



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

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


(подпись)

Крайнова Г.С.
(Ф.И.О.)

« 27 » апреля 2022 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора департамента общей и
экспериментальной физики


(подпись)

Короченцев В. В.
(Ф.И.О.)

« 27 » апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физико-химия нанокластеров и наноструктур
Направление подготовки 11.03.04 наименование
(Электроника и наноэлектроника)
Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7

лекции 30 час.

практические занятия 30 часов

лабораторные работы _____ не предусмотрены

в том числе с использованием МАО лек. 72 / пр. 18 / лаб. 00 час.

всего часов аудиторной нагрузки 60 час.

в том числе с использованием МАО 90 час.

самостоятельная работа 12 час.

в том числе на подготовку к экзамену - час.

контрольные работы 3

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 7 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.03.04 **Электроника и наноэлектроника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании
департамента общей и экспериментальной физики
протокол № 7 от « 3 » марта 2022 г.

И.о. директора департамента: К.х.н., доцент Короченцев В. В.

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

Владивосток

2021

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____ А.А. Саранин
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____ А.А. Саранин
(подпись) (И.О. Фамилия)

1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: изучение принципов формирования и свойств нанокластеров и наноструктур на основе термодинамики, молекулярной динамики и квантовой механики.

Задачи:

- сформировать целостное представление о физико-химических механизмах образования нанокластеров и наноструктур;
- ознакомить с понятийным аппаратом квантовой механики для понимания атомной и электронной структуры нанокластеров;
- изучить физические модели кластеров на основе классических и квантовых представлений;
- дать навыки анализа физических и химических свойств нанокластеров, 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-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- ПК-2 способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий фи-зико-математический аппарат.

В результате изучения дисциплины «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» у студентов должны быть сформированы следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
-----------	--	--

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК -1.1 Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники
Производственно-технологический	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПК-3.3 Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК -1.1 Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники	Знает методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники
	Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и нанoeлектроники
	Владеет навыками построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и нанoeлектроники
ПК-3.3 Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств	Знает принципы модификации свойств наноматериалов и наноструктур.
	Умеет осуществлять подготовку к процессу

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	модификации свойств наноматериалов и наноструктур
	Владеет навыками проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией

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

- работа в малых группах (дает всем студентам возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения);
- анализ современной научной литературы по тематике дисциплины на английском языке;
- самостоятельная подготовка студентами презентаций докладов по предлагаемым темам с последующим докладом на семинарах и обсуждением со студентами и преподавателем.

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа). (1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Практ.	Практические работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации	
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль		
1	Раздел 1. Базовые концепции нанотехнологии	7	2	-	-				УО-1	
2	Раздел 2. Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур	7	3	-	-		-	-		
3	Раздел 3. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты	7	3	-	5			2	2	УО-1; ПР-6
4	Раздел 4. Термодинамика поверхностей и границ раздела	7	3	-	-			2	2	УО-1; УО-3; ПР-6; ПР-12
5	Раздел 5. Кластерные модели	7	6	-	7			2	2	УО-1; УО-3; ПР-6
6	Раздел 6. Углеродные нанокластеры и наноструктуры	7	3	-	5			2	2	УО-1; УО-3; ПР-12
7	Раздел 7. Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур	7	4	-	7			2	2	УО-1; УО-3; ПР-6; ПР-12
8	Раздел 8. Физические и химические свойства органических нанообъектов и наносистем	7	6	-	6			2	2	УО-1; УО-3; ПР-6; ПР-12
Итого:			30	-	30	72	12	12		

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (30 часов)

Раздел 1. Базовые концепции нанотехнологии (2 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.

Раздел 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 нанокомпозиты. Тонкие наноструктурированные пленки. Углеродные нанотрубки.

Раздел 3. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты (3 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.

Раздел 4. Термодинамика поверхностей и границ раздела (3 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.

Раздел 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.

Раздел 6. Углеродные нанокластеры и наноструктуры (2 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.

