МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 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: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	64	64	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	108	108	часов
	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	4

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 55278

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. 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

1. Приобретение знаний в области физической химии процессов синтеза наноматериалов и низкоразмерных структур.
2. Приобретение навыков решения материаловедческих задач.
3. Формирование научно обоснованного подхода к изучению свойств наноматериалов и наноструктур.
4. Формирование научно обоснованного подхода к разработке процессов получения наноматериалов и наноструктур.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.19.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математического анализа	Знает основные законы естественных наук
	ОПК-1.2. Умеет использовать физические и математические законы при решении задач профессиональной деятельности	Умеет использовать физические и математические законы при решения задач по расчету основных параметров и характеристик наноматериалов
	ОПК-1.3. Владеет физическим и математическим аппаратом для решения профессиональных задач	Владеет практическими навыками по определению основных параметров и характеристик наноматериалов
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 55278

ПКР-6. Готов рассчитывать и проектировать основные параметры техники наноструктурных материалов различного функционального назначения	ПКР-6.1. Знает основные методики расчета параметров наноструктурных материалов различного функционального назначения	Знает методики расчета и основные параметры наноструктурных материалов
	ПКР-6.2. Умеет рассчитывать параметры наноструктурных материалов	Умеет на практике рассчитывать основные параметры наноструктурных материалов
	ПКР-6.3. Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета параметров наноструктурных материалов	Владеет практическими навыками по определению основных параметров наноструктурных материалов

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	44	44
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	64	64
Подготовка к зачету	23	23
Подготовка к тестированию	10	10
Подготовка к контрольной работе	10	10
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	21	21
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Общая трудоемкость (в з.е.)	3	3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
4 семестр					
1 Введение. Историческая справка, основные понятия и терминология	1	-	3	4	ОПК-1, ПКР-6

Согласована на портале № 55278

2 Классификация нанообъектов	3	2	9	14	ОПК-1, ПКР-6
3 Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах	4	4	12	20	ОПК-1, ПКР-6
4 Поверхностные явления и межфазные процессы	4	-	4	8	ОПК-1, ПКР-6
5 Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов	4	-	4	8	ОПК-1, ПКР-6
6 Кинетика процессов в наноразмерных системах	4	4	12	20	ОПК-1, ПКР-6
7 Электронное строение наночастиц	3	-	5	8	ОПК-1, ПКР-6
8 Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов	3	8	15	26	ОПК-1, ПКР-6
Итого за семестр	26	18	64	108	
Итого	26	18	64	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Введение. Историческая справка, основные понятия и терминология	Структура дисциплины. Основные блоки. Предмет изучения. Развитие физики нанотехнологии как науки. Основные понятия и терминология.	1	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	1	

Согласована на портале № 55278

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	ОПК-1, ПКР-6
	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	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 55278

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	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	
5 Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов	Атомная структура чистых поверхностей. Релаксация и реконструкция. Поверхностные структуры 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	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 55278

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	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 55278

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	3	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	3	
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	3	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	3	
Итого за семестр		26	
Итого		26	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
2 Классификация нанообъектов	Дисперсность.	2	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	2	
3 Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах	Термодинамика дисперсных систем.	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 55278

6 Кинетика процессов в наноразмерных системах	Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	
8 Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов	Оптические свойства дисперсных систем.	4	ОПК-1, ПКР-6
	Тепловые свойства наносистем.	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	8	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				
1 Введение. Историческая справка, основные понятия и терминология	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Итого	3		
2 Классификация нанообъектов	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	2	ОПК-1, ПКР-6	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	3	ОПК-1, ПКР-6	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	9		

Согласована на портале № 55278

3 Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	2	ОПК-1, ПКР-6	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	6	ОПК-1, ПКР-6	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	12		
4 Поверхностные явления и межфазные процессы	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Итого	4		
5 Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Итого	4		
6 Кинетика процессов в наноразмерных системах	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	2	ОПК-1, ПКР-6	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	6	ОПК-1, ПКР-6	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	12		
7 Электронное строение наночастиц	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Итого	5		
8 Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов	Подготовка к зачету	3	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ПКР-6	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	6	ОПК-1, ПКР-6	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	15		
Итого за семестр		64		

Согласована на портале № 55278

Итого	64	

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Тестирование, Отчет по практическому занятию (семинару)
ПКР-6	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Тестирование, Отчет по практическому занятию (семинару)

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
4 семестр				
Зачёт	0	0	30	30
Контрольная работа	10	10	10	30
Тестирование	5	5	5	15
Отчет по практическому занятию (семинару)	10	10	5	25
Итого максимум за период	25	25	50	100
Нарастающим итогом	25	50	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Согласована на портале № 55278

Оценка	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)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная 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.

7.2. Дополнительная 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.).

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.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. 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» / Е. В. Саврук, В. В. Каранский - 2016. 51 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6271.

7.3.2. 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;
– 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.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Согласована на портале № 55278

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория физики конденсированного состояния и материалов электронной техники: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 119 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные макеты: «Температурные свойства ферромагнитных материалов», «Температурные свойства проводящих материалов», «Объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов», «Пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК)», «Температурная зависимость проводимости диэлектриков», «Фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов», «Определение ширины запрещенной зоны полупроводников», «Определение термо-ЭДС полупроводников», «Эффект Холла», «Эффект Пельтье».
- Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 (2 шт.), вольтметр В7-22А (5 шт.), амперметр Ф-195, М-253 (2 шт.), источник постоянного тока Б5-47, электрометр В7Э-42, мультиметр В7-22А (2 шт.), измеритель иммитанса Е7-20, тераомметр Е6-13, печь лабораторная (2 шт.), прибор для исследования пробоя ТПК, лабораторный стенд СФП-5 (2 шт.), вольтметр В7-26, вольтметр цифровой Ф4214, вольтметр Ф238,

источник постоянного тока Б5-47, измеритель иммитанса Е7-20;

- Компьютерные лабораторные работы (4 шт.);
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (4 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. 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.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;

Согласована на портале № 55278

- Google Chrome.

8.4. 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 зрения** 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.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение. Историческая справка, основные понятия и терминология	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Классификация нанообъектов	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Согласована на портале № 55278

3 Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
4 Поверхностные явления и межфазные процессы	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Кинетика процессов в наноразмерных системах	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
7 Электронное строение наночастиц	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Особые физические и химические свойства наночастиц и наноструктурированных материалов	ОПК-1, ПКР-6	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Согласована на портале № 55278

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 55278

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;
   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;

Согласована на портале № 55278

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.
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.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Начала термодинамики, термодинамические потенциалы, теория фазовых равновесий.
2. Термодинамика поверхности.

Согласована на портале № 55278

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 вицинальные 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 диффузия.
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.

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

Согласована на портале № 55278

1. Дисперсность золя ртути составляет $1,6 \cdot 10^7$ м$^{-1}$. Рассчитайте:

а) суммарную поверхность частиц 1 г ртути;

б) общее число частиц в растворе при дроблении 0,1 г ртути. Примите, что частицы золя ртути имеют сферическую форму. Плотность ртути равна $13,56 \cdot 10^3$ кг/м^3.

2. Рассчитать работу образования критического зародыша, если величина поверхностного натяжения составляет 0,02 Дж/м^2. Температура плавления материала 1400 К. Температура окружающей среды 300 К, а энтальпия образования данного вещества 20000 Дж/моль.

3. Используя уравнение Релея, сравните интенсивности света, рассеянного двумя эмульсиями с равными радиусами частиц и концентрациями: бензола в воде (n_1 =1,501) и н-пентана в воде (n_1 =1,357). Показатель преломления воды n_0 =1,333.

4. Коэффициент диффузии молочного сахара в воде при 291 К составляет $3,94 \cdot 10^{-5}$ м^2/сутки. Вязкость воды равна $1,06 \cdot 10^{-3}$ Н·с/м^2. Вычислите радиус молекулы (в м) и молярную массу органического вещества. Плотность тростникового сахара равна $1,542 \cdot 10^3$ кг/м^3. Полученное значение молярной массы сравните с теоретическим ($M = 324 г/моль$).

5. Рассчитать удельное сопротивление монокристаллического материала, если толщина пленки, которая изготавливалась из данного материала 1 нм, длина свободного пробега 0,5 нм. Удельное сопротивление пленки 10^{-6} Ом·см.

9.1.4. Темы практических занятий

1. Дисперсность.
2. Термодинамика дисперсных систем.
3. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем
4. Оптические свойства дисперсных систем.
5. Тепловые свойства наносистем.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает

Согласована на портале № 55278

работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. 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 9.2.

Таблица 9.2 – 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 общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. 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.

Согласована на портале № 55278

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 № 55278

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 114 от «19» 11 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c

ЭКСПЕРТЫ:

Старший преподаватель, каф. ФЭ	В.В. Каранский	Согласовано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8
Заведующий кафедрой, каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. ФЭ	В.В. Каранский	Разработано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8
Доцент, каф. ФЭ	Е.В. Саврук	Разработано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c

Согласована на портале № 55278