МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по УР
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 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: **Проектирование и технология микросистем**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **физической электроники (ФЭ)**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	3 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 аттестации	Семестр
Зачет	3

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по УР
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 85084

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у студентов современных физико-химических представлений о приемах и методах, применяемых при исследовании, проектировании, производстве и использовании наноструктур и наноматериалов с целью разработки и создания материалов с заданными физико-химическими свойствами.

1.2. Задачи дисциплины

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

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль фундаментальной инженерной подготовки (general hard skills - GHS).

Индекс дисциплины: Б1.О.02.08.

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 физической химии
	ОПК-1.2. Умеет использовать физические и математические законы при решении задач профессиональной деятельности	Умеет применять основные законы физической химии для решения задач
	ОПК-1.3. Владеет физическим и математическим аппаратом для решения профессиональных задач	Владеет методами решения стандартных физико-химических задач
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 85084

ПК-7. Готов рассчитывать и проектировать основные параметры техники наноструктурных материалов различного функционального назначения	ПК-7.1. Знает основные методики расчета параметров наноструктурных материалов различного функционального назначения	Знает методики физико-химических расчетов основных термохимических свойств наноматериалов
	ПК-7.2. Умеет рассчитывать параметры наноструктурных материалов	Умеет рассчитывать термодинамическую стабильность наноматериалов
	ПК-7.3. Владеет навыками работы в прикладных программах для расчета параметров наноструктурных материалов	Владеет навыками расчёта или прогнозирования физико-химических свойств наноматериалов с применением компьютерных программ и искусственного интеллекта

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
		3 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	26	26
Подготовка к тестированию	18	18
Написание конспекта самоподготовки	12	12
Выполнение практического задания	8	8
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
3 семестр					

Согласована на портале № 85084

1 Введение. История развития естественных наук, материаловедения и нанотехнологий	1	2	8	11	ОПК-1, ПК-7
2 Терминология нанотехнологий и физической химии	3	-	4	7	ОПК-1
3 Основы термодинамики и термохимии наноматериалов	6	4	12	22	ОПК-1, ПК-7
4 Химическое и фазовое равновесие, растворы	8	4	10	22	ОПК-1, ПК-7
5 Дисперсные системы, классификация и свойства	2	2	10	14	ОПК-1, ПК-7
6 Методы получения наноматериалов	2	4	8	14	ОПК-1, ПК-7
7 Методы исследования наноматериалов, структура наночастиц	2	2	8	12	ПК-7
8 Применение наночастиц и наноматериалов	2	-	4	6	ОПК-1, ПК-7
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
3 семестр			
1 Введение. История развития естественных наук, материаловедения и нанотехнологий	История развития естественных наук, выделения из них физической химии и материаловедения, их пересечение в нанотехнологиях.	1	ОПК-1
	Итого	1	
2 Терминология нанотехнологий и физической химии	Основные понятия нанотехнологий на основе действующих ГОСТ (ISO), наиболее часто используемые в нанотехнологиях термины физической химии.	3	ОПК-1
	Итого	3	
3 Основы термодинамики и термохимии наноматериалов	Основные законы термодинамики, термохимия (законы Гесса, Кирхгофа), термохимические расчёты реакций, протекающих при формировании наноматериалов, а также в ходе их эксплуатации.	6	ОПК-1, ПК-7
	Итого	6	

Согласована на портале № 85084

4 Химическое и фазовое равновесие, растворы	Описание химического и фазового равновесия методами термодинамики. Константы химического равновесия. Фазовые диаграммы и их описание. Теория растворов. Применение изученных теоретических концепций к получению и описанию свойств наноматериалов.	8	ОПК-1, ПК-7
	Итого	8	
5 Дисперсные системы, классификация и свойства	Основы теории образования и равновесия дисперсных систем, их классификация.	2	ОПК-1
	Итого	2	
6 Методы получения наноматериалов	Основные методы получения наноматериалов, их сравнительный анализ	2	ОПК-1
	Итого	2	
7 Методы исследования наноматериалов, структура наночастиц	Обзор основных методов исследования физико-химических свойств наночастиц, возможности методов и получаемые с их помощью параметры	2	ПК-7
	Итого	2	
8 Применение наночастиц и наноматериалов	Обзор основных сфер применения наноматериалов и оценки целесообразности их использования	2	ОПК-1, ПК-7
	Итого	2	
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
3 семестр			
1 Введение. История развития естественных наук, материаловедения и нанотехнологий	Терминология и классификация нанообъектов	2	ОПК-1, ПК-7
	Итого	2	
3 Основы термодинамики и термохимии наноматериалов	Термодинамика и термохимия нанообъектов	4	ПК-7
	Итого	4	
4 Химическое и фазовое равновесие, растворы	Построение и описание фазовых диаграмм	4	ОПК-1, ПК-7
	Итого	4	
5 Дисперсные системы, классификация и свойства	Классификация дисперсных систем и расчёт их свойств	2	ПК-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 85084

