

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

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

**УТВЕРЖДАЮ**

**И.о. проректора по УРиМД**

**Нариманова Г.Н.**

**«05» 03 2025 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ХИМИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Направление подготовки / специальность: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

**Направленность (профиль) / специализация: Электроника, микроэлектроника и  
программирование цифровых устройств**

**Форма обучения: очная**

**Факультет: Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**

**Кафедра: институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**

**Курс: 2**

**Семестр: 4**

**Учебный план набора 2025 года**

**Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

<b>Виды учебной деятельности</b>	<b>4 семестр</b>	<b>Всего</b>	<b>Единицы</b>
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	48	48	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

**Формы промежуточной аттестации**

**Семестр**

**Экзамен** 4

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Нариманова Г.Н.  
Должность: И.о. проректора по УРиМД  
Дата подписания: 05.03.2025  
Уникальный программный ключ:  
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83710

## **1. Общие положения**

### **1.1. Цели дисциплины**

1. Формирование у студентов компетенций, современных научных представлений и практических навыков синтеза в области химии материалов электроники.

### **1.2. Задачи дисциплины**

1. Приобретение базовых знаний закономерностей протекания физико-химических процессов при создании и обработке материалов электроники.

2. Приобретение навыков расчета физико-химических процессов синтеза материалов электроники.

3. Формирование практических навыков планирования и реализации отдельных химико-технологических операций получения материалов и изделий электроники.

### **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.01.02.01.

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
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-6. Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПК-6.1. Знает технологические основы производства материалов и изделий электронной техники	Знает химические основы технологий производства материалов и изделий электронной техники
	ПК-6.2. Умеет выполнять отдельные технологические операции по производству материалов и изделий электронной техники	Умеет выполнять отдельные химико-технологические операции производства материалов и изделий электронной техники
	ПК-6.3. Владеет навыками построения технологических маршрутов химических процессов изготовления материалов и изделий электронной техники	Владеет навыками построения технологических маршрутов химических процессов изготовления материалов и изделий электронной техники

### **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 4 зачетных единиц, 144 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
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	60	60
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	48	48
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	10	10
Написание отчета по лабораторной работе	6	6
Выполнение практического задания	10	10
Подготовка к тестированию	8	8
Выполнение индивидуального задания	8	8
Выполнение кейс-задания / проекта	6	6
<b>Подготовка и сдача экзамена</b>	36	36
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	144	144
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	4	4

## 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	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
<b>4 семестр</b>						
1 Термодинамика и термохимия	6	4	8	8	26	ПК-6
2 Химическое и фазовое равновесие	4	4	-	10	18	ПК-6
3 Теория растворов	6	4	-	6	16	ПК-6
4 Основы электрохимии	6	2	8	9	25	ПК-6
5 Основы химико-технологических процессов	4	4	-	15	23	ПК-6
Итого за семестр	26	18	16	48	108	
Итого	26	18	16	48	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
<b>4 семестр</b>			

1 Термодинамика и термохимия	Теоретические основы термодинамики и термохимии, применение в технологиях получения материалов электронной техники	6	ПК-6
	Итого	6	
2 Химическое и фазовое равновесие	Теоретические основы химического и фазового равновесия, анализ фазовых диаграмм	4	ПК-6
	Итого	4	
3 Теория растворов	Растворы электролитов и неэлектролитов и их свойства, способы выражения концентрации растворов, элементы колloidной химии	6	ПК-6
	Итого	6	
4 Основы электрохимии	Теория электрохимических процессов, коррозия и гальваника	6	ПК-6
	Итого	6	
5 Основы химико-технологических процессов	Химико-технологические основы процессов получения материалов и изделий микроэлектроники	4	ПК-6
	Итого	4	
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
<b>4 семестр</b>			
1 Термодинамика и термохимия	Расчет термодинамических и термохимических процессов получения материалов электронной техники	4	ПК-6
	Итого	4	
2 Химическое и фазовое равновесие	Расчет констант скоростей реакций, анализ фазовых диаграмм	4	ПК-6
	Итого	4	
3 Теория растворов	Расчет концентраций растворов, физико-химические свойства растворов	4	ПК-6
	Итого	4	
4 Основы электрохимии	Расчет электрохимических процессов	2	ПК-6
	Итого	2	

5 Основы химико-технологических процессов	Теоретический расчет и планирование химико-технологических операций получения материалов и изделий электронной техники	4	ПК-6
	Итого	4	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>4 семестр</b>			
1 Термодинамика и термохимия	Диаграмма плавкости двухкомпонентной системы	8	ПК-6
	Итого	8	
4 Основы электрохимии	Электролиз	8	ПК-6
	Итого	8	
	Итого за семестр	16	
	Итого	16	

#### 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
<b>4 семестр</b>				
1 Термодинамика и термохимия	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-6	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-6	Отчет по лабораторной работе
	Выполнение практического задания	2	ПК-6	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПК-6	Тестирование
	Итого	8		

2 Химическое и фазовое равновесие	Выполнение индивидуального задания	4	ПК-6	Индивидуальное задание
	Подготовка к тестированию	2	ПК-6	Тестирование
	Выполнение практического задания	4	ПК-6	Практическое задание
	Итого	10		
3 Теория растворов	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-6	Индивидуальное задание
	Выполнение практического задания	2	ПК-6	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПК-6	Тестирование
	Итого	6		
4 Основы электрохимии	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-6	Индивидуальное задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-6	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-6	Тестирование
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-6	Отчет по лабораторной работе
	Итого	9		
5 Основы химико-технологических процессов	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	4	ПК-6	Лабораторная работа
	Выполнение практического задания	2	ПК-6	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-6	Тестирование
	Выполнение кейс-задания / проекта	6	ПК-6	Кейс-задание / проект
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-6	Отчет по лабораторной работе
	Итого	15		
	Итого за семестр	48		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен

Итого	84	
-------	----	--

### **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.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-6	+	+	+	+	Индивидуальное задание, Кейс-задание / проект, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Практическое задание, Тестирование, Экзамен

## **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
<b>4 семестр</b>				
Индивидуальное задание	0	0	10	10
Лабораторная работа	5	5	0	10
Практическое задание	5	5	0	10
Тестирование	5	5	0	10
Кейс-задание / проект	0	0	20	20
Отчет по лабораторной работе	5	5	0	10
Экзамен				30
Итого максимум за период	20	20	30	100
Наращающим итогом	20	40	70	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. Химия: учебник и практикум для вузов / Т. В. Мартынова, И. В. Артамонова, Е. Б. Годунов ; рец.: Н. В. Зык, И. Г. Горичев ; ред. Т. В. Мартынова. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - М. : Юрайт, 2020. - 368 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://urait.ru/viewer/himiya-450500#page/1>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Химия: Учебное пособие / Е. В. Чикин - 2012. 170 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1138>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Химия: учебник и практикум для вузов / Т. В. Мартынова, И. В. Артамонова, Е. Б. Годунов ; рец.: Н. В. Зык, И. Г. Горичев ; ред. Т. В. Мартынова. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - М. : Юрайт, 2020. - 368 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: .

2. Лабораторные работы по химии: Учебно-методическое пособие / Е. В. Чикин - 2012. 78 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3020>.

#### 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-dannyyh>.

## 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 МИЙ-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 лабораторных работ**

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 МИЙ-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;

## **8.4. 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.

## **8.5. 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 комфорtnого 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 Термодинамика и термохимия	ПК-6	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
2 Химическое и фазовое равновесие	ПК-6	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Теория растворов	ПК-6	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Основы электрохимии	ПК-6	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

5 Основы химико-технологических процессов	ПК-6	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Кейс-задание / проект	Примерный перечень тематик кейс-заданий / проектов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

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 осуществляющее 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 <b>ориентирования</b> , 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 <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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

- При получении кремния методом карботермического восстановления  $\text{SiO}_2$  протекает реакция:  $\text{SiO}_2(\text{тв}) + 2\text{C}(\text{тв}) \rightarrow \text{Si}(\text{тв}) + 2\text{CO}(\text{г})$ . Какое термодинамическое условие является необходимым (но не всегда достаточным) для самопроизвольного протекания этой реакции при постоянных температуре и давлении?
  - $\Delta H < 0$
  - $\Delta S > 0$
  - $\Delta G < 0$  (+)
  - $T\Delta S > \Delta H$
- Для какой из перечисленных реакций, используемых в микроэлектронике, стандартная энталпия образования  $\Delta H^\circ_f$  продукта реакции равна стандартной энталпии самой реакции  $\Delta H^\circ_r$ ?
  - $\text{Si}(\text{тв}) + 2\text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow \text{SiCl}_4(\text{г})$
  - $4\text{Al}(\text{тв}) + 3\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{тв})$  +
  - $\text{Ga}(\text{тв}) + \text{As}(\text{тв}) \rightarrow \text{GaAs}(\text{тв})$
  - $\text{SiO}_2(\text{тв}) + 4\text{HF}(\text{ж}) \rightarrow \text{SiF}_4(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
- Рассматривая бинарную диаграмму состояния Si-Ge. Какое утверждение верно?
  - Система Si-Ge характеризуется наличием химического соединения.
  - Кремний и германий образуют непрерывный ряд твердых растворов. (+)
  - На диаграмме присутствует эвтектическая точка.
  - Температура плавления сплавов всегда ниже температуры плавления чистого Ge.
- Константа равновесия ( $K_p$ ) реакции гетерогенного восстановления оксида вольфрама водородом  $\text{WO}_3(\text{тв}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{W}(\text{тв}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г})$  зависит от:
  - Концентрации  $\text{WO}_3(\text{тв})$
  - Концентрации W(тв)
  - Парциального давления  $\text{H}_2(\text{г})$  и  $\text{H}_2\text{O}(\text{г})$  (+)
  - Общего давления в системе
- Электропроводность разбавленного водного раствора KCl будет увеличиваться при:
  - Разбавлении раствора дистиллированной водой.
  - Понижении температуры.
  - Добавлении кристаллов сахара ( $\text{C}_12\text{H}_22\text{O}_11$ ).
  - Повышении температуры. (+)

6. Какой процесс лежит в основе устойчивости золя золота (красного), используемого в некоторых сенсорах и наноэлектронных приложениях?
  - а) Седиментация частиц под действием силы тяжести.
  - б) Агрегация частиц в крупные кластеры.
  - в) Электростатическое отталкивание заряженных частиц (образование двойного электрического слоя). (+)
  - г) Высокая вязкость дисперсионной среды.
7. При электролитическом осаждении меди (Cu) на кремниевую подложку в процессе гальваники:
  - а) Подложка является катодом, где происходит восстановление  $Cu^{2+}$  до Cu. (+)
  - б) Подложка является анодом, где происходит окисление Cu до  $Cu^{2+}$ .
  - в) Подложка является катодом, где происходит окисление воды до  $O_2$ .
  - г) Подложка является анодом, где происходит восстановление  $Cu^{2+}$  до Cu.
8. Электрохимическая коррозия алюминиевой контактной площадки на чипе в присутствии влаги и электролита происходит потому, что:
  - а) Алюминий имеет высокий положительный стандартный электродный потенциал.
  - б) Алюминий образует нерастворимый защитный оксидный слой, который всегда идеально стабилен.
  - в) На поверхности алюминия возникают локальные анодные (где  $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ ) и катодные (например,  $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ ) участки. (+)
  - г) Алюминий химически инертен и не взаимодействует с кислородом.
9. Какое преимущество химического осаждения из газовой фазы (CVD) перед физическим осаждением из газовой фазы (PVD) чаще всего является решающим при получении высококачественных диэлектрических пленок (например,  $SiO_2$ ,  $Si_3N_4$ ) в микроэлектронике?
  - а) Более высокая скорость осаждения.
  - б) Возможность осаждения при более низких температурах.
  - в) Лучшая ступенчатая (конформная) покрывающая способность сложного рельефа. (+)
  - г) Отсутствие необходимости в высоком вакууме.
10. ЭДС гальванического элемента, составленного из стандартных цинкового и медного электродов ( $Zn^{2+}/Zn$  и  $Cu^{2+}/Cu$ ), определяется выражением:
  - а)  $E = E^\circ(Cu^{2+}/Cu) - E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$
  - б)  $E = E^\circ(Zn^{2+}/Zn) - E^\circ(Cu^{2+}/Cu)$
  - в)  $E = E^\circ(Cu^{2+}/Cu) + E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$
  - г)  $E = E^\circ(Cu^{2+}/Cu) - E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$  (+)

### **9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов**

1. Теоретические основы термохимