

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	108	108	часов
(включая промежуточную аттестацию)	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 общинженерных 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		

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 термодинамических 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					

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	

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	

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		

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.

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	E (посредственно)
	60 – 64	
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>.

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;

- 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)
------------------------------------	-------------------------	----------------	--------------------------

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.

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) Термoeлектрический 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 наномасштабе.
 - 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 нанoeлектронике 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).
 - б) Углеродная нанотрубка.
 - с) Графен.
 - д) Алмазная нанопленка.
6. Какое уникальное оптическое явление характерно для наночастиц благородных металлов (например, Au, Ag) и используется в сенсорики и плазмонике?
 - а) Фотoluminesценция.
 - 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

- 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

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;

- 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.

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
--------------------	------------------	--