6 Методы получения наноматериалов	Анализ производительности и ограничений методов получения наноматериалов	4	ПК-7
	Итого	4	
7 Методы исследования наноматериалов, структура наночастиц	Сравнение экспериментальных методик исследования наноматериалов по информативности и применимости к различным видам нанообъектов	2	ПК-7
	Итого	2	
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
3 семестр				
1 Введение. История развития естественных наук, материаловедения и нанотехнологий	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ПК-7	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПК-7	Тестирование
	Написание конспекта самоподготовки	4	ОПК-1, ПК-7	Конспект самоподготовки
	Итого	8		
2 Терминология нанотехнологий и физической химии	Подготовка к зачету	2	ОПК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1	Тестирование
	Итого	4		
3 Основы термодинамики и термохимии наноматериалов	Подготовка к зачету	4	ПК-7	Зачёт
	Подготовка к тестированию	4	ПК-7	Тестирование
	Выполнение практического задания	4	ПК-7	Практическое задание
	Итого	12		

Согласована на портале № 85084

4 Химическое и фазовое равновесие, растворы	Подготовка к зачету	4	ОПК-1, ПК-7	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПК-7	Тестирование
	Выполнение практического задания	4	ОПК-1, ПК-7	Практическое задание
	Итого	10		
5 Дисперсные системы, классификация и свойства	Подготовка к зачету	4	ПК-7	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание конспекта самоподготовки	4	ПК-7	Конспект самоподготовки
	Итого	10		
6 Методы получения наноматериалов	Подготовка к зачету	4	ПК-7	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание конспекта самоподготовки	2	ПК-7	Конспект самоподготовки
	Итого	8		
7 Методы исследования наноматериалов, структура наночастиц	Подготовка к зачету	4	ПК-7	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ПК-7	Тестирование
	Написание конспекта самоподготовки	2	ПК-7	Конспект самоподготовки
	Итого	8		
8 Применение наночастиц и наноматериалов	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ПК-7	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПК-7	Тестирование
	Итого	4		
Итого за семестр		64		
Итого		64		

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий 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, Конспект самоподготовки, Практическое задание, Тестирование
ПК-7	+	+	+	Зачёт, Конспект самоподготовки, Практическое задание, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Согласована на портале № 85084

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
3 семестр				
Зачёт	5	5	5	15
Конспект самоподготовки	5	5	5	15
Практическое задание	20	20	20	60
Тестирование	5	5	0	10
Итого максимум за период	35	35	30	100
Нарастающим итогом	35	70	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

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. Наноматериалы и нанотехнологии: учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С.А. Вологжанина, А.П. Петкова, О.Ю. Ганзуленко. - СПб. : Лань, 2020. - 372 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/149303/#1.

7.2. Дополнительная литература

1. Особенности физико-химических свойств нанопорошков и наноматериалов: учебное пособие / А. П. Ильин, А.В. Мостовщиков, А.В. Коршунов, Л.О. Роот. - 2-е изд., испр. и доп. - Томск : Издательство ТПУ, 2017. - 212 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/106760#1.

Согласована на портале № 85084

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

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

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, 117 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка совмещения и экспонирования ЩА-310;
- Установка для нанесения фоторезиста;
- Электронный микроскоп УЭМВ-100К;
- Дистиллятор воды;
- Лабораторное оборудование и приборы: микроскоп МБС-9, микроскоп стерео МС-1, микроинтерферометр МИИ-4, химическая посуда, реактивы;
- Учебная доска;
- Проектор Benq;
- Ноутбук ASUS;
- Экран для проектора;

Согласована на портале № 85084

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- LibreOffice;
- PDF-XChange Viewer;
- Windows XP;

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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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;
- 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)

Согласована на портале № 85084

1 Введение. История развития естественных наук, материаловедения и нанотехнологий	ОПК-1, ПК-7	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Терминология нанотехнологий и физической химии	ОПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Основы термодинамики и термохимии наноматериалов	ОПК-1, ПК-7	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Химическое и фазовое равновесие, растворы	ОПК-1, ПК-7	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Дисперсные системы, классификация и свойства	ОПК-1, ПК-7	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Методы получения наноматериалов	ОПК-1, ПК-7	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Методы исследования наноматериалов, структура наночастиц	ПК-7	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Применение наночастиц и наноматериалов	ОПК-1, ПК-7	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

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

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.

Согласована на портале № 85084

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

1. Что определяет наноматериал как объект изучения нанотехнологий?
   а) Исключительно его химический состав.
   б) Наличие специальных каталитических свойств.
   в) Размер хотя бы одного из его измерений в диапазоне приблизительно 1-100 нм.
   г) Принадлежность к неорганическим веществам.
2. Какое фундаментальное физическое явление проявляется в наноматериалах из-за их малого размера и приводит, например, к изменению ширины запрещенной зоны в полупроводниках?
   а) Эффект Доплера.
   б) Квантовое ограничение.
   в) Сверхпроводимость.
   г) Термоэлектрический эффект.
3. Почему наноструктурированные материалы часто обладают значительно большей удельной поверхностью по сравнению с их массивными аналогами?
   а) Из-за более высокой плотности атомов.
   б) Из-за изменения кристаллической структуры на наноуровне.
   в) Потому что доля атомов, находящихся на поверхности, резко возрастает при уменьшении размера частиц.
   г) Из-за наличия магнитных свойств.
4. Какой метод синтеза тонких пленок наиболее широко используется в микро- и наноэлектронике для осаждения материалов (например, диэлектриков, металлов) с высокой точностью контроля толщины и состава?
   а) Золь-гель процесс.
   б) Механическое измельчение.
   в) Химическое осаждение из газовой фазы (CVD - Chemical Vapor Deposition).
   г) Электрофоретическое осаждение.
5. Какой тип углеродного наноматериала обладает двумерной гексагональной решеткой атомов углерода и исключительными электронными свойствами (высокая подвижность носителей, баллистический транспорт)?
   а) Фуллерен (C60).
   b) Углеродная нанотрубка.
   c) Графен.
   d) Алмазная нанопленка.
6. Какое уникальное оптическое явление характерно для наночастиц благородных металлов (например, Au, Ag) и используется в сенсорике и плазмонике?
   а) Фотолюминесценция.
   б) Плазмонный резонанс.
   в) Эффект Комптона.
   г) Электрохромизм.
7. Что из перечисленного является примером одномерного (1D) наноматериала?
   а) Наночастица сферической формы.
   б) Графеновый лист.
   в) Нанопроволока.
   г) Тонкая полимерная пленка толщиной 50 нм.
8. Золь-гель синтез - это метод получения наноматериалов, основанный на:
   а) Испарении и конденсации материала в вакууме.
   б) Электролизе расплавленных солей.
   с) Химической трансформации прекурсоров (часто металлоорганических) в коллоидный

Согласована на портале № 85084

раствор (золь), который затем превращается в гель.
д) Ударном сжатии вещества.

9. Какое свойство наноструктурированных материалов является ключевым для их применения в качестве высокочувствительных сенсоров (газовых, биологических)?
а) Высокая твердость.
б) Сверхпроводимость при комнатной температуре.
в) Высокая удельная поверхность, позволяющая эффективно взаимодействовать с анализируемыми молекулами.
г) Ферромагнетизм.
10. Какой метод микроскопии позволяет визуализировать расположение атомов на поверхности проводящих или полупроводящих материалов?
а) Сканирующая электронная микроскопия.
б) Оптическая микроскопия в ультрафиолетовом диапазоне.
в) Сканирующая туннельная микроскопия.
г) Рентгенофлуоресцентный анализ.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Объясните феномен "квантового ограничения". Почему он возникает в наноструктурах? Приведите конкретный пример (например, из области полупроводников) и объясните, как это явление используется или может быть использовано в устройствах наноэлектроники или оптоэлектроники.
2. Опишите принцип работы и основные преимущества метода химического осаждения из газовой фазы для получения наноструктурированных материалов. Почему этот метод является одним из основных в современной микро- и наноэлектронике? Приведите пример материала или структуры, получаемой этим методом.
3. Объясните, почему удельная поверхность является критически важной характеристикой для большинства наноструктурированных материалов. Как высокая удельная поверхность влияет на физические и химические свойства материалов? Приведите примеры применения наноматериалов в электронике или смежных областях, где высокая удельная поверхность играет ключевую роль.
4. Опишите принцип работы сканирующей туннельной микроскопии. Каковы основные ограничения этого метода?
5. Выберите один из следующих наноматериалов: квантовые точки, углеродные нанотрубки или графен. Опишите его структурные особенности. Объясните, какими физико-химическими свойствами он обладает благодаря своей наноструктуре. Каковы перспективы или уже существующие применения этого материала в микро- и наноэлектронике?

9.1.3. Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки

1. Основные термины нанотехнологий согласно действующих ГОСТ (ISO).
2. Начала термодинамики, закон Гесса, виды теплоемкости и закон Кирхгофа для тепловых процессов.
3. Основные термины коллоидной химии, примеры образования и стабилизации коллоидных систем.
4. Классификация и примеры дисперсных систем, условия их стабильности.
5. Методы получения и анализа наночастиц.

9.1.4. Темы практических заданий

1. Терминология нанотехнологий.
2. Термохимические расчеты реакций.
3. Дисперсные системы.
4. Расчет физико-химических процессов синтеза наноматериалов.
5. Обработка результатов экспериментальных исследований наноматериалов.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление

Согласована на портале № 85084

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 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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;

Согласована на портале № 85084

– 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 № 85084

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ИРЭТ
протокол № 8 от «20» 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Согласовано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a
Заведующий обеспечивающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Профессор, каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Согласовано, dd1f7cbe-1ce6-48e6-b40d-074633a5bd8a
Доцент, каф. ПрЭ	Д.О. Пахмурин	Согласовано, ce9e048a-2a49-44a0-b2ab-bc9421935400

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ФЭ	А.В. Мостовщиков	Разработано, 12b8ccf2-4949-4991-b8b4-96d4ef60ed2d

Согласована на портале № 85084