

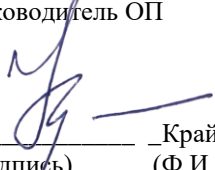


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»

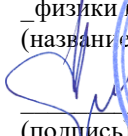
Руководитель ОП

  
\_\_\_\_\_ Крайнова Г.С.  
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)

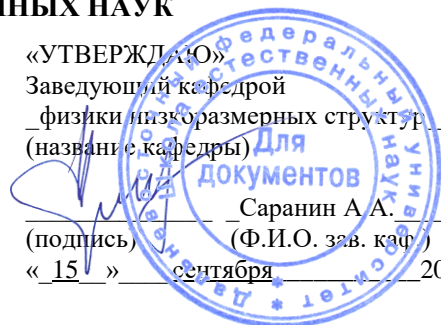
« 15 » сентября 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
физики низкоразмерных структур  
(название кафедры)

  
\_\_\_\_\_ Саранин А.А.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)

« 15 » сентября 2017 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физико-химия нанокластеров и наноструктур**

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Форма подготовки очная

курс 4, семестр 7

лекции 36 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 18 /лаб. 0 час.

практические занятия 54 час.

всего часов аудиторной нагрузки 90 часов

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 18 час.

в том числе на подготовку к экзамену 0 час.

контрольные работы 7 семестр

курсовая работа / курсовой проект – не предусмотрено учебным планом

зачет 7 семестр

экзамен – не предусмотрено учебным планом

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 № 12-13-235.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 1 от « 15 » сентября 2017 г.

Заведующий кафедрой: чл.-корр. РАН Саранин А.А.

Составитель: д.ф.-м.н., профессор Галкин Н.Г.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Саранин А.А.  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Саранин А.А.  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in 11.03.04 Electronics and Nanoelectronics**

**Course title: Physical chemistry of nanoclusters and nanostructures**

**Basic part of Block, 3 credits**

**Lecturer:**

N.G. Galkin, Doctor of Sciences, Professor by profession, Professor of the Physics of low-dimensional structures department, School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

**Learning outcomes:**

GPC-2 the ability to identify the natural scientific nature of problems arising in the course of professional activity, to involve the appropriate physico-mathematical apparatus for solving them

GPC-7 ability to take into account modern trends in the development of electronics, measuring and computing equipment, information technology in their professional activities;

SPC-2 ability to identify the natural-scientific nature of the problems arising in the course of professional activity, to attract to solve them the appropriate physical-mathematical apparatus

**Course description:** The contents of discipline covers the formation of students' ideas about the on the physicochemical mechanisms of the formation of nanoclusters and nanostructures and their effect on physical properties; on the conceptual apparatus of quantum mechanics, for a more complete and accurate understanding of the formation of the atomic and electronic structure of nanoclusters; on the relationship of atomic and electronic structure, composition, environment, intercluster interaction during the formation of ordered and disordered nanostructures and nanocomposites based on inorganic and organic molecules and macromolecules.

### **Main course literature:**

1. Rakov E.G. Inorganic nanomaterials: study guide - Ed. "Binom. Laboratory of Knowledge", 2013. - 477 p.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8683](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8683)

2. Ryzhonkov D.I., Lyovina V.V., Dzidziguri E.L. Nanomaterials: Tutorial - Ed. "Binom. Knowledge Lab", 2010. - 365 pp.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3134](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3134)

3. Golovin Yu.I. Fundamentals of nanotechnology - Ed. Mechanical Engineering, 2012. - 656 pp.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793)

4. Valyansky S.I. Nanomaterials [Electronic resource]: Langmuir films. Study Guide / S.I. Valyansky, E.K. Naimi. - Electron. text data. - M.: Publishing House MISiS, 2014. - 188 c <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-56568&theme=FEFU>

**Form of final knowledge control: pass.**

## АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» разработана для студентов 4 курса направления подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль «Нанотехнологии в электронике» в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (54 часа) и самостоятельная работа студента (18 часов). Дисциплина реализуется на 4 курсе в 7 семестре. Дисциплина «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» входит в вариативную часть цикла дисциплин образовательной программы (раздел – дисциплины по выбору), реализуется на 4 курсе, в 7 семестре.

Дисциплина «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Химия», «Статистическая физика», «Термодинамика», «Физические основы электроники», «Материалы электронной техники», «Процессы на поверхности раздела фаз». ФХУН является основой для изучения курсов специализации: «Физика эпитаксиальных и наноструктурированных пленок», «Физико-химия наноструктурированных материалов» и «Физика и технология квантовых приборов».

**Цель курса:** подготовка академических бакалавров в области нанотехнологий в электронике, понимающих физические и химические аспекты технологии неорганических и органических нанокластеров, наноструктур и наноматериалов на их основе.

