МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-химия наноструктурированных материалов

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
4	Из них в интерактивной форме	20	20	часов
5	Самостоятельная работа	54	54	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е.

Зачет: 3 семестр

Томск 2018

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 34512

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 91 от «19» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

к.т.н., доцент каф. ФЭ _____ Е. В. Саврук

ассистент каф. ФЭ _____ В. В. Каранский

Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ _____ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ФЭ _____ П. Е. Троян

Эксперты:

Доцент кафедры физической электроники (ФЭ) _____ И. А. Чистоедова

Профессор кафедры физической электроники (ФЭ) _____ Т. И. Данилина

Согласована на портале № 34512

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физико-химия наноструктурированных материалов» является формирование современных физико-химических представлений у студентов о приемах и методах, применяемых при изучении, проектировании, производстве и использовании наноструктур, устройств и систем на их основе и включающих целенаправленный контроль и модификацию форм, размеров и взаимодействий с целью получения объектов с новыми физико-химическими свойствами.

1.2. Задачи дисциплины

– приобретение знаний в области физической химии процессов синтеза наноматериалов и низкоразмерных структур;

– приобретение навыков решения материаловедческих задач;

– формирование научно обоснованного подхода к изучению свойств наноматериалов и наноструктур;

– формирование научно обоснованного подхода к разработке процессов получения наноматериалов и наноструктур.

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физико-химия наноструктурированных материалов» (Б1.В.ОД.3) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Физика, Химия.

Последующими дисциплинами являются: Наноэлектроника, Физика пленочных наноструктур, Физика полупроводников.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-2 готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;

– ПК-3 готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** методы синтеза и анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

– **уметь** применять методы расчета параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; проводить анализ и систематизацию результатов исследований; представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

– **владеть** методами измерения и контроля химических и физических свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	54	54
Лекции	36	36
Практические занятия	18	18
Из них в интерактивной форме	20	20

Согласована на портале № 34512

Самостоятельная работа (всего)	54	54
Подготовка к контрольным работам	16	16
Проработка лекционного материала	21	21
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	17	17
Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость, ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	3.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр					
1 Введение. Историческая справка, основные понятия и терминология	1	0	2	3	ПК-2, ПК-3
2 Классификация нанообъектов	3	0	4	7	ПК-2, ПК-3
3 Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах	6	4	13	23	ПК-2, ПК-3
4 Поверхностные явления и межфазные процессы	6	2	4	12	ПК-2, ПК-3
5 Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов	6	2	4	12	ПК-2, ПК-3
6 Кинетика процессов в наноразмерных системах	6	4	14	24	ПК-2, ПК-3
7 Электронное строение наночастиц	4	2	9	15	ПК-2, ПК-3
8 Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов	4	4	4	12	ПК-2, ПК-3
Итого за семестр	36	18	54	108	
Итого	36	18	54	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 34512

1 Введение. Историческая справка, основные понятия и терминология	Структура дисциплины. Основные блоки. Предмет изучения. Развитие физики нанотехнологии как науки. Основные понятия и терминология	1	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	
2 Классификация нанообъектов	Наноструктурированные материалы и наночастицы. Классификация В. Оствальда по агрегатному состоянию фаз. Классификация по размерам. Классификация по мерности. Классификация Г. Глейтера основных типов структур неполимерных наноматериалов по химическому составу, распределению фаз и форме. Наноматериалы: функциональные, интеллектуальные, нанообъекты, содержащие специфические группы атомов, молекул нанометровых размеров (до 100 нм). Функциональные наноматериалы: низкоразмерные объекты; тонкие слои, пленки; нанопроволоки, полимерные наноматериалы. Интеллектуальные наноматериалы: объемные, полимерные и биоматериалы. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры	3	ПК-2, ПК-3
	Итого	3	
3 Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах	Начала термодинамики, термодинамические потенциалы, теория фазовых равновесий. Термодинамика поверхности. Неравновесная термодинамика, синергетика. Особенности термодинамических свойств наносред. Соотношение площади поверхности и массы нанообъектов. Изменение фазовых равновесий в наноразмерных системах. Уравнение Лапласа. Изменение температуры плавления в наноматериалах. Особенности полиморфных превращений в наносистемах. Изменение пределов растворимости твердых растворов	6	ПК-2, ПК-3
	Итого	6	
4 Поверхностные явления и межфазные процессы	Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Доля поверхности в наноматериалах. Поверхностная энергия и ее анизотропия. Поверхностный потенциал Гиббса. Уравнения и характеристики условий термодинамической стабильности межфазных границ в наносистемах. Границы зерен в наноструктуированных материалах. Поверхностное натяжение. Краевой угол и сцепление с поверхностью. О роли вязкости воды при наномасштабировании. Поверхностное натяжение. Эффект лотоса. Адсорбция. Кинетика адсорбции. Зависимость от покрытия, температуры, угла и кинетической энергии. Термическая десорбция. Кинетика десорбции. Десорбционная спектроскопия. Изотермы адсорбции. Нетермическая десорбция	6	ПК-2, ПК-3
	Итого	6	
5 Идеальная и реальная кристаллические	Атомная структура чистых поверхностей. Релаксация и реконструкция. Поверхностные структуры	6	ПК-2, ПК-3

Согласована на портале № 34512

структуры наноразмерных материалов	некоторых важнейших полупроводников. Атомная структура поверхностей с адсорбатами. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат-подложка. Состав поверхностных фаз. Фазовая диаграмма. Структурные дефекты поверхности. Модель террас – ступеней – изломов. Дефекты: вакансии, дефекты замещения, дислокации, доменные границы. Ступени, сингулярные и вицинальные поверхности, фасетки		
	Итого	6	
6 Кинетика процессов в наноразмерных системах	Поверхностная диффузия. Законы Фика. Диффузия отдельного атома и химическая диффузия. Собственная диффузия и диффузия массопереноса. Анизотропия поверхностной диффузии. Атомные механизмы поверхностной диффузии: прыжковый, атомного обмена, туннелирования, обменный. Экспериментальные методы изучения диффузии: прямое наблюдение за атомами, метод изменения профиля, капиллярные методы, метод островков. Зависимость параметров химической кинетики от размеров. Скорость реакции. Зависимость скорости реакции от размера частиц. Влияние размера наночастиц на температуру протекания реакции. Кинетика бимолекулярной химической реакции. Кинетические особенности химических процессов на поверхности наночастиц. Учет флуктуаций концентраций. Термодинамический подход к описанию влияния размерных факторов на сдвиг химического равновесия. Пример реакции окисления. Кинетические параметры низкотемпературного окисления нанопорошков металлов. Пороговая температура. Кинетика самовозгорания наноструктурных материалов. Температуры самовозгорания, самовоспламенения. Природа катализа. Площадь поверхности наночастиц. Катализаторы на основе пористых материалов. Локальные химические электронно-стимулированные реакции	6	ПК-2, ПК-3
	Итого	6	
7 Электронное строение наночастиц	Поведение электронной подсистемы в наноматериалах. Особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии. Квантовые ямы, проволоки, точки. Эффекты, обусловленные размерами и размерностью нанообъектов: размерные эффекты. Размерность объекта и электроны проводимости. Потенциальные ямы. Свойства, зависящие от плотности состояний. Экситонные переходы в спектрах нанокристаллических полупроводников. Изменение ширины запрещенной зоны. Оценка размеров наночастиц по спектральным данным	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 34512

8 Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов	Зависимость свойств от размера частиц. Особые свойства нанообъектов, обусловленные соизмеримостью их размеров и характерной длиной физических свойств. Особые свойства нанообъектов, обусловленные огромной поверхностной энергии: доля поверхности в наноматериалах, величина поверхностной энергии в наноматериалах. Поверхности и геометрические размеры кристаллов. Поверхность и геометрические размеры нанообъектов. Оптические и электронные свойства наносистем и наноматериалов. Магнитные свойства. Механические и тепловые свойства	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Математика	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Физика	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Химия	+	+	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины								
1 Наноэлектроника	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Физика пленочных наноструктур	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Физика полупроводников	+	+	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-3	+	+	+	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию

Согласована на портале № 34512

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Методы	Интерактивные практические занятия, ч	Интерактивные лекции, ч	Всего, ч
3 семестр			
Презентации с использованием интерактивной доски с обсуждением	2	10	12
Презентации с использованием раздаточных материалов с обсуждением		4	4
Решение ситуационных задач	4		4
Итого за семестр:	6	14	20
Итого	6	14	20

