристаллита с кривизной ограничивающей его поверхности, 2) туннельная проводимость экспоненциально уменьшается с увеличением расстояния между поверхностями, 3) с уменьшением размера зерна или сечения образца предел

- текучести увеличивается, 4) с уменьшением размера зерна или сечения образца предел текучести уменьшается. ОТВЕТ –
5. Уравнение: $\Delta P = 2\sigma/r$ 1) Лапласа, 2) Кельвина, 3) Гиббса-Томсона, 4) Дрекслера. ОТВЕТ –

Лекция 3. Порошки и объемные наноструктурные материалы.

1. Какое название для нанопорошков и наноматериалов использовалось в СССР при их исследовании начиная с 50-х годов? 1) Ультрадисперсные 2) Высокодисперсные 3) Нанодисперсные 4) Сверхдисперсные ОТВЕТ -
2. Кто впервые сформулировал концепцию наноматериалов и ввел в научную литературу термин наноматериалы - сначала как нанокристаллические материалы, потом наноструктурные, нанофазные, наноконструктивные и т.д.? 1) Фейнман, 2) Дрекслер, 3) Глейтер, 4) Тананаев ОТВЕТ -
3. На рисунке представлена зависимость прочности современных конструктивных материалов от их ударной вязкости или пластичности. Где будут находиться точки, соответствующие наноматериалам? 1) ниже представленной кривой, 2) выше кривой, 3) продолжение кривой вниз, 4) продолжение кривой вверх ОТВЕТ -
4. Закон Петча-Холла? 1) связывает температуру плавления кристаллита с кривизной ограничивающей его поверхности, 2) туннельная проводимость экспоненциально уменьшается с увеличением расстояния между поверхностями, 3) с уменьшением размера зерна или сечения образца предел текучести увеличивается, 4) с уменьшением размера зерна или сечения образца предел текучести уменьшается. ОТВЕТ -
5. Метод Г.Глейтера: 1) пиролиз углеводородов, 2) золь-гель метод, 3) гидролиз алкоксидов, 4) газофазное осаждение и компактирование. ОТВЕТ -



Лекция 4. Углеродные наноструктуры и их свойства.

1. Какой из фуллеренов является наиболее устойчивым? 1) C_{60} , 2) C_{70} , 3) C_{80} , 4) C_{50} . ОТВЕТ -
2. Соединения фуллеренов с металлами называют: 1) фуллеритами, 2) фуллеранами, 3) фуллеридами, 4) фуллероидами ОТВЕТ -
3. Степень гибридизации в молекуле C_{60} : 1) 0,66 2) 1,47, 3) 2,28 4) 3,67 ОТВЕТ - 3
4. Что правильно? 1) Фуллериты, в отличие от алмаза, графита и сажи, слегка растворимы в неполярных растворителях, 2) Графит, в отличие от фуллерита, алмаза, сажи, слегка растворим в неполярных растворителях, 3) Сажа, в отличие от фуллерита, алмаза, и графита, слегка растворима в неполярных растворителях, 4) Алмаз, в отличие от фуллерита, графита и сажи, слегка растворим в неполярных растворителях. ОТВЕТ –
5. Плотность фуллерита C_{60} при нормальных условиях: 1) существенно меньше плотности графита и алмаза, 2) больше плотности графита, но меньше плотности алмаза, 3) больше плотности графита и алмаза, 4) практически равна плотности графита ОТВЕТ –

Лекция 5. Наноструктуры в жидкостях. Наноструктурные пленки и поверхностные слои.

1. Что такое магнитная жидкость? 1) расплавленный магнит, 2) взвесь магнитных наночастиц в жидкости, 3) жидкость, подвергнутая магнитной обработке, 4) жидкости, изменяющие удельный объем при намагничивании и размагничивании
ОТВЕТ -
2. В чем заключается метод Ленгмюра-Шеффера переноса монослоя с поверхности жидкости? 1) в этом методе подложка ориентируется практически перпендикулярно к поверхности жидкости и полностью погружается в жидкость, 2) в этом методе подложка ориентируется практически перпендикулярно к поверхности жидкости и грань подложки слегка касается монослоя, 3) в этом методе подложка ориентируется практически горизонтально и приводится в легкое соприкосновение с монослоем, 4) в этом методе подложка ориентируется практически горизонтально и полностью погружается в жидкость, ОТВЕТ -
3. Какое свойство характерно для микроэмульсии (МЭ)? 1) МЭ прозрачные жидкости, 2) МЭ имеют темно серый цвет, 3) МЭ непрозрачные жидкости, 4) МЭ являются хорошими проводниками электричества. ОТВЕТ -
4. Какая из наноструктур является термодинамически неустойчивой? 1) жидкие кристаллы, 2) мицеллы, 3) углеродные нанотрубки 4) наноструктуры, формирующиеся интенсивной пластической деформацией. ОТВЕТ –
5. Какой типичный размер капель микроэмульсии? 1) 1-5 мкм, 2) 200-300 нм, 3) 10-50 нм, 4) 1-5 нм. ОТВЕТ –

Очная часть учебного курса представляет собой обсуждение рефератов по выбранным темам, выполнение лабораторных работ в специализированной лаборатории кафедры наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И.Менделеева. Задача очной части курса – углубление и закрепление информации, освоенной в ходе дистанционной части курса, включая знакомство с лабораторией по синтезу наночастиц и наноматериалов.