Раздел 7. Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур (4 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.

Раздел 8. Физические и химические свойства органических нанообъектов и наносистем (6 часов)

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 И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия (30 час.)

Занятие 1. Введение в теорию нанокластеров и нанобъектов.

Поверхность и термодинамика (5 часов)

1. Рассматриваем классификацию нанокластеров и наноструктур.
2. Уточняем особенности термодинамики поверхности нанобъектов.
3. Выясняем, как поверхность твердых тел влияет на зарождение и рост нанокристаллов?

Занятие проводится с использованием метода активного обучения «работа в малых группах».

Занятие 2. Модели формирования нанокластеров (7 часов)

1. Рассматриваем особенности микроскопической модели внутрикластерной атомной динамики.
2. Строим термодинамическую модель кластера.
3. Сравниваем квантово-статистическую и компьютерную модели кластеров и области их применения.
4. Рассматриваем фракталы и основные модели фракталов.
5. Построение электронных оболочек в оболочечных моделях кластеров.
6. Построение структурной модели кластера для безлигандных кластеров.

Занятие 3. Углеродные нанокластеры и наноструктуры и их применение (5 часов)

1. Выясняем природу углеродных связей в новых углеродных структурах.
2. Малые углеродные кластеры и их свойства.
3. Сравниваем структуру и свойства фуллеренов и фуллеритов.
4. Выясняем структуру углеродных нанотрубок и ее взаимосвязь электронной структурой.
5. Рассматриваем и сравниваем колебательные и механические свойства нанотрубок.
6. Оцениваем перспективы использования нанотрубок и фуллеренов.

Занятие проводится с использованием метода активного обучения «работа в малых группах».

Занятие 4. Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур (7 часов)

1. Рассматриваем особенности структуры и свойств молекулярных лигандных кластеров металлов, металлических молекулярных кластеров и кластеров на основе оксидов металлов.

2. Сравниваем электронную структуру безлигандных металлических кластеров:
3. Оптические и электрические свойства кластеров щелочных и переходных металлов.
4. Выясняем природу суперпарамагнетизма и особенности намагниченности нанокластеров и наноструктур.
5. Физика квантового магнитного туннелирования и гигантского магнитосопротивления в наноструктурах.
6. Природа магнитных фазовых переходов в наносистемах с изолированными кластерами.

Занятие проводится с использованием метода активного обучения «работа в малых группах».

Занятие 5. Физические и химические свойства органических нанобъектов (6 часов)

1. Рассматриваем особенности структуры, оптических и электронных свойств коллоидных наносистем.
2. Сравниваем структуру и свойства матричных и супрамолекулярных нанокластеров и наноструктур.
3. Формирование и оптические свойства фотонных кристаллов.
4. Рассматриваем структуру и свойства нанопористых полимерных материалов и нанокомпозитов на их основе.

Занятие проводится с использованием метода активного обучения «работа в малых группах».

Самостоятельная работа (12 час)

1. Подготовка к практическим занятиям.
2. Подготовка к круглым столам - анализ современной научной литературы по тематике дисциплины на английском языке.
3. Метод проектов - самостоятельная подготовка студентами презентаций докладов по предлагаемым темам с последующим докладом на семинарах, активное обсуждение доклада со студентами группы и преподавателем.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» 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.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию 1	2 час.	контрольная работа 1
2	3-4 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию 2	2 час.	контрольная работа 2
3	5-6 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 3	2 час.	Проверка ИДЗ
4	7 неделя семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 4	2 час.	контрольная работа 3
5	8 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 5	2 час.	Проверка ИДЗ
6	9 неделя семестра	Подготовка устных докладов в виде презентации с рисунками и выводами на основе подготовленных резюме	2 час.	Обзорные доклады по тематике

				курса
Итого			12 часов	

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

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку резюме по прочитанным оригинальным статьям, контрольным работам и обзорному докладу по всем статьям в рамках тематике курса лекций «Физика и технология квантовых приборов».

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

Задания выдаются в виде оригинальных статей по курсу читаемых лекций, которые необходимо разобрать к семинарскому занятию и подготовить короткое резюме (2-3) страницы машинописного текста.

Требования к представлению резюме

Резюме по оригинальным статьям представляет краткую письменную работу с изложением сути рассматриваемой в статье проблемы. Обучаемый самостоятельно проводит анализ этой проблемы и кратко излагает их в резюме в виде выводов и сопоставляет с разобранным в ходе лекций материалов.

Резюме составляется по тематике определенных теоретических вопросов изучаемой дисциплины при использовании научной литературы. Резюме оформляется в соответствии с требованиями Правил оформления письменных работ студентами ДВФУ.

По форме резюме представляет краткое письменное сообщение, имеющее ссылки на источники литературы и краткий терминологический словарь, включающий основные термины и их расшифровку (толкование) по раскрываемой теме (вопросу).

Резюме представляется на проверку в электронном виде, исходя из условий:

- ✓ текстовый документ в формат MS Word;
- ✓ объем – 2-3 компьютерные страницы 1 статье;
- ✓ объем словаря – не менее 7-10 терминов на одно резюме;
- ✓ набор текста с параметрами - шрифт 14, межстрочный интервал 1,5;
- ✓ формат листов текстового документа - А4;
- ✓ *титульный лист* (первый лист документа, без номера страницы) – по заданной форме;
- ✓ *список литературы* по использованным при подготовке резюме источникам, наличие ссылок в тексте резюме на источники по списку.

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.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Введение в теорию нанокластеров и нанобъектов. Поверхность и термодинамика	ПК-1,	знает	Конспект лекций (ПР-1)	зачет, вопросы 1-28

			умеет	Семинарское занятие (ПР-1)	устный опрос, задание на реферат
			владеет	ИДЗ (ПР-1)	контрольная работа 1
2	Модели формирования нанокластеров	ПК-1	знает		зачет, вопросы 29-34
			умеет	Семинарское занятие (ПР-2)	экзамен, задание 2
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	резюме статей по теме
3	Углеродные нанокластеры и наноструктуры и их применение	ПК-1	знает		Зачет, вопросы 35-41
			умеет	Семинарское занятие (ПР-3)	устный опрос
			владеет	ИДЗ (ПР-3)	контрольная работа 2
4	Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур	ПК-1,	знает	резюме (ПР-4)	зачет, вопросы 42 - 46
			умеет	Семинарское занятие (ПР-4)	устный опрос
			владеет	Круглый стол (ПР-4)	контрольная работа 3
5	Физические и химические свойства органических нанобъектов	ПК-1,	знает	резюме (ПР-5)	экзамен, вопросы 47-51
			умеет	Семинарское занятие (ПР-5)	устный опрос
			владеет	Обзорные доклады (ПР-5)	резюме статей по теме

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 разделе ФОС.

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
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
3. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий – Изд. "Машиностроение", 2012. - 656 стр.
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>
5. Суздаев И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов // Либроком, 2013. — 592 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:242083&theme=FEFU>
6. Тимофеев В.Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур // М.: Лань, 2015. — 512 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56610
7. Раков Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие // Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2013. — 477 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8683

8. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий // Изд. "Машиностроение", 2012, – 656 с.
9. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793
10. Драгунов В.П., Остертак Д.И. Микро- и наноэлектроника // Учебное пособие для ВУЗов — Новосибирск: НГТУ, 2012. — 38 с.
<http://www.iprbookshop.ru/45107.html>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

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
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
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2005. 416стр.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2173
4. Прокофьева, Н. И. Физические эффекты нанотехнологий [Электронный ресурс]: учебное пособие // Н. И. Прокофьева, Л. А. Грибов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 100 с.
<http://www.iprbookshop.ru/23754.html>
5. Н.М. Щелкачёв, Я.В. Фоминов. Электрический ток в наноструктурах: кулоновская блокада и квантовые точечные контакты: Учебно-методическое пособие // М.: МФТИ, 2010. — 39 с.
<http://window.edu.ru/resource/539/73539>
6. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие // Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2012. — 431 с.
7. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8688

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>

3. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>

5. Электронная библиотека Европейского математического общества <https://www.emis.de/>

6. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>

7. <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1407>

Словарь нанотерминов

8. <http://www.nanonewsnet.ru>

Нанотехнологии в России

9. <http://www.nanorf.ru>

Российский электронный наножурнал

10. http://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431265/Nanotekhnologiya_nanonauka_i_nano_obekty_chno_znachit_nano

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Mathcad
2. Maple

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В общей трудоемкости дисциплины 144 час. (4 ЗЕ) аудиторные занятия составляют 60 час, включая лекции (30 час.) и семинарские занятия (30 час.).

По дисциплине предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа в объеме 12 час на весь курс дисциплины.

Расписание аудиторных занятий включает в неделю 9 часов. Рекомендуется учащимся планировать внеаудиторную самостоятельную работу в объеме 1-2 часа в учебную неделю.

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

На лекциях преподаватель объясняет теоретический материал. Вводит основные понятия, определения, свойства. Формулирует и доказывает положения теоретических моделей. Приводит примеры. Необходимо поддерживать непрерывный контакт с аудиторией, отвечать на возникающие у студентов вопросы. На практических занятиях преподаватель разбирает примеры по пройденной теме. Во второй части занятия студентам предлагается работать самостоятельно, выполняя задания по теме. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если знаний полученных в аудитории оказалось недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочитать лекцию. После выполнения задания, студент отправляет его на проверку преподавателю. Работа должна быть отослана в формате PDF одним документом.

Самостоятельная работа студентов при изучении данной дисциплины состоит из подготовки к семинарским занятиям и подготовки коротких эссе по каждой теме лекционных занятий на основе современных специализированных по курсу статей, в том числе и на английском языке. Эссе выполняются в виде коротких заметок на 1-2 страницы с анализом литературных данных.

Целью осуществления данной деятельности является приобретение студентами, обучающимися по направлению «Электроника и нанoeлектроника», навыков работы с научной литературой при подготовке к семинарским занятиям; получение опыта обработки и интерпретации литературных данных, а также методов построения зонных диаграмм гетероструктур и анализа их поведения при приложении рабочих напряжений.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование предмета, дисциплины (модуля) в соответствии с учебным	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий с перечнем основного оборудования	Адрес (местоположение) учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта (с указанием номера
1	2	3	4

		<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного, семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p> <p>Мультимедийное оборудование: Экран проекционный Projecta Elpro Large Electron, 300x173 см, размер рабочей области 290x163 Документ-камера Avervision CP 355 AF Мультимедийный проектор, Mitsubishi FD630U, 4000 ANSI Lumen, 1920x1080 Сетевая видеочкамера Multipix MP-HD718 ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA ЖК-панель 42", Full HD, LG M4214 CCBA ЖК-панель 42", Full HD, LG M4214 CCBA</p>	<p>690001, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, Корпус D, ауд. D732</p>
1.	Конечные поля	<p>Аудитория для самостоятельной работы, Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду</p> <p>Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт. Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p>	<p>690001, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, Корпус А, ауд. А1017</p>

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Для дисциплины «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)
2. Презентация / сообщение (УО-3)

Письменные работы:

1. Практическая работа (ПР-6)
2. Контрольно-расчетная работа (ПР-12)

Устный опрос

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Презентация / сообщение (УО-3) – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Письменные работы

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Практическая работа (ПР-6) – средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.

Контрольно-расчетная работа (ПР-12) – средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

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

По дисциплине «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» учебным планом предусмотрен зачет в седьмом семестре.

Экзамен проводится в письменно-устной форме. Студент составляет конспект ответа и выполняет письменные задания, затем устно отвечает на вопросы.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» проводится в форме контрольных мероприятий (защита резюме, выступление на семинарских занятиях, контрольное тестирование) 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 резюме

Оценивание защиты резюме проводится при представлении резюме в электронном виде, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он представляет к защите резюме, удовлетворяющее поставленным к резюме требованиям (использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников

Интернет и сопоставления с теоретическим курсом лекций, представление краткого терминологического словаря по теме), по оформлению, если студент демонстрирует владение методами и приемами теоретических аспектов работы, не допускает фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не владеет методами и приемами теоретических аспектов работы, допускает существенные ошибки в работе, связанные с пониманием проблемы, представляет резюме с существенными отклонениями от правил оформления письменных работ.

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», «не зачтено».

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

Оценка «не зачтено» 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 зачета. Дополнительные вопросы задаются по темам с оценкой ниже 4.

Перечень вопросов для подготовки к зачету

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 нанобъектов: Коллоидные кластеры. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры.
4. Поверхность твердых тел: Примесные атомы на поверхности.
5. Классификация нанобъектов: Матричные нанокластеры и супрамолекулярные наноструктуры.
6. Атомные и молекулярные орбитали.
7. Классификация нанобъектов: Кластерные кристаллы и фуллериты.
8. Роль границ раздела фаз в формировании свойств наноматериалов.
9. Классификация нанобъектов: Компактированные наносистемы и нанокompозиты.
10. Поверхность твердых тел: Электронные и магнитные свойства поверхности.
11. Классификация нанобъектов: Тонкие наноструктурированные пленки.
12. Пористые материалы и фотонные кристаллы.
13. Классификация нанобъектов: 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 нанокompозиты.
49. Микроэлектромеханические системы.
50. Нанозлектромеханические системы.
51. Молекулярные и супрамолекулярные триггеры.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине
«Физико-химия нанокластеров и наноструктур»**

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100-85	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
75-84	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-74	«зачтено»/ «удовлетвор ительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
60 и менее	«незачтено»/ «неудовлетвор ительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценочные средства для текущей аттестации

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

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (контрольных работ и индивидуальных домашних заданий) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Контрольная работа является формой контроля усвоения студентами практической части курса. Выполняется студентами во время практических занятий по завершению изучения практической части разделов курса. Контрольная работа считается выполненной успешно при получении оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно». При получении оценки «неудовлетворительно» контрольная работа считается не сданной, соответствующий раздел практикума неусвоенным.

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 наноконпозиты.
7. Тонкие наноструктурированные пленки.
8. Углеродные нанотрубки и графен.
9. Химический потенциал. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца.
10. Термодинамика поверхности и поверхностей раздела.

11. Термодинамика криволинейной поверхности.
12. Структура поверхности и межфазных границ.
13. Нуклеация и рост нанокластеров в нанопорах вещества.
14. Нуклеация и рост кластеров на основе твердотельных реакций.
15. Зависимость свойств от размера частиц. Поведение наночастиц при спекании.

Контрольная работа №2

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 №3

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.
8. Формирование коллоидных наносистем: золи, мицеллы, микроэмульсии.
9. Организация и самоорганизация коллоидных структур. Оптические и электронные свойства коллоидных кластеров.

10. Синтез полимеров контролируемой структуры. Микрофазное расслоение блок-сополимеров.
11. Мицеллообразование в блок-сополимерах.
12. Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Термоэластопласты.
13. Нанопористые полимерные материалы. Сополимеры с жесткими фрагментами.
14. Полимерно-неорганические наноккомпозиты.
15. Белки, полинуклеотиды и биологические объекты.

Оценочные средства для текущей аттестации

Вопросы для самопроверки

Тема 1. Введение в теорию нанокластеров и нанобъектов.

Поверхность и термодинамика (2 часа)

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. Что положено в основу классификации нанокластеров?
4. Что из себя представляют молекулярные кластеры и какое минимальное количество атомов они включают?
8. Что такое лиганд для молекулярных кристаллов?
9. Как получают газовые безлигандные кластеры?
10. Какой из источников кластеров имеет минимальную интенсивность и какой максимальную интенсивность?
11. Каким способом получают углеродные нанотрубки и фуллерены?
12. Чем отличаются статические и динамические способы в масс-спектрометрии?
13. Какие типы коллоидных кластеров вы можете назвать?
14. Как образуются мицеллы и каковы их свойства?
15. Каковы основные способы получения твердотельных наноструктур?
16. Каковы основные методы получения и виды наноструктурированных пленок?
17. В чем разница между атомными и молекулярными орбиталями?
18. Что такое метод линейной комбинации молекулярных орбиталей?
19. Как изменяется потенциальная энергия и расположение молекулярных орбиталей при изменении расстояния молекулы от поверхности?
20. Как изменяется координационное число на гранях поверхности (100), (110) и (111)?

21. В чем различие между тонкопористыми и крупнопористыми силикагелями?
22. Сколько температурных модификаций корунда существует?
23. От чего зависит размер пор в цеолитах?
24. Что такое поверхностные центры кислотного и основного типа и что они определяют?
25. Какие типы адсорбции существуют и какими параметрами они определяются?
26. На что влияет гетерогенный катализ на поверхности твердого тела и на отдельных кластерах?

Тема 2. Модели формирования нанокластеров

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 нежесткости, 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?

Тема 3. Углеродные нанокластеры и наноструктуры и их применение

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 эндодральные и экзодральные фуллерены?
5. Каков механизм формирования фуллеренов?

6. Чем отличаются однослойные и многослойные углеродные нанотрубки?
7. Что такое графен, и какие он имеет физические свойства?
8. Как определяют энергию ионизации и энергию сродства к электрону для фуллеренов?
9. Что такое графен и каковы его отличительные свойства?
10. Какова структура фуллерита и при каких условиях она формируется?
11. Какова структура углеродных нанотрубок?
12. Что такое хиральность нанотрубок и на какие свойства она влияет?
13. Какие типы многостенных углеродных нанотрубок существуют?
14. Чем определяется полевая электронная эмиссия углеродных нанотрубок?
15. Какие приборы могут быть созданы на основе углеродных нанотрубок?

Тема 4. Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур

1. 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?
3. Какая фундаментальная величина, подобно силе в физике движения, может количественно проследить за химическими превращениями и соответствовать определению химического сродства?
11. При каких условиях свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца совпадают?
12. Что такое поверхностное натяжение?
13. Как определить поверхностное натяжение для твердых тел?
14. Какими параметрами может обладать свежесколотая поверхность вещества?
15. Каким образом влияет адсорбция кислорода на поверхностное натяжение твердого серебра?
16. При каких условиях в замкнутой поре наблюдается зарождение новой фазы и ее разрастание?
17. Как происходит зарождение твердотельных кластеров в аморфной фазе?
18. Чем определяется барьер для спекания твердотельных кластеров?
19. На какие физические и химические параметры влияют примесные ионы на поверхности окислов металлов?
20. Как влияет нарушение периодичности на поверхности оксидов металлов на величину и характер проводимости?

21. Каков диапазон изменения ширины запрещенной зоны в оксидах металлов и от чего она зависит?
22. Чем определяются магнитные свойства поверхности металлов и оксидов металлов?

Тема 5. Физические и химические свойства органических нанобъектов

1. Каковы способы получения супрамолекулярных наноструктур?
23. Возможно ли образование кластерных кристаллов и какова у них периодичность?
24. Какими способами получают компактированные наносистемы и нанокompозиты?

Критерии оценки (письменный ответ)

100-86 баллов - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

75-61 - балл - фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой

заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

60-50 баллов - незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

Это соответствует: 100-86 баллов – «отлично», 85-76 баллов – «хорошо», 75-61 баллов – «удовлетворительно», не более 60 баллов – «неудовлетворительно».

Паспорт ФОС

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: Научно-исследовательский			
Математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования.	Средства, способы и методы человеческой деятельности, направленные на теоретическое и экспериментальное исследование, математическое и компьютерное моделирование, алгоритмы решения типовых задач, современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и наноэлектроники, нанофотоники, нанотехнологий	ПК-1 способность 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.	ПК-1.1 использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники

Тип задач профессиональной деятельности: производственно-технологический			
Организация метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники	Средства, способы и методы человеческой деятельности, направленные на теоретическое и экспериментальное исследование, математическое и компьютерное моделирование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач, современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и наноэлектроники, нанофотоники, нанотехнологий	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электроники и наноэлектроники	ПК-3.3 проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Введение в теорию нанокластеров и нанобъектов. Поверхность и термодинамика	ПК-1	знает	Конспект лекций (ПР-1)	зачет, вопросы 1-28
			умеет	Семинарское занятие (ПР-1)	устный опрос, задание на реферат
			владеет	ИДЗ (ПР-1)	контрольная работа 1
2	Модели формирования	ПК-1	знает		зачет, вопросы 29-34

	нанокластеров		умеет	Семинарское занятие (ПР-2)	экзамен, задание 2
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	резюме статей по теме
3	Углеродные нанокластеры и наноструктуры и их применение	ПК-1 ПК-3	знает		Зачет, вопросы 35-41
			умеет	Семинарское занятие (ПР-3)	устный опрос
			владеет	ИДЗ (ПР-3)	контрольная работа 2
4	Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур	ПК-1 ПК-3	знает	резюме (ПР-4)	зачет, вопросы 42 - 46
			умеет	Семинарское занятие (ПР-4)	устный опрос
			владеет	Круглый стол (ПР-4)	контрольная работа 3
5	Физические и химические свойства органических нанобъектов	ПК-1 ПК-3	знает	резюме (ПР-5)	экзамен, вопросы 47-51
			умеет	Семинарское занятие (ПР-5)	устный опрос
			владеет	Обзорные доклады (ПР--5)	резюме статей по теме

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ПК-1.1. Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники	знает (пороговый уровень)	Знает методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники	воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	способность показать базовые знания и основные умения в классификации нанокластеров и наноструктур и определении их структуры и основных свойств.	61-74
	умеет (продвинутой)	Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и наноэлектроники	выполнять типичные задачи по использованию стандартных моделей, описывающих структуру и свойства типичных нанокластеров на основе воспроизведения стандартных подходов	способность применить сформированные представления и практические умения в задачах, связанных с разработкой технологии создания нанокластеров и наноструктур.	75-84
	владеет (высокий)	Владеет навыками построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники	решать усложненные задачи по структуре (электронной и атомной) нанокластеров и наноструктур на основе приобретенных знаний, умений и	способность применить систематизированные знания и практические умения в задачах, связанных с разработкой и расчетами параметров и свойств нанокластеров, наноструктур и наноструктурированных материалов.	85-100

			навыков		
ПК-3.3. Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	знает (пороговый уровень)	Знает принципы модификации свойств наноматериалов и наноструктур	воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	способность показать базовые знания и основные умения в классификации нанокластеров и наноструктур и определении их структуры и основных свойств.	61-74
	умеет (продвинутой)	Умеет осуществлять подготовку к процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур	выполнять типичные задачи по анализу и трансформации свойств нанокластеров и наноструктур на основе воспроизведения стандартных подходов	способность применить сформированные представления и практические умения в задачах, связанных с разработкой технологии создания нанокластеров и наноструктур.	75-84
	владеет (высокий)	Владеет навыками проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	решать усложненные задачи по исследованию электронной и атомной структуры нанокластеров и наноструктур на основе приобретенных знаний, умений и навыков	способность применить систематизированные знания и практические умения в задачах, связанных с разработкой и расчетами параметров и свойств нанокластеров, наноструктур и наноструктурированных материалов.	85-100