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
3 Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах	Термодинамика явлений в наносистемах. Квази-равновесие в наносистемах	2	ПК-2, ПК-3
	Контрольная работа № 1 «Термодинамика явлений в наносистемах»	2	
	Итого	4	
4 Поверхностные явления и межфазные процессы	Поверхностные явления и межфазные процессы	2	ПК-2, ПК-3
	Итого	2	
5 Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов	Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов	2	ПК-2, ПК-3
	Итого	2	
6 Кинетика процессов в наноразмерных системах	Кинетика процессов в наноразмерных системах	2	ПК-2, ПК-3
	Контрольная работа № 2 «Кинетика процессов в наноразмерных системах»	2	
	Итого	4	
7 Электронное строение наночастиц	Электронное строение наночастиц	2	ПК-2, ПК-3
	Итого	2	

Согласована на портале № 34512

8 Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов	Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов	4	ПК-2, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Введение. Историческая справка, основные понятия и терминология	Проработка лекционного материала	2	ПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	2		
2 Классификация нанообъектов	Проработка лекционного материала	4	ПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Тест
	Итого	4		
3 Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-2, ПК-3	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Подготовка к контрольным работам	8		
	Итого	13		
4 Поверхностные явления и межфазные процессы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
5 Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
6 Кинетика процессов в наноразмерных системах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-2, ПК-3	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по практическому за-

Согласована на портале № 34512

	Проработка лекционного материала	2		нятию, Тест
	Подготовка к контрольным работам	8		
	Итого	14		
7 Электронное строение наночастиц	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	5		
	Итого	9		
8 Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-2, ПК-3	Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
Итого за семестр		54		
Итого		54		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Контрольная работа		15	15	30
Опрос на занятиях	5	5	5	15
Отчет по практическому занятию	10	20	10	40
Тест	5	5	5	15
Итого максимум за период	20	45	35	100
Нарастающим итогом	20	65	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4

Согласована на портале № 34512

От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Наноматериалы: учебное пособие для вузов / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. – 2-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 366 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 45 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Марголин, В.И. Введение в нанотехнологию [Электронный ресурс] : учебник / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тупик. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 464 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/4310. (дата обращения: 26.06.2018).

2. Афанасьев, А.В. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы [Электронный ресурс] : монография / А.В. Афанасьев, В.П. Афанасьев, Г.Ф. Глинский, С.И. Голудина ; под ред. Лучинина В.В., Таирова Ю.М.. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 552 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/59436. (дата обращения: 26.06.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физико-химия наноструктурированных материалов: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направлений подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника», 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника», профиль «Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике» / Саврук Е. В., Каранский В. В. - 2016. 51 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6271 (дата обращения: 26.06.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

Согласована на портале № 34512

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: http://elibrary.ru

2. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 224 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;

Согласована на портале № 34512

- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Коэффициент пропорциональности между величиной среднеквадратичного смещения атомов и постоянной решетки, для твердого тела с решеткой типа ОЦК составляет…

а) 0,1;
б) 0,15;
в) 0,2;
г) 0,25.

2. Температура Дебая поверхностной фазы составляет примерно от температуры Дебая для объемной фазы…

а) 0,3;
б) 0,25;
в) 0,5;
г) 0,75.

3. Работа образования критического зародыша составляет от поверхностной энергии…

а) 1/3;
б) 1/4;
в) 1/2;
г) 3/4.

4. Подход Таммана к объяснению снижения температуры плавления на поверхности основывался …

а) на уменьшении амплитуды колебаний атомов и меньшей температуры Дебая;
б) на увеличении амплитуды колебаний атомов и меньшей температуры Дебая;
в) на увеличении амплитуды колебаний атомов и большей температуры Дебая;

Согласована на портале № 34512

г) на уменьшении амплитуды колебаний атомов и большей температуры Дебая.

5. В условиях равновесия насыщенный пар-жидкость давление пара над каплей…
а) равно атмосферному давлению;
б) равно давлению пара нал плоской поверхностью жидкости;
в) больше давления над плоской поверхностью;
г) меньше давления над плоской поверхностью.

6. Удельная свободная поверхностная энергия твердых тел…
а) равна поверхностному натяжению на межфазной поверхности;
б) больше поверхностного натяжения на межфазной границе;
в) меньше поверхностного натяжения на межфазной границе;
г) эти величины не связаны между собой.

7. Укажите неверное утверждение. Поверхностное натяжение это…
а) работа образования единицы площади поверхности;
б) удельная избыточная свободная поверхностная энергия;
в) сила, противодействующая растяжению пленки;
г) суммарная энергия молекул поверхностного слоя.

8. Каким фактором определяется частота колебания поверхностного плазмона…
а) диэлектрической проницаемостью среды и коэффициентом отражения;
б) диэлектрической проницаемостью среды и матрицей;
в) матрице и коэффициентом отражения;
г) коэффициентом поглощения.

9. С уменьшением размера нанокристалла уменьшается ширина электронных и дырочных зон, при этом общая энергия …
а) не изменяется;
б) уменьшается;
в) сначала уменьшается, затем увеличивается;
г) увеличивается.

10. Интенсивность рассеянного света пропорционально длине волны падающего света по закону…
а) прямой пропорциональности;
б) обратной пропорциональности;
в) квадратичному;
г) кубическому.

11. Мерой интенсивности броуновского движения коллоидных частиц является…
а) сумма всех смещений частицы по всем направлениям в единицу времени;
б) среднее арифметическое значение всех смещений;
в) среднее арифметическое значение проекций смещения на произвольно выбранную ось;
г) среднее арифметическое значение квадратов смещений частиц.

12. Механизм броуновского движения коллоидных частиц дисперсной фазы в дисперсионной среде заключается в том, что…
а) частицы дисперсной фазы движутся в поле тяжести;
б) частицы сталкиваются между собой и передают импульс в произвольном направлении;
в) молекула дисперсионной среды сталкиваются с частицами и передают им импульс;
г) молекулы дисперсионной среды сталкиваются между собой и передают импульс частицам.

Согласована на портале № 34512

13. Коэффициент диффузии не зависит от…
а) концентрации;
б) радиуса диффундирующих частиц;
в) вязкости;
г) скорости седиментации.

14. Основной причиной изменения термодинамических свойств нанокристаллов в сравнении с массивным веществом является…
а) изменение вида фононного спектра;
б) изменение границ фононного спектра;
в) изменение и вида, и границ фононного спектра;
г) изменение функции фононного спектра.

15. В фононном спектре малых частиц появляются…
а) низкочастотные моды, отсутствующие в массивных кристаллов;
б) высокочастотные моды, отсутствующие в массивных кристаллов;
в) низкочастотные моды, как и в массивных кристаллов;
г) высокочастотные моды, как и в массивных кристаллов;

16. Особенности колебательного спектра наночастиц в первую очередь будут отражаться на…
а) теплоемкости;
б) теплопроводности;
в) коэффициенте линейного расширения;
г) коэффициенте объемного расширения.

17. Величину, равную отношению электрического момента диэлектрика к его объему называют:
а) диэлектрической проницаемостью среды;
б) относительной диэлектрической восприимчивостью;
в) поляризуемостью;
г) дипольным моментом.

18. Одной из основных характеристик любого магнетика является…
а) относительная диэлектрическая восприимчивость;
б) поляризуемость;
в) намагниченность;
г) диэлектрическая проницаемость среды.

19. Намагниченность с увеличением индукции магнитной поля…
а) сначала возрастает, затем уменьшается;
б) увеличивается;
в) уменьшается;
г) не изменяется.

20. Не оказывают влияния на термодинамические свойства электронной системы…
а) плазмоны;
б) фононы;
в) фотоны;
г) магноны.

14.1.2. Темы контрольных работ

1. «Термодинамика явлений в наносистемах»
2. «Кинетика процессов в наноразмерных системах»