### **Задачи:**

Формирование у студентов следующих знаний:

– целостное представление о физико-химических механизмах формирования нанокластеров и наноструктур и их влиянии на физические свойства;

- понятийный аппарат квантовой механики, для более полного и точного понимания формирования атомной и электронной структуры нанокластеров;
- представление о взаимосвязи атомной и электронной структуры, состава, окружающей среды, межкластерного взаимодействия при формировании упорядоченных и неупорядоченных наноструктур и нанокомпозитов на основе неорганических и органических молекул и макромолекул.

Для успешного изучения дисциплины «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОПК-1 - способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

- ПК-1 - способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-2. способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	основные физические и химические процессы, явления и закономерности, связанные с формированием нанокластеров и наноструктур
	Умеет	осуществлять классификацию процессов, явлений и закономерностей, связанных с формированием нанокластеров и наноструктур
	Владеет	навыками расчета параметров материалов и устройств на основе нанокластеров и наноструктур
ОПК-7, способность учитывать современные тенденции	Знает	основные области применения нанокластеров и наноструктур, тенденции и направления развития наноматериаловедения

развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Умеет	выявлять современные тенденции применения нанокластеров и наноструктур в электронике и измерительной технике
	Владеет	навыками применения нанокластеров и наноструктур в электронике и измерительной технике
ПК-2, способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	основные способы решения задач по расчету моделей нанокластеров и наноструктур
	Умеет	решать задачи по расчету моделей нанокластеров и наноструктур
	Владеет	навыками решения задач по расчету моделей нанокластеров и наноструктур

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Физик-химия нанокластеров и наноструктур» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: дискуссия;

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 часов)**

### **Тема 1. Базовые концепции нанотехнологии (4 часа)**

Миниатюризация в окружающем мире. Подходы к созданию теоретической основы нанотехнологии. Предмет и содержание курса физико-химия нанокластеров и наноструктур. Выход нанотехнологий на государственный уровень.

### **Тема 2. Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур (4 часа)**

Молекулярные кластеры. Газовые безлигандные кластеры. Источники получения кластеров. Масс-спектрометры и детектирование кластеров.

Коллоидные кластеры. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Матричные нанокластеры и супрамолекулярные наноструктуры. Кластерные кристаллы и фуллериты. Компактированные наносистемы и нанокompозиты. Тонкие наноструктурированные пленки. Углеродные нанотрубки.

### **Тема 3. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты (4 часа)**

Атомные и молекулярные орбитали. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов. Границы раздела фаз. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов. Примесные атомы на поверхности. Поверхностные центры кислотного и основного типа. Адсорбция. Примеры адсорбции. Катализ. Примеры каталитических превращений с участием поверхности твердого тела и нанокластеров.

### **Тема 4. Термодинамика поверхностей и границ раздела (4 часа)**

Химический потенциал. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гемгольца. Термодинамика поверхности и поверхностей раздела. Структура поверхности и межфазных границ. Нуклеация и рост нанокластеров в нанопорах вещества. Нуклеация и рост кластеров на основе твердотельных реакций. Роль границ раздела фаз в формировании свойств наноматериалов.

### **Тема 5. Кластерные модели (6 часов)**

Микроскопическая модель внутрикластерной атомной динамики. Термодинамическая модель кластера. Квантово-статистическая модель. Компьютерные модели кластеров. Фрактальные модели кластеров. Оболочечные модели кластера. Структурная модель кластера.

### **Тема 6. Углеродные нанокластеры и наноструктуры (4 часа)**

Углеродные молекулы: природа углеродной связи, новые углеродные структуры. Углеродные кластеры: малые углеродные кластеры и их свойства. Фуллерены: формирование, фрагментация, энергии ионизации и энергия сродства к электрону. Эндоэдральные и экзоэдральные фуллерены. Фуллерены замещения. Фуллериты. Углеродные нанотрубки. Структура нанотрубок. Электронные, колебательные и механические свойства нанотрубок. Наноустройства на основе углеродных нанотрубок.

### **Тема 7. Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур (6 часов)**



Молекулярные лигандные кластеры металлов. Свойства металлических молекулярных кластеров. Кластеры на основе оксидов металлов. Свойства оксометаллических молекулярных кластеров. Безлигандные металлические кластеры: кластеры щелочных металлов и серебра, кластеры алюминия, кластеры переходных металлов. Оптические и электрические свойства наноструктур: оптические свойства наносистем, электропроводность наноструктур. Магнитные свойства наноструктур: суперпарамагнетизм, намагниченность нанокластеров и наноструктур, квантовое магнитное туннелирование. Гигантское магнитосопротивление. Магнитные фазовые переходы в наносистемах с изолированными кластерами и в наноструктурах.

#### **Тема 8. Физические и химические свойства органических нанообъектов и наносистем (4 часа)**

Формирование коллоидных наносистем. Оптические и электронные свойства коллоидных кластеров. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры: нанокластеры металлов и оксидов металлов в матрице органических веществ, макромолекулярные и супрамолекулярные наноструктуры, белки, полинуклеотиды и биологические объекты. Фотонные кристаллы. Нанопористые полимерные материалы. Сополимеры с жесткими фрагментами. Полимерно-неорганические нанокомпозиты.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ**

### **КУРСА (семинарские занятия, выступления с докладами) (54 часа)**

#### **РАЗДЕЛ I. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ НАНОКЛАСТЕРОВ И НАНООБЪЕКТОВ (24 ЧАС.)**

Тема 1. Классификация нанокластеров и наноструктур (6 часов)

Тема 2. Термодинамика поверхности (6 часов)

Тема 3. Влияние поверхности твердых тел на зарождение и рост нанокристаллов. (6 часов)

Тема 4. Теоретические модели формирования нанокластеров. (6 часов)

#### **РАЗДЕЛ II. ФОРМИРОВАНИЕ И СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ НАНОКЛАСТЕРОВ И НАНООБЪЕКТОВ (30 ЧАС.)**

Тема 5. Формирование и свойства лигандных нанокластеров. (6 часов)

Тема 6. Формирование и свойства углеродных нанокластеров и наноструктур. (4 часа)

Тема 7. Формирование и свойства коллоидных кластеров и наноструктур. (4 часа)

Тема 8. Формирование и свойства полимерных нанообъектов и биологические объекты. (6 часов)

Тема 8. Оптические и электронные свойства наносистем и наноматериалов (5 часов)

Тема 9. Формирование и свойства магнитных нанокластеров и наноструктур. (5 часов)

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1. Базовые концепции нанотехнологии	ОПК-2,7	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 1-7
			умеет	Семинарское занятие 1 (ПР-6)	устный опрос, задание на реферат
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	контрольная работа 1
2	Тема 2. Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур	ОПК-2,7	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 8-13
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос, контрольная работа 2
3	Тема 3. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты.	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 14-20
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	экзамен, устный опрос
4	Тема 4. Термодинамика поверхностей и границ раздела	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 20-28
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	контрольная работа 3
5	Тема 5. Кластерные модели	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 29 - 34
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос

			владеет	Обзорные доклады (ПР-6)	экзамен, устный опрос
6	Тема 6. Углеродные нанокластеры и наноструктуры	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 35 - 41
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	контрольная работа 4
7	Тема 7. Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 42 - 46
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	экзамен, устный опрос
8	Тема 8. Физические и химические свойства органических нанообъектов и наносистем	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 47 - 51
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	контрольная работа 5
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	Доклады по рефератам, обсуждение

Вопросы и типы заданий к экзамену, типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Раков Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие – Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2013. - 477 стр.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8683](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8683)

2. Рыжонков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы: учебное пособие – Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2010. - 365 стр.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3134](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3134)

3. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий – Изд. "Машиностроение", 2012. - 656 стр.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793)

4. Валянский С.И. Наноматериалы [Электронный ресурс] : ленгмюровские пленки. Учебное пособие / С.И. Валянский, Е.К. Наими. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2014. — 188 с

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-56568&theme=FEFU>

### **Дополнительная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий – Изд. "Физматлит", 2009. - 456 стр.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2291](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2291)

2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие – Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2012. - 431 стр.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8688](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8688)

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

В общей трудоемкости дисциплины 108 час. (3 ЗЕ) аудиторные занятия составляют 90 час, включая лекции (36 час.) и семинарские занятия (54 час.).

По дисциплине предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа в объеме 0 часов на весь курс дисциплины.

Расписание аудиторных занятий включает в неделю 8 часов. Рекомендуется учащимся планировать внеаудиторную самостоятельную работу в объеме 2.5 часов в учебную неделю.

Для углубленного изучения теоретического материала курса дисциплины рекомендуются использовать основную и дополнительную литературу, указанную в приведенном выше перечне.

Самостоятельная работа студентов при изучении данной дисциплины состоит из подготовки к семинарским занятиям, контрольным работам и подготовки рефератов по выбранной теме из предложенного в курсе списка тем, с последующей защитой реферата на семинарском занятии на 10-12 неделях занятий. Рекомендуется для подготовки рефератов в обязательном порядке использовать научные статьи последних лет, в том числе и на английском языке..

Целью осуществления данной деятельности является приобретение студентами, обучающимися по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», навыков работы с научной литературой при подготовке к семинарским занятиям; получение опыта обработки и интерпретации литературных данных, а также теоретического изучения методов создания нанокластеров, наноструктур и наноматериалов и анализа их использования для конкретных систем, рассматриваемых в реферативных работах.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Образовательный процесс по дисциплине проводится в лекционных и компьютерных аудиториях корпуса ИАПУ ДВО РАН, оснащенных компьютерами класса Pentium и мультимедийными (презентационными) системами, с подключением к общекорпоративной компьютерной сети ИАПУ ДВО РАН, ДВФУ и сети Интернет.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Физико-химия нанокластеров и наноструктур»  
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2017**



## **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку реферата в рамках выбранной темы по прочитанным оригинальным статьям, контрольным работам и обзорному докладу по реферату с использованием оригинальных научных статей в рамках тематики курса лекций «Физико-химия нанокластеров и наноструктур».

### **Методические рекомендации по подготовке реферата**

В учебном процессе реферат является частью самостоятельной, внеаудиторной работы студента по выбранной теме. Цель выполнения реферативной работы - самостоятельное глубокое изучение и анализ конкретных вопросов, получение навыков библиографического поиска, аналитической работы с литературой, письменного оформления текста. Реферат - это самостоятельное творческое исследование студентом определенной темы, он должен быть целостным и законченным, творческой научной работой. Автор реферата должен показать умение разбираться в проблеме, систематизировать научные знания, применять теоретические знания на практике.

Реферат выполняется самостоятельно, плагиат недопустим. Мысли других авторов, цитаты, изложение учебных и методических материалов должны иметь ссылки на источник.

Реферат выполняется по одной из предложенных тем по выбору студента. Студент может предложить собственную тему исследования, обосновав ее целесообразность. Выполнение студентами одной группы реферативной работы на одну и ту же тему не допускается.

При написании работы необходимо использовать рекомендуемую литературу: учебные и практические пособия, учебники, монографические исследования, статьи в научных журналах.

### **Структура реферативной работы**

Реферат - самостоятельное, творческое исследование. Структурно реферативная работа должна выглядеть следующим образом:

- титульный лист;
- план реферативной работы (оглавление);
- текст реферативной работы, состоящий из введения, основной части (главы и параграфы) и заключения;
- список использованной литературы.

### **Написание реферата**

Рекомендуемый объем реферата - 15-20 страниц машинописного текста. Название работы, глав и подглав не должны быть громоздкими и не должны совпадать. Работа над рефератом начинается с составления плана. Продуманность плана — основа успешной и творческой работы над проблемой.

**Во введении** автор обосновывает выбор темы, ее актуальность, место в существующей проблематике, степень ее разработанности и освещенности в литературе, определяются цели и задачи исследования. Желателен сжатый обзор научной литературы.

**В основной части** выделяют 2-3 вопроса рассматриваемой проблемы (главы, параграфы), в которых формулируются ключевые положения темы. При необходимости главы, параграфы должны заканчиваться логическими выводами, подводящими итоги соответствующего этапа исследования. Желательно, чтобы главы не отличались сильно по объему. Приступать к написанию реферата лучше после изучения основной литературы, вдумчивого осмысления принципов решения проблемы, противоположных подходов к ее рассмотрению. Основное содержание реферата излагается по вопросам плана

последовательно, доказательно, аргументировано, что является основным достоинством самостоятельной работы.

**В заключении** подводятся итоги исследования, обобщаются полученные результаты, делаются выводы по реферативной работе, рекомендации по применению результатов. В оглавлении введению и заключению не присваивается порядковый номер. Нумеруются лишь главы и параграфы основной части работы.

Реферат завершается **списком использованной литературы**, который служит показателем изученности темы автором.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Долгалева Л.М. Реферат: методические рекомендации – Находка: Институт технологии и бизнеса. – 2003. – 12 с.
2. Басаков М.И. От реферата до дипломной работы. Рекомендации студентам по оформлению текста: Учеб. пособие - Ростов н/Д.: Феникс, 2001. - 64 с.
3. Грамотно оформляй самостоятельно текст. - Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2002. - 36 с.
4. Сафонов А.А. Основы научных исследований: Учеб. пособие. - Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2000. - 168 с.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

*Оценивание резюме проводится по критериям:*

- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников Интернет и курса лекций;
- владение методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области;

- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.

### **Подготовка к контрольным работам**

Подготовка к контрольным работам проводится по тематике лекций в рамках рассмотренных тем. Вопросы выносятся на контрольные работы без их предварительного обсуждения. Преподаватель оставляет за собой право проводить короткие по времени контрольные работы (до 10 минут) с ответом на 5 коротких вопросов, сформулированных в строгом соответствии с темами лекционных занятий и списком предлагаемых для самоконтроля вопросов.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Физико-химия нанокластеров и наноструктур»**  
**Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2017**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ОПК-2,                      способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	Знает	основные физические и химические процессы, явления и закономерности, связанные с формированием нанокластеров и наноструктур
	Умеет	осуществлять классификацию процессов, явлений и закономерностей, связанных с формированием нанокластеров и наноструктур
	Владеет	навыками расчета параметров материалов и устройств на основе нанокластеров и наноструктур
<p>ОПК-7,                      способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности</p>	Знает	основные области применения нанокластеров и наноструктур, тенденции и направления развития наноматериаловедения
	Умеет	выявлять современные тенденции применения нанокластеров и наноструктур в электронике и измерительной технике
	Владеет	навыками применения нанокластеров и наноструктур в электронике и измерительной технике
<p>ПК-2,                      способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	Знает	основные способы решения задач по расчету моделей нанокластеров и наноструктур
	Умеет	решать задачи по расчету моделей нанокластеров и наноструктур
	Владеет	навыками решения задач по расчету моделей нанокластеров и наноструктур

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1. Базовые концепции нанотехнологии	ОПК-2,7	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 1-7
			умеет	Семинарское занятие 1 (ПР-6)	устный опрос, задание на реферат
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	контрольная работа 1
2	Тема 2. Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 8-13
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос, контрольная работа 2
3	Тема 3. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты.	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 14-20
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	экзамен, устный опрос
4	Тема 4. Термодинамика поверхностей и границ раздела	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 20-28
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	контрольная работа 3
5	Тема 5. Кластерные модели	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 29 - 34
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Обзорные доклады (ПР-6)	экзамен, устный опрос

6	Тема 6. Углеродные нанокластеры и наноструктуры	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 35 - 41
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	контрольная работа 4
7	Тема 7. Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 42 - 46
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	устный опрос
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	экзамен, устный опрос
8	Тема 8. Физические и химические свойства органических нанообъектов и наносистем	ОПК-2,7 ПК-2	знает	лекции (ПР-3)	экзамен, вопросы 47 - 51
			умеет	Семинарское занятие (ПР-6)	контрольная работа 5
			владеет	Семинарское занятие (ПР-6)	Доклады по рефератам, обсуждение

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-2, способность выявлять естественную научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения	знает (пороговый уровень)	основные физические и химические процессы, явления и закономерности, связанные с формированием нанокластеров и наноструктур	объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	60-74
	умеет (продвинутый)	осуществлять классификацию процессов, явлений и закономерностей, связанных с	уметь систематизировать научную информацию, выполнять типовые задачи по измерениям характеристик	75-89



соответствующий физико-математический аппарат		формированием нанокластеров и наноструктур	нанокластеров и наноструктур	
	владеет (высокий)	навыками расчета параметров материалов и устройств на основе нанокластеров и наноструктур	Уметь решать различные задачи в области экспериментального исследования, контроля свойств и характеристик нанокластеров и наноструктур	90-100
ОПК-7, способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	основные области применения нанокластеров и наноструктур, тенденции и направления развития наноматериаловедения	объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	60-74
	умеет (продвинутый)	выявлять современные тенденции применения нанокластеров и наноструктур в электронике и измерительной технике	уметь систематизировать научную информацию, выполнять типовые задачи по измерениям характеристик нанокластеров и наноструктур для устройств электроники	75-89
	владеет (высокий)	навыками применения нанокластеров и наноструктур в электронике и измерительной технике	Уметь решать различные задачи в области экспериментального исследования, контроля свойств и характеристик устройств на основе нанокластеров и наноструктур	90-100
	знает (пороговый уровень)	основные способы решения задач по расчету моделей нанокластеров и наноструктур	объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	60-74
способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-	умеет (продвинутый)	решать задачи по расчету моделей нанокластеров и наноструктур	уметь систематизировать научную информацию, выполнять типовые задачи по расчету моделей нанокластеров и наноструктур	75-89
	владеет (высокий)	навыками решения задач по расчету моделей нанокластеров и наноструктур	Уметь решать различные задачи в области экспериментального исследования, контроля свойств и характеристик нанокластеров и наноструктур	90-100

математический аппарат				
------------------------	--	--	--	--

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### Вопросы к экзамену

1. Классификация нанообъектов: Молекулярные кластеры. Газовые безлигандные кластеры. Источники излучения кластеров. Масс-спектрометры и детектирование кластеров.
2. Структура поверхности и межфазных границ раздела.
3. Классификация нанообъектов: Коллоидные кластеры. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры.
4. Поверхность твердых тел: Примесные атомы на поверхности.
5. Классификация нанообъектов: Матричные нанокластеры и супрамолекулярные наноструктуры.
6. Атомные и молекулярные орбитали.
7. Классификация нанообъектов: Кластерные кристаллы и фуллериты.
8. Роль границ раздела фаз в формировании свойств наноматериалов.
9. Классификация нанообъектов: Компактированные наносистемы и нанокомпозиты.
10. Поверхность твердых тел: Электронные и магнитные свойства поверхности.
11. Классификация нанообъектов: Тонкие наноструктурированные пленки.
12. Пористые материалы и фотонные кристаллы.
13. Классификация нанообъектов: Углеродные нанотрубки. Графен и его свойства.

14. Молекулярные лигандные кластеры металлов. Свойства металлических молекулярных кластеров.
15. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов.
16. Кластеры на основе оксидов металлов. Свойства оксометаллических молекулярных кластеров.
17. Поверхность твердых тел: Атомные и молекулярные орбитали.
18. Фуллериты и углеродные нанотрубки (электронные свойства и приборные применения).
19. Химический потенциал. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гемгольца.
20. Малые углеродные кластеры.
21. Формирование фуллеренов. Фуллерены и их свойства.
22. Термодинамика поверхности и межфазных границ.
23. Безлигандные металлические кластеры и их свойства: кластеры щелочных металлов и серебра.
24. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры (синтез и механические и тепловые свойства).
25. Зарождение и рост нанокластеров в нанопорах вещества.
26. Поверхность твердых тел: Примесные атомы на поверхности.
27. Аморфные неорганические наноструктуры.
28. Зарождение и рост кластеров на основе твердотельных реакций.
29. Безлигандные металлические кластеры и их свойства: кластеры алюминия, кластеры ртути, кластеры переходных металлов.
30. Микроскопическая модель внутрикластерной атомной динамики.
31. Термодинамическая модель кластера.
32. Квантово-статистическая модель.
33. Компьютерные модели кластеров.
34. Фрактальные модели кластеров.
35. Оболочечные модели кластера.
36. Структурная модель кластера.
37. Оптические и электрические свойства наноструктур: оптические свойства наносистем, электропроводность наноструктур.
38. Магнитные свойства наноструктур: суперпарамагнетизм, намагниченность нанокластеров и наноструктур,

39. Магнитные свойства наноструктур: квантовое магнитное туннелирование.
40. Магнитные свойства наноструктур: гигантское магнетосопротивление.
41. Магнитные свойства наноструктур: магнитные фазовые переходы в наносистемах с изолированными кластерами и в наноструктурах.
42. Формирование коллоидных наносистем. Оптические и электронные свойства коллоидных кластеров.
43. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры: нанокластеры металлов и оксидов металлов в матрице органических веществ.
44. Макромолекулярные и супрамолекулярные наноструктуры, белки, полинуклеотиды и биологические объекты.
45. Фотонные кристаллы.
46. Нанопористые полимерные материалы.
47. Сополимеры с жесткими фрагментами.
48. Полимерно-неорганические нанокомпозиты.
49. Микроэлектромеханические системы.
50. Наноэлектромеханические системы.
51. Молекулярные и супрамолекулярные триггеры.

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» проводится в форме контрольных мероприятий (написание и защита рефератов по предложенным темам, краткие ответы на вопросы на семинарских занятиях, контрольные работы в рамках вопросов самопроверки в ходе семинарских занятий) по оцениванию фактических результатов обучения студентов осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

- степень усвоения теоретических знаний;

- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

- результаты самостоятельной работы.

Оценивание результатов освоения дисциплины на этапе текущей аттестации проводится в соответствии с используемыми оценочными средствами.

### **Критерии оценки отчетов по семинарским занятиям**

Оценивание работы на семинарских занятиях проводится на основе анализа выступлений студента с краткими ответами по заданным на семинарском занятии вопросам теоретического и технологического характера по двухбалльной шкале: «зачтено», «незачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он посетил 100% семинарских занятий и продемонстрировал владение методами и приемами теоретических и/или практических аспектов работы.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, если он посетил менее 50% семинарских занятий и не владеет методами и приемами теоретических и/или практических аспектов работы, допускает существенные ошибки в работе, представляет отчет с существенными отклонениями при ответах на поставленные вопросы.

### **Критерии оценки контрольных работ**

Оценивание проводится после письменных ответов на поставленные вопросы по пятибалльной шкале.

Максимальная оценка по контрольной работе – 5, минимальная 3.

Результаты контрольных работ учитываются при сдаче экзаменов. Дополнительные вопросы задаются по темам контрольных работ, по которым студент получил оценку ниже 4 баллов.

## **Оценочные средства для текущей аттестации**

**Формы и методы для текущего контроля:** контрольные работы по разделам дисциплины.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

#### **Контрольная работа №1**

1. Формирование и свойства молекулярных кластеров.
2. Формирование и свойства газовых безлигандных кластеров.
3. Условия формирования твердотельных нанокластеров и наноструктур.
4. Матричные нанокластеры и супрамолекулярные наноструктуры.
5. Кластерные кристаллы и фуллериты.
6. Компактированные наносистемы и нанокompозиты.
7. Тонкие наноструктурированные пленки.
8. Углеродные нанотрубки и графен.

#### **Контрольная работа №2**

1. Химический потенциал. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца.
2. Термодинамика поверхности и поверхностей раздела.
3. Термодинамика криволинейной поверхности.
4. Структура поверхности и межфазных границ.
5. Нуклеация и рост нанокластеров в нанопорах вещества.
6. Нуклеация и рост кластеров на основе твердотельных реакций.
7. Зависимость свойств от размера частиц. Поведение наночастиц при спекании.

#### **Контрольная работа №3**

1. Микроскопическая модель внутрикластерной атомной динамики.
2. Термодинамическая модель кластера.
3. Квантово-статистическая модель.
4. Компьютерные модели кластеров.
5. Фрактальные модели кластеров.
6. Оболочечные модели кластера.
7. Структурная модель кластера.

#### **Контрольная работа №4**

1. Кластеры на основе оксидов металлов. Свойства оксометаллических молекулярных кластеров.
2. Безлигандные металлические кластеры и их свойства: кластеры щелочных металлов и серебра, кластеры алюминия, кластеры ртути, кластеры переходных металлов.
3. Фуллериты и углеродные нанотрубки (электронные свойства и приборные применения).
4. Неорганические наноструктурированные материалы: металлические композитные материалы, наноструктурированная керамика.
5. Твердотельные нанокластеры (синтез и свойства).
6. Пористые материалы и фотонные кристаллы.
7. Аморфные неорганические наноструктуры.

#### **Контрольная работа №5**

1. Формирование коллоидных наносистем: золи, мицеллы, микроэмульсии.
2. Организация и самоорганизация коллоидных структур. Оптические и электронные свойства коллоидных кластеров.
3. Синтез полимеров контролируемой структуры. Микрофазное расслоение блок-сополимеров.
4. Мицеллообразование в блок-сополимерах.
5. Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Термоэластопласты.
6. Нанопористые полимерные материалы. Сополимеры с жесткими фрагментами.

7. Полимерно-неорганические нанокомпозиты.
8. Белки, полинуклеатиды и биологические объекты.

## **ТЕМАТИКА И ПЕРЕЧЕНЬ РЕФЕРАТОВ**

Рабочей программой учебной дисциплины «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 18 час., включающая в себя подготовку рефератов по следующим темам:

1. Свойства индивидуальных наночастиц: металлические нанокластеры.
2. Свойства индивидуальных наночастиц: полупроводниковые наночастицы.
3. Кластеры атомов редких газов и молекулярные кластеры.
4. Методы синтеза молекулярных лигандных и безлигандных кластеров.
5. Углеродные нанокластеры: от атомов углерода в наноструктурах.
6. Пористый кремний – материал для наноэлектроники.
7. Металлические кластеры в оптических стеклах.
8. Углеродные нанотрубки и их применения.
9. Ферромагнетизм и ферримагнетизм в наноструктурах.
10. Гигантское магнетосопротивление в слоистых наноструктурах.
11. Оптическая и колебательная спектроскопия нанокластеров и наноструктур.
12. Оптические и электронные свойства коллоидных кластеров и кластеров металлов и полупроводников.
13. Нанокластеры металлов и оксидов металлов в матрице органических веществ: структура и свойства.
14. Макромолекулярные и супрамолекулярные структуры: сравнительный анализ строения и свойств.
15. Супермагнетизм в магнитных нанокластерах.



16. Магнитомягкие и магнитожесткие наноматериалы и эффект квантового магнитного туннелирования.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПО КУРСУ ЛЕКЦИЙ**

### **Вопросы для самопроверки по теме №1**

1. В чем состоит суть процессов «сверху-вниз» и «снизу-вверх»? Решают ли они основные проблемы нанотехнологий?
2. Какие достижения в физике стали основой для развития нанотехнологий?
3. Кто из ученых сформулировал основные задачи нанотехнологий?
3. Каковы цели и объекты изучения в нанохимии и физико-химии наночастиц и наноматериалов?
4. Что такое нанотехнологическая инициатива? Какие цели и задачи она ставит перед учеными, разработчиками и технологами?

### **Вопросы для самопроверки по теме №2**

1. Что положено в основу классификации нанокластеров?
2. Что из себя представляют молекулярные кластеры и какое минимальное количество атомов они включают?
3. Что такое лиганд для молекулярных кристаллов?
4. Как получают газовые безлигандные кластеры?
5. Какой из источников кластеров имеет минимальную интенсивность и какой максимальную интенсивность?
6. Каким способом получают углеродные нанотрубки и фуллерены?
7. Чем отличаются статические и динамические способы в масс-спектрометрии?
8. Какие типы коллоидных кластеров вы можете назвать?
9. Как образуются мицеллы и каковы их свойства?
10. Каковы основные способы получения твердотельных наноструктур?

11. Каковы способы получения супрамолекулярных наноструктур?
12. Возможно ли образование кластерных кристаллов и какова у них периодичность?
13. Какими способами получают компактированные наносистемы и нанокompозиты?
14. Каковы основные методы получения и виды наноструктурированных пленок?
15. Чем отличаются однослойные и многослойные углеродные нанотрубки?
16. Что такое графен и какие он имеет физические свойства?

### **Вопросы для самопроверки по теме №3**

1. В чем разница между атомными и молекулярными орбиталями?
2. Что такое метод линейной комбинации молекулярных орбиталей?
3. Как изменяется потенциальная энергия и расположение молекулярных орбиталей при изменении расстояния молекулы от поверхности?
4. Как изменяется координационное число на гранях поверхности (100), (110) и (111)?
5. В чем различие между тонкопористыми и крупнопористыми силикагелями?
6. Сколько температурных модификаций корунда существует?
7. От чего зависит размер пор в цеолитах?
8. На какие физические и химические параметры влияют примесные ионы на поверхности окислов металлов?
9. Как влияет нарушение периодичности на поверхности оксидов металлов на величину и характер проводимости?
10. Каков диапазон изменения ширины запрещенной зоны в оксидах металлов и от чего она зависит?
11. Чем определяются магнитные свойства поверхности металлов и оксидов металлов?

12. Что такое поверхностные центры кислотного и основного типа и что они определяют?
  13. Какие типы адсорбции существуют и какими параметрами они определяются?
  14. На что влияет гетерогенный катализ на поверхности твердого тела и на отдельных кластерах?
  15. Что можно исследовать с помощью метода мессбауэровской спектроскопии, и какие приборы позволяют исследовать кинетику химических реакций?
2. Какие базовые концепции составляют понятийный аппарат квантовой и оптической электроники?

#### **Вопросы для самопроверки по теме №4**

1. Какая фундаментальная величина, подобно силе в физике движения, может количественно проследить за химическими превращениями и соответствовать определению химического сродства?
2. При каких условиях свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца совпадают?
3. Что такое поверхностное натяжение?
4. Как определить поверхностное натяжение для твердых тел?
5. Какими параметрами может обладать свежесколотая поверхность вещества?
6. Каким образом влияет адсорбция кислорода на поверхностное натяжение твердого серебра?
7. При каких условиях в замкнутой поре наблюдается зарождение новой фазы и ее разрастание?
8. Как происходит зарождение твердотельных кластеров в аморфной фазе?
9. Чем определяется барьер для спекания твердотельных кластеров?

#### **Вопросы для самопроверки по теме №5**

1. Каким образом вычисляются среднеквадратичные смещения атомов в кластере и как учитывается спектр колебаний в них?
2. Что такое критерий Линдемана и какой процесс он описывает?
3. Что позволяет рассчитать и количественно охарактеризовать термодинамическая модель кластера?
4. Какая модель позволяет описать переход кластера из твердого состояния в жидкое и дает представление о промежуточном состоянии – состоянии слякоти?
5. Что такое параметр жесткости, в какой модели он вводится и какое состояние кластера позволяет охарактеризовать?
6. С помощью какой модели удастся описать динамику перехода кластера из твердого состояния в жидкое?
7. Какую информацию дает корреляционный спектр в компьютерной модели кластера?
8. Какое состояние кластера описывает среднеквадратичное отклонение длины связи от средней величины?
9. Какими параметрами характеризуются фрактальные кластеры?
10. Какие модели формирования фрактальных кластеров описаны в настоящее время?
11. На чем основана идея построения оболочечной модели кластера?

### **Вопросы для самопроверки по теме №6**

1. Какие формы малых углеродных кластеров существуют?
2. Какой размер имеет минимальный шарообразный углеродный кластер?
3. Какова электронная структура кольцеобразных углеродных кластеров ?
4. Чем отличаются эндоэдральные и экзоэдральные фуллерены?
5. Каков механизм формирования фуллеренов?
6. Как определяют энергию ионизации и энергию сродства к электрону для фуллеренов?

7. Что такое графен и каковы его отличительные свойства?
8. Какова структура фуллерита и при каких условиях она формируется?
9. Какова структура углеродных нанотрубок?
10. Что такое хиральность нанотрубок и на какие свойства она влияет?
11. Какие типы многостенных углеродных нанотрубок существуют?
12. Чем определяется полевая электронная эмиссия углеродных нанотрубок?
13. Какие приборы могут быть созданы на основе углеродных нанотрубок?

### **Вопросы для самопроверки по теме №7**

1. В чем состоит суть процесса спонтанного излучения?
2. Какие базовые концепции составляют понятийный аппарат квантовой и оптической электроники?

### **Вопросы для самопроверки по теме №8**

1. В чем состоит суть процесса спонтанного излучения?
2. Какие базовые концепции составляют понятийный аппарат квантовой и оптической электроники?

## **ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (54 часа)**

Тема 1. Классификация нанокластеров и наноструктур (2 час.)

Тема 2. Термодинамика поверхности (6 час.)

Тема 3. Влияние поверхности твердых тел на зарождение и рост нанокристаллов. (6 час.)

Тема 4. Теоретические модели формирования нанокластеров. (6 час.)

Тема 5. Формирование и свойства лигандных нанокластеров. (6 час.)

Тема 6. Формирование и свойства углеродных нанокластеров и наноструктур. (6 час.)

Тема 7. Формирование и свойства коллоидных кластеров и наноструктур. (6 час.)

Тема 8. Формирование и свойства полимерных нанообъектов и биологические объекты. (4 час.)

Тема 8. Оптические и электронные свойства наносистем и наноматериалов (6 час.)

Тема 9. Формирование и свойства магнитных нанокластеров и наноструктур. (6 час.)