

«СОГЛАСОВАНО»

Ректор СПбГЭТУ

_____ / Кутузов В. М. /

Программа
краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников
высшей школы по направлению
“ Нанотехнологии для систем безопасности ”
на базе учебного курса
ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ НАНОСТРУКТУР
(наименование учебного курса)

Цель: изучение фундаментальных и прикладных вопросов материаловедения наноструктур, связанных с размерными эффектами индивидуальных наночастиц и возникновении кооперативных явлений в наносистемах.

Категория слушателей преподаватели и научные работники высшей школы

Примерный срок обучения 36 часов

Форма обучения с частичным отрывом от работы, дистанционно- очная

Режим занятий 8 часов в день

Целью и задачами данного курса является ознакомление с базовыми теоретическими представлениями, описывающими вопросы кластерообразования, самосборки и самоорганизации наноструктур. Для описания строения кристаллической и электронной структуры наносистем используются современные физические модели с положительной и отрицательной корреляционной энергией, а также модели переменной валентности, являющиеся концептуальной основой модификации свойств наносистем.

Требования к уровню освоения учебного курса.

Преподаватели должны:

- Знать:
 - основные размерные эффекты, возникающие в наночастицах, и кооперативные явления в системах на их основе;
 - физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в микро- и наносистемах;
 - основные методы формирования наносистем из индивидуальных наночастиц с учетом областей их применения.
- Иметь навыки:
 - правильно использовать материаловедческие закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании микро- и наносистем для наноэлектроники, фотоники, микро- и наносистемной техники, наносенсорики;
 - использовать математический аппарат теории перколяции и физики фракталов при разработке микро- и наносистем;
 - экспериментально оценивать физические свойства нано- и микросистем на различных уровнях масштабирования.
- Иметь представление:

- о современных тенденциях развития материаловедения микро- и наносистем для создания структур и устройств с улучшенными физико-техническими и химико-техническими характеристиками.

Научные работники должны:

- Знать:
 - основные размерные эффекты, возникающие в наночастицах, и кооперативные явления в системах на их основе;
 - физическую и химическую сущность процессов и явлений, протекающих в микро- и наносистемах;
 - основные методы формирования наносистем из индивидуальных наночастиц с учетом областей их применения.
- Иметь навыки:
 - правильно использовать материаловедческие закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании микро- и наносистем для нанoeлектроники, фотоники, микро- и наносистемной техники, наносенсорики;
 - использовать математический аппарат теории перколяции и физики фракталов при разработке микро- и наносистем;
 - экспериментально оценивать физические свойства нано- и микросистем на различных уровнях масштабирования.
- Иметь представление:
 - о современных тенденциях развития материаловедения микро- и наносистем для создания структур и устройств с улучшенными физико-техническими и химико-техническими характеристиками.

Учебный курс «Основы материаловедения наноструктур» 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 лабораторий в Санкт-Петербургском электротехническом университете.

В дистанционной (теоретической) части учебного курса изложены физические основы кластерообразования, самосборки и самоорганизации, физические модели с положительной и отрицательной корреляционной энергией, а также модели переменной валентности, являющиеся основой модификации свойств микро- и наносистем. Теоретическая часть учебного курса состоит из 6 лекций:

Лекция 1. Физические и химические методы получения наноразмерных частиц

Получение наночастиц из пересыщенных паров металлов. Метод «молекулярных пучков». Получение наночастиц распылением металла. Осаждение на подложку наночастиц из атомного пучка. Механохимическое диспергирование. Электроэрозия. Электрохимическое генерирование. Получение наночастиц из химических соединений. Термолиз металлосодержащих соединений (МСС). Разложение МСС под действием ультразвука. Радиационно-химическое восстановление ионов металлов в водных растворах как метод синтеза наночастиц. Нанореакторы. Синтез в обратных мицеллах. Золь-гель технология. Синтез наночастиц на границе раздела фаз вода-воздух (Ленгмюр-Блоджетт технология). Специальные методы синтеза гетерометаллических наночастиц.