Согласована на портале № 34512

14.1.3. Темы опросов на занятиях

1. Начала термодинамики, термодинамические потенциалы, теория фазовых равновесий.
2. Процессы на поверхности: поверхностное натяжение, капиллярные явления.
3. Атомная структура чистых поверхностей. Релаксация и реконструкция.
4. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат-подложка. Фазовая диаграмма.
5. Адсорбция. Зависимость от покрытия, температуры, угла и кинетической энергии.
6. Термическая десорбция. Кинетика. Десорбционная спектроскопия.
7. Поверхностная диффузия. Законы Фика. Диффузия отдельного атома и химическая диффузия.
8. Экспериментальные методы изучения диффузии: прямое наблюдение за атомами, метод изменения профиля, капиллярные методы, метод островков.
9. Механизмы роста на поверхности: Франка-ван дер Мерве, Вольмера – Вебера, Странского – Крастанова.
10. Концентрация островков, форма (разветвленные, компактные, фрактальные), распределение по размеру.
11. Кинетические эффекты в гомоэпитаксии. Внутрислойный и межслойный массоперенос. Барьер Эрлиха – Швобеля.
12. Кинетические эффекты в гомоэпитаксии. Рост за счет движения ступеней, послойный и многослойный рост.
13. Эффекты механических напряжений при гетероэпитаксии.
14. Объекты нанометрового масштаба и пониженной размерности. Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур.
15. Кристаллы и кристаллиты, кластеры. Размерные эффекты. Термодинамическая и квантово-статистическая модели кластеров. Оболочечная и структурная модели.
16. Структурные особенности твердотельных наноструктур. Дефекты и напряжения. Структурные фазовые переходы. Механические и тепловые свойства.
17. Оптические и электронные свойства наносистем и наноматериалов.
18. Магнитные свойства наносистем и наноматериалов.
19. Графен, фуллерены и углеродные нанотрубки.

14.1.4. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

1. Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах
2. Поверхностные явления и межфазные процессы
3. Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов
4. Кинетика процессов в наноразмерных системах
5. Электронное строение наночастиц
6. Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов

14.1.5. Зачёт

1. Начала термодинамики, термодинамические потенциалы, теория фазовых равновесий.
2. Термодинамика поверхности.
3. Неравновесная термодинамика, синергетика.
4. Процессы на поверхности: поверхностное натяжение, капиллярные явления.
5. Поверхностная энергия и ее анизотропия.
6. Обработка поверхности и условия сохранения ее свойств.
7. Атомная структура чистых поверхностей. Релаксация и реконструкция.
8. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат-подложка. Фазовая диаграмма.
9. Модель террас-ступеней-изломов. Дефекты: адатомы, вакансии, дефекты замещения, дислокации, доменные границы. Ступени, сингулярные и вициальные поверхности, фасетки.
10. Адсорбция. Зависимость от покрытия, температуры, угла и кинетической энергии.
11. Термическая десорбция. Кинетика. Десорбционная спектроскопия.
12. Изотермы адсорбции. Нетермическая десорбция.
13. Поверхностная диффузия. Законы Фика. Диффузия отдельного атома и химическая диф-

Согласована на портале № 34512

фузия.

14. Собственная диффузия и диффузия массопереноса. Анизотропия поверхностной диффузии.

15. Атомные механизмы поверхностной диффузии: прыжковый, атомного обмена, туннелирования, обменный.

16. Экспериментальные методы изучения диффузии: прямое наблюдение за атомами, метод изменения профиля, капиллярные методы, метод островков.

17. Механизмы роста на поверхности: Франка-ван дер Мерве, Вольмера – Вебера, Странского – Крастанова. 18. Зарождение и рост островков: режимы зарождения при малых покрытиях, режим промежуточных покрытий, режим агрегации, режим коалесценции и перколяции.

19. Концентрация островков, форма (разветвленные, компактные, фрактальные), распределение по размеру.

20. Коалесценция и дозревание островков. Магические островки, островки вакансий.

21. Кинетические эффекты в гомоэпитаксии. Внутрислойный и межслойный массоперенос. Барьер Эрлиха – Швобеля.

22. Кинетические эффекты в гомоэпитаксии. Рост за счет движения ступеней, послойный и многослойный рост.

23. Эффекты механических напряжений при гетероэпитаксии.

24. Рост пленок в присутствии сурфактантов. Сурфактанты и интерфактанты. Механизмы действия сурфактантов.

25. Объекты нанометрового масштаба и пониженной размерности. Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур.

26. Уравнения и характеристики условий термодинамической стабильности межфазных границ в наносистемах.

27. Кристаллы и кристаллиты, кластеры. Размерные эффекты. Термодинамическая и квантово-статистическая модели кластеров. Оболочечная и структурная модели.

28. Структурные особенности твердотельных наноструктур. Дефекты и напряжения. Структурные фазовые переходы. Механические и тепловые свойства.

29. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры.

30. Оптические и электронные свойства наносистем и наноматериалов.

31. Магнитные свойства наносистем и наноматериалов.

32. Физико-химические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии. Атомные манипуляции с помощью СТМ.

33. Графен, фуллерены и углеродные нанотрубки.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по	Тесты, письменные самостоятельные	Преимущественно проверка

Согласована на портале № 34512

общемедицинским показаниям	работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 34512