Основные задания на лабораторный практикум

1. Изучение физико-химических свойств магнитных жидкостей

Экспериментальная работа, посвященная получению и исследованию физико-химических свойств магнитных жидкостей в различных средах. Определение размера и заряда наночастиц на приборе Malvern Zetasizer Nano.

2. Зернограничная диффузия

Расчетная лабораторная работа по зернограничной диффузии, основанная на компьютерной программе «Klinger-GBD», которая разработана профессором Л.М. Клиngerом с использованием теоретических положений Б.С. Бокштейна (НИТУ «МИСИС»). Использование этой компьютерной модели позволяет наглядно продемонстрировать студентам отличие объемной диффузии от зернограничной, а также улучшает понимание процесса зернограничной диффузии и теоретического курса в целом.

Контрольные вопросы для проверки материала

1. Как изменяется удельная межфазная поверхность при переходе от микрообъектов к нанообъектам?
2. Основные этапы развития науки о нанообъектах и нанотехнологии
3. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов
4. Классификация нанообъектов.
5. Применение термодинамических уравнений к нанообъектам.
6. Уравнение Лапласа.

7. Оствальдово созревание, изотермическая перегонка в наносистемах
8. Уравнение Гиббса – Томсона.
9. Уравнение Кельвина,
10. Уравнение Гиббса – Томсона,
11. Зависимость Петча-Холла.
12. Зернограничная диффузия.
13. Каким материалам соответствуют три основных состояния углерода, соответствующих sp^3 -, sp^2 - и sp -гибридизации их валентных орбиталей?
14. Физико-химические свойства фуллеренов.
15. Физико-химические свойства углеродных нанотрубок.
16. Что такое монтмориллонит, и почему его применяют в нанокompозитах?
17. Опишите основные методы синтеза углеродных нанотрубок.
18. Пленки Легмюра-Блоджетт
19. Метод Шеффера
20. Свойства микроэмульсии (наноэмульсии)
21. Темплатный синтез в микроэмульсии
22. Фракталы для описания свойств нанообъектов.

Темы контрольных рефератов по курсу «Физико-химия функциональных наноматериалов»

1. Особые свойства наноматериалов.
2. Размерный эффект в свойствах наноматериалов и нанотехнологии.
3. Основные типы и свойства вантовых наноструктур.
4. Зернограничная диффузия
5. Полупроводниковые гетероструктуры.
6. Литография и нанолитография.
7. Особенности физико-химических свойств нанопорошков.
8. Объемные наноструктурированные материалы.
9. Фуллерены.
10. Нанотрубки и нановолокна.
11. Неуглеродные тубулярные наноструктуры.
12. Самоорганизация и самосборка наноструктур.
13. Получение композиционных наноматериалов и покрытий.
14. Нанокерамика. Особые свойства нанокерамики.
15. Наноструктурированные стекла.
16. Магнитные жидкости.
17. Наноструктурированные гели.
18. Коллоидные частицы металлов.
19. Тонкие пленки. Свойства и методы получения.
20. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. История, свойства и получение.
21. Кластеры.
22. Молекулярные и супрамолекулярные устройства.
23. Наномеханические и нанoeлектронные устройства
24. Нанотехнология и медицина.
25. Особенности токсичности наноматериалов.

Учебно-тематический план

№	Название учебного курса	Всего,	в том числе (указать часы)	Форма контроля
---	-------------------------	--------	----------------------------	----------------

и лекций	час.	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 функциональных наноматериалов”	30 ч.	12	3	15	
Лекция 1. Введение		3			
Лекция 2. Общие свойства и типы нанобъектов.		3			
Лекция 3. Порошки и объемные наноструктурные материалы.		4			1. Тесты для самотестирования
Лекция 4. Углеродные наноструктуры и их свойства.		4			2. Контрольные вопросы (электронная зачётка)
Лекция 5. Наноструктуры в жидкостях. Наноструктурные пленки и поверхностные слои.		4			
Итоговый контроль		1. Тесты для самотестирования	2. Контрольные вопросы (электронная зачётка)	3. Реферат	Реферат

Список литературы

Основная литература

1. Сергеев Г.Б. Нанохимия. – М.: КДУ, 2006. – 336 с.
2. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Издательский центр «Академия», 2005, – 192с.
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М., Физматлит, 2007, - 416 с.
4. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы: Учебное пособие. М.: Издательство: Бином. Лаборатория знаний, 2008, - 365 с.
5. П.Харрис Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера. 2003. – 336с.

6. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: строение, свойства, применение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 – 293 с.
7. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены. Учебное пособие. - М.: Университетская книга, Логос, 2006. – 376 с.
8. Д.Брандон, У.Каплан. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М: Техносфера, 2004.- 384с.
9. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. М.: Академкнига, 2007, - 398 с.
10. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / Под. ред. Лучинина В.В., Таирова Ю.М. – М. Физматлит, 2006, - 552 с.

Дополнительная литература

1. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия. 2000. - 672 с.
2. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. Учебное пособие. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006, - 309 с.
3. Суздальев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига. 2006. - 589 с.
4. Генералов М.Б. Криохимическая нанотехнология: Учебное пособие для вузов. М.: ИКЦ "Академкнига", 2006, - 325 с.
5. Пул Ч.П. мл., Оуэнс Ф.Дж. Нанотехнологии. М: Техносфера, 2006, 336 с.
6. Рамбиди Н.Г.Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. М.: Физматлит, 2008, - 456 с.
7. 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.

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