Лекция 2. Металлические кластеры и кластерные соединения

Шкала размеров. Моноядерные соединения металлов. Биядерные соединения со связями металл-металл. Кластерные соединения металлов (малые, средние, большие, гигантские). Меры против агрегации. Роль лигандов. Дентатность. Хелатный эффект. Принцип изоглобальной аналогии. Макроциклические лиганды. Связь между числом кластерных валентных электронов (КВЭ) и строением остова. Безлигандные металлические кластеры. Металлсодержащие наноразмерные частицы. Отличие структуры кластерных частиц от структуры массивного образца. Кластерные материалы. Однофазные металлополимеры. Гетерогенные кластерные катализаторы. Принципы геометрической организации, формообразования и электронной структуры кластеров.

Лекция 3. Углеродные наноматериалы. Фуллерены

Классификация углеродных материалов по признакам: тип гибридизации химических связей, ближний порядок и средний порядок, дальний порядок и степень дефектности. Углеродные материалы с sp^3 -гибридизацией (алмазы, порошковые материалы на основе алмаза, ультрадисперсный алмаз, алмазоиды). Семейство углеродных материалов с упорядоченным распределением sp^2 - и sp^1 -гибридизированных химических связей (графит, пирографит, графен). Семейство аморфных углеродных наноструктурированных материалов. Фуллерены. Фуллерит. Экзо и эндопроизводные фуллерена. Интеркалированные соединения. Эндоэдральные материалы. Полимерные фазы на основе фуллеренов.

Лекция 4. Углеродные нанотрубки

Углеродные нанотрубки (УНТ). Хиральность углеродных нанотрубок. Одностенные и многостенные УНТ. Нановолокна и другие углеродные наноматериалы. Электронная структура, энергетический спектр и проводимость нанотрубок. Методы получения и разделения нанотрубок. Сверхупругие свойства однослойных УНТ. Применение в конструкционных композитных наносистемах и сканирующей зондовой микроскопии. Эмиссионные приборы на основе УНТ. Углеродная наноэлектроника. Диоды Шоттки, одноэлектронные транзисторы, логические схемы на основе ветвящихся УНТ. Гибридные и эндоэдральные наносистемы на основе УНТ. Легированные УНТ. Применение углеродных наноструктур в молекулярной электронике :перспективы и проблемы.

Лекция 5. Наноструктурированные поверхности и пленки

Получение моно-и полимолекулярных слоёв методом Ленгмюра-Блоджетт. Наноструктурированные поверхности. Магические кластеры и другие атомные конструкции. Атомная сборка и самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния. Эффект стабилизации эндоэдральных кремниевых нанотрубок.

Лекция 6. Клатраты и каталитические наночастицы

Карагы Вячеслав Иванович Карныкрян

Каталитические наночастицы для газочувствительных сенсоров спилловер эффект химические размерные эффекты. селективность и каталитическую активность наночастицы механизм получил название ПЖК – "Пар–Жидкость–Кристалл" искусственных кластеров

Понятие гетерогенного катализа. Размерные эффекты в катализе. Модель оборванных связей. Современный синтез каталитических активных наночастиц и каталитически активных подложек (из полимерных наноматериалов, высокопористых структур, биоматериалов и других). Ансамбли каталитических наночастиц,

кооперативные явления. Влияние подложки на каталитические свойства. Фотокатализ. Особенности каталитической активности наночастиц.

Методические рекомендации по реализации учебной программы

На дистанционную и очную части учебного курса отводится 18 и 18 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 «Основы материаловедения наноструктур»

Лекция 1. Физические и химические методы получения наноразмерных частиц

1. Каково общее условие формирования ультрадисперсных металлических частиц методами, основанными на конденсации пара металла?

А) Высокая скорость нуклеации при возможно меньшей скорости роста размеров частиц

В) Высокая скорость нуклеации при возможно большей скорости роста размеров частиц

Б) Низкая скорость нуклеации при возможно меньшей скорости роста размеров частиц

Г) Низкая скорость нуклеации при возможно большей скорости роста размеров частиц

2. Почему существует необходимость стабилизировать наночастицы?

А) Для компенсации воздействия силы Кориолиса

В) Из-за высокой поверхностной энергии наночастиц

Б) Из-за низкой поверхностной энергии наночастиц

Г) Такой необходимости не существует

3. Как будет изменяться температура Кюри в магнитных наночастицах по сравнению с температурой Кюри объемной фазы того же материала?

А) Увеличится

В) Останется неизменной

Б) Уменьшится

4. В каком из методов нанодиспергирования компактного материала средний размер наночастиц обратно пропорционален плотности тока?

А) Механохимическое диспергирование

В) Электрохимическое генерирование

Б) Электроэрозия

5. В каком из химических методов синтеза наночастиц их образование происходит без подвода вещества извне, а размер частиц регулируется размером нанореакторов, в которых протекает синтез?

- А) Термолиз металлосодержащих соединений
- Б) Разложение металлосодержащих соединений под действием ультразвука
- В) Синтез в обратных мицеллах
- Г) Золь-гель метод
- Д) Синтез наночастиц на границе раздела фаз вода-воздух

Лекция 2. Металлические кластеры и кластерные соединения

1. К какому типу кластеров относятся устойчивые ассоциаты из конечного числа атомов или простых молекул, способных существовать в газовой фазе?

- А) Ван-дер-Ваальсовы кластеры
- Б) Молекулярные кластеры металлов
- В) Молекулярные лигандные кластеры металлов
- Г) Безлигандные кластеры
- Д) Коллоидные кластеры
- Е) Твердотельные кластеры

2. Указать, к какому типу кластеров относятся микроэмульсии и мицеллярные системы:

- А) Ван-дер-Ваальсовы кластеры
- Б) Молекулярные кластеры металлов
- В) Молекулярные лигандные кластеры металлов
- Г) Безлигандные кластеры
- Д) Коллоидные кластеры
- Е) Твердотельные кластеры

3. Каким термином называют атом, ион или молекулу, непосредственно связанных с одним или несколькими центральными (комплексообразующими) атомами металла в комплексном соединении?

- А) Кластерная частица
- Б) Лиганд
- В) Ядро
- Г) Оболочка

4. Какова должна быть дентатность лиганд, способных образовывать хелатные комплексы?

- А) Лиганды должны быть монодентатными
- Б) Дентатность должна быть больше двух
- В) Дентатность должна быть больше
- Г) Дентатность должна быть больше шести
- четырёх

5. Будет ли кристаллическая структура кластерных частиц отличаться от структуры массивного образца того же металла?

- А) Да
- Б) Нет

6. «Магическое» число для тетраэдрического кластера металлов однотопного строения равно 60. Что показывает «магическое» число?

- А) Число электронов валентных оболочек атомов металлов, образующих остов
Б) Число электронов, предоставляемых лигандами
В) Число кластерных валентных электронов
Г) Число атомов металла в кластере

Лекция 3. Углеродные наноматериалы. Фуллерены

1. Какова степень sp^n -гибридизации химических связей в алмазоидах?

- А) $n = 1$
Б) $n = 2$
В) $n = 3$

2. Каковы характерные размеры частиц ультрадисперсного алмаза?

- А) 3000...40 мкм
Б) 80...1 мкм
В) 1,0...0,1 мкм
Г) 2...4 нм

3. Какова степень sp^n -гибридизации химических связей в графене?

- А) $n = 1$
Б) $n = 2$
В) $n = 3$

4. Графен – двумерный кристалл. Какова величина энергетического зазора между зоной проводимости и валентной зоной в графене (при комнатной температуре)?

- А) Равна энергетическому зазору в алмазе: $\approx 5,49$ эВ
Б) Варьируется от 2 до 4,5 эВ
В) ≈ 1 эВ
Г) 0 эВ

5. В каком из перечисленных ниже аморфных углеродных материалах наиболее высока концентрация C – C-связей с sp^3 -гибридизацией и минимально содержание C – H-связей?

- А) Алмазоподобный аморфный углерод или тетраэдральный аморфный углерод (ta-C)
Б) Полимероподобный аморфный гидрогенизированный углерод (PLCH)
В) Алмазоподобный аморфный гидрогенизированный углерод (DLCH)
Г) Аморфный гидрогенизированный углерод с жесткими тетрагональными связями (ta-C:H)
Д) Графитоподобный аморфный гидрогенизированный углерод (GLCH)

6. В каком из перечисленных ниже аморфных углеродных материалах наиболее высока концентрация C – C-связей с sp^2 -гибридизацией, также материал характеризуется низким содержанием водорода?

- А) Алмазоподобный аморфный углерод или тетраэдральный аморфный углерод (ta-C)
Б) Полимероподобный аморфный гидрогенизированный углерод (PLCH)

В) Алмазоподобный аморфный гидрогенизированный углерод (DLCH)

Г) Аморфный гидрогенизированный углерод с жесткими тетрагональными связями (ta-C:H)

Д) Графитоподобный аморфный гидрогенизированный углерод (GLCH)

7. Для каких материалов на основе фуллеренов принято обозначение $M@C_n$?

А) Для фуллеридов

Б) Для фуллеритов

В) Для экзопроизводных фуллеренов

Г) Для эндодральных производных фуллеренов

Лекция 4. Углеродные нанотрубки

1. Какие индексы хиральности соответствуют углеродным нанотрубкам типа «зигзаг»?

А) (m, n)

Б) (n, n)

В) $(n, 0)$

Г) (m, n) , где $n = 2m$

2. Являются ли углеродные нанотрубки типа «зигзаг» хиральными?

А) Да

Б) Нет

3. Какие индексы хиральности будут соответствовать однослойным углеродным нанотрубкам, обладающим полупроводниковыми свойствами?

А) (n, n)

Б) (m, n) , при условии, что $m > 2n$

В) $(n, 0)$, если n кратно трем

Г) Варианты А, В

Д) $(n, 0)$, если n не кратно 3

Е) Варианты А, Д

4. Какие индексы хиральности будут соответствовать однослойным углеродным нанотрубкам, обладающим металлическими свойствами?

А) (n, n)

Б) (m, n) , при условии, что $m > 2n$

В) $(n, 0)$, если n кратно трем

Г) Варианты А, В

Д) $(n, 0)$, если n не кратно 3

Е) Варианты А, Д

5. Наиболее распространенным методом получения углеродных нанотрубок является метод термического распыления графитовых электродов в плазме дугового разряда. Нанотрубки с каким строением получают таким методом?

А) Одностенные

Б) Многостенные

В) Хиральные

Г) Нехиральные

Д) С металлическим типом проводимости

Е) С полупроводниковым типом проводимости

Ж) В полученном материале будут находиться углеродные нанотрубки с различным строением

Лекция 5. Наноструктурированные поверхности и пленки

1. На границе раздела каких фаз способны образовываться мономолекулярные пленки поверхностно-активных веществ?

- А) Жидкость – газ
- В) Жидкость - жидкость

- Б) Твердое тело - жидкость
- Г) На границе раздела всех перечисленных фаз (А, Б, В)

2. Как будут ориентированы молекулы поверхностно-активного вещества (ПАВ), формирующего мономолекулярную пленку на поверхности раздела вода – воздух?

- А) Молекулы ПАВ ориентируются под небольшим углом к межфазной поверхности, причем полярной группой в сторону воды, углеводородным радикалом – в воздух
- В) Молекулы ПАВ будут располагаться параллельно границе раздела фаз вода – воздух

- Б) Молекулы ПАВ ориентируются под небольшим углом к межфазной поверхности, причем полярной группой в сторону воздуха, углеводородным радикалом – в воду
- Г) Молекулы ПАВ ориентируются под небольшим углом к межфазной поверхности, причем ориентация молекул будет чередоваться: одна молекула полярной группой в сторону воды, тогда соседние – полярной группой в воздух

3. Каким образом Д. Эйглер в начале 1990-х годов построил “квантовый загон” – окружность радиусом 7.1 нм, состоящую из 48 атомов железа на поверхности меди?

- А) Путем перемещения атомов железа по поверхности меди методом силовой литографии (p_lowing-литографии) атомно-силовой микроскопии

- Б) Методом «молекулярных пучков»

- В) Путем перемещения атомов железа по поверхности меди с помощью сканирующего туннельного микроскопа в условиях сверхвысокого вакуума и низкой температуры подложки (≈ 4 К)

- Г) Методом Ленгмюра-Блоджетт

4. Известно, что углерод может образовывать полые наноструктуры – сферические молекулы (фуллерены), нанотрубки. Si, как и С является элементом IV группы. Возможно ли образование аналогичных полых наноструктур, состоящих только из атомов Si?

- А) Да, возможно

- Б) Нанотрубки, состоящие только из атомов кремния, нестабильны

5. Показана теоретически и экспериментально с помощью сканирующей туннельной микроскопии возможность существования эндодральных кремниевых нанотрубок. Атомы какого элемента вводятся для их стабилизации?

- A) Au
- B) В
- Д) Ni

- Б) Pt
- Г) Ве
- Е) Mn

Лекция 6. Клатраты и каталитические наночастицы

1. Клатратные кристаллы – это (*продолжить*):

- A) Среды, у которых диэлектрическая проницаемость периодически меняется в пространстве с периодом, допускающим брэгговскую дифракцию света
- Б) Соединения включения, содержащие молекулы или атомы ("гости") внутри полостей каркасной кристаллической решетки ("хозяина")
- В) Это кристаллические фазы на основе фуллеренов с интеркалированными чужеродными атомами («гостями») между слоями исходной матрицы
- Г) Полимерные материалы, находящиеся в кристаллическом состоянии

2. Из перечисленных ниже списков веществ укажите, в каком все материалы являются клатратами?

- A) SmCo_5 , $\text{Sm}_2\text{Fe}_4\text{B}$, $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$, $\text{Sm}(\text{Fe}_{11}\text{Ti})$, $\text{Pr}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$
- Б) Fe@Mg , Fe@MgF_2 , Co:ZnO , V:ZnO , Co:TiO_2
- В) $\text{Ba}_6\text{Ce}_2\text{Au}_4\text{Si}_{42}$, $\text{Na}_2\text{Ba}_6\text{Si}_{46}$, $\text{Ba}_8\text{Si}_{46}$, $\text{Ba}_8\text{Mn}_x\text{Ge}_{46-x}$ ($x = 1-2$)
- Г) Все выше перечисленные вещества являются клатратами

3. При уменьшении числа атомов в металлической частице наночастица теряет металлические свойства. Энергетическое расстояние δ между энергетическими уровнями при этом изменяется. При выполнении какого условия металлическая частица приобретает каталитические свойства (k – постоянная Больцмана, T – температура, E_F - энергия Ферми)?

- A) $\delta > kT$
- Б) $\delta < kT$
- В) $\delta = kT$
- Г) $\delta < E_F$

4. Будет ли зависеть каталитическая активность и селективность наночастицы от ее кристаллографической огранки (при прочих равных условиях)?

- A) Нет
- Б) Да

5. Как должно влиять увеличение доли низкокоординированных атомов на поверхности каталитической наночастицы на ее каталитическую активность?

- A) Приводит к увеличению каталитической активности
- Б) Приводит к уменьшению каталитической активности
- В) Не будет влиять на каталитическую активность наночастицы

6. Для получения нитевидных кристаллов кремния на подложках, содержащих затравки Au, по механизму «Пар-Жидкость-Кристалл» в каком диапазоне следует выбирать температуру роста, учитывая, что T - x -диаграмма состояния системы Au-Si имеет эвтектику и характеризуется малой растворимостью Au в Si в твердом состоянии?

А) Температура роста должна быть выше температуры плавления Si

Б) Температура роста должна быть выше температуры плавления Au

В) Температура роста должна быть выше температуры эвтектики, но ниже температуры плавления Si

Г) Температура роста должна быть ниже температуры эвтектики

Контрольные вопросы для проверки материала

1. Дисперсные системы. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды.
2. Получение наночастиц из пересыщенных паров металлов.
3. Методы нанодиспергирования компактного материала.
4. Кластеры. Классификация нанокластеров и наноструктур. Ван-дер-Ваальсовы кластеры. Молекулярные кластеры металлов.
5. Лигандные и безлигандные кластеры. Методы их получения. Дентатность.
6. Методы стабилизации кластеров.
7. Кластерные соединения металлов. Магические числа.
8. Принцип изолобальной аналогии.
9. Принципы геометрической организации кластеров.
10. Классификация углеродных наноматериалов по признакам: тип гибридизации химических связей, ближний и дальний порядок, дальний порядок и степень дефектности.
11. Наноалмазы. Свойства, методы получения, применение.
12. Углеродные материалы с sp^3 -гибридизацией (алмазы, порошковые материалы на основе алмаза, ультрадисперсный алмаз, алмазоиды).
13. Семейство углеродных материалов с упорядоченным распределением sp^2 - и sp^1 -гибридизированных химических связей (графит, пирографит, графен).
14. Аморфные углеродные материалы. Области существования различных аморфных материалов на основе треугольник Гиббса.
15. Строение фуллеренов C_{60} , C_{70} . Фуллериты. Фуллериды. Диаграммы Шлегеля.
16. Экзо и эндопроизводные фуллерена. Интеркалированные соединения.
17. Полимерные фазы на основе фуллеренов.
18. Одностенные и многостенные углеродные нанотрубки.
19. Строение углеродных нанотрубок. Влияние хиральности нанотрубки на ее свойства.
20. Электронная структура, энергетический спектр и проводимость нанотрубок.
21. Методы получения и разделения углеродных нанотрубок.
22. Способы создания перехода металл-полупроводник на основе углеродных нанотрубок.

23. Гибридные и эндоэдральные наносистемы на основе углеродных нанотрубок. Легированные углеродные нанотрубки.
24. Получение моно-и полимолекулярных слоёв методом Ленгмюра-Блоджетт.
25. Реконструкция поверхности кристаллов. Строение кластеров металлов на поверхности полупроводников.
26. Атомная сборка и самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния.
27. Решетчатые и молекулярные клатраты. Клатратные кристаллы.
28. Каталитические добавки для газочувствительных сенсоров.
29. Химические размерные эффекты. Спилловер-эффект.
30. Гетерогенный анализ на наночастицах. Модель оборванных связей.
31. Каталитические наночастицы. Влияние подложки на каталитические свойства. Искусственные кластеры для катализа.
32. Магнитные наночастицы: свойства и методы синтеза. Оболочечные наночастицы.
33. Методы получения каталитических наночастиц.

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 «Основы материаловедения наноструктур»

1. Получение упорядоченных слоистых структур по технологии Ленгмюра-Блоджетт.
2. Атомно-молекулярная сборка.
3. Метод синтеза нанокompозитов, основанный на химической модификации слоистых двойных гидроксидов (СДГ).
4. Коллоидные частицы золота. Специфические свойства, получение и применение.
5. Эффект суперпарамагнетизма в нанобъектах.
6. Наносистемы из наночастиц. Сенсоры на эффекте гигантского комбинационного рассеяния.
7. Экзо и эндопроизводные фуллерена: методы получения и применение.
8. Методы получения отдельных графеновых плоскостей.
9. Технология получения и методы разделения, стабилизации ультрадисперсных алмазов.
10. Применение пирографита в сканирующей зондовой микроскопии.
11. Методы получения кремниевых квантовых нитей. Рост по механизму Пар-Жидкость-Кристалл.
12. Принц-технология формирования нанотрубок: основные принципы и возможности. Наноспираль, нанокольца, нанопружины.
13. Оболочечные магнитные частицы: условия синтеза, строение, свойства, применение.
14. Методы синтеза и свойства клатратных кристаллов на основе цеолитов.
15. Эффекты сверхпроводимости в клатратных кристаллах.

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	
	« <u>Основы материаловедения наноструктур</u> »	36 ч.	15 ч.	3,0 ч.	18 ч.	Контрольные вопросы (электронная зачётка) Реферат
1.	Лекция 1. Физические и химические методы получения наноразмерных частиц		2,5 ч.	0,5 ч.		
2.	Лекция 2. Металлические кластеры и кластерные соединения		2,5 ч.	0,5 ч.		
3.	Лекция 3. Углеродные наноматериалы. Фуллерены		2,5 ч.	0,5 ч.		
4.	Лекция 4. Углеродные нанотрубки		2,5 ч.	0,5 ч.		
5.	Лекция 5. Наноструктурированные поверхности и пленки		2,5 ч.	0,5 ч.		
6.	Лекция 6. Клатраты и каталитические наночастицы		2,5 ч.	0,5 ч.		
Итоговый контроль			1. Тесты для само тестирования	2. Контрольные вопросы (электронная зачётка)	3. Реферат	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.).

1. Максимов А.И., Мошников В.А., Таиров Ю.М., Шилова О.А. Основы золь-гель технологии нанокompозитов. СПб: ООО "Техномедиа" / Изд-во "Элмор", 2007
2. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. М.: МИСИС, 2003г
3. Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела. т.1, 2. М.: Металлургия, 1995г.
4. Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Стогней О.В. Новые направления физического материаловедения / Уч.пособ., Воронеж, ВГУ, 2000г.
5. Жабрев В.А., Мошников В.А., Таиров Ю.М., Федотов А.А., Шилова О.А. Золь-гель технология/ Уч.пособ. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004г.
6. Александрова О.А., Мошников В.А. Физика и химия материалов оптоэлектроники и наноэлектроники. Практикум. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007.

7. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж, Оксогоев А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении. М.: Наука, 1994г.
8. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2005г.
9. Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука, 1974г.
10. Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах.. в 2-х т.М.: Мир, 1982г.
11. Забродский А.Г., Немов С.А., Равич Ю.И. Электронные свойства неупорядоченных систем / Серия учебных пособий «Новые разделы физики полупроводников». Спб.: Наука, 2000г.
12. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гришунин В.А. Основы наноэлектроники. Новосибирск : НТГУ, 2004г.
13. Мандельбрит Б. Фрактальная геометрия природы. М.: ИКИ, 2002г.
14. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.:Химия, 2000г.
15. Химия твердого тела. Химические проблемы создания новых материалов / Под ред. И.В.Мурина. Спб.: СПбГУ, 2003г.
16. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направлений исследований / Под ред. М.К.Роко, Р.С.Уильямса, П.Аливисатоса. Пер. с англ. М.: Мир, 2002г.
17. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. М.: Наука, 1980г.
18. Остроушко А.А., Могильников Ю.В. Физико-химические основы получения твердофазных материалов электронной техники. Курс лекций. Екатеринбург, 1998г. (http://virlib.eunnet.net/win/metod_materials/win7)
19. Перст - Перспективные технологии. (<http://perst.isssph.kiae.ru/>)
20. Materials Today. (<http://www.materialstoday.com/home.htm>)
21. Третьяков Ю.Д., Казин П.Е., Гудимец Е.А., Шевельков А.Д. Перспективные неорганические материалы со специальными функциями /Лекции/М.: МГУ, 2002г. (<http://www.chem.msu.su/rus/teaching/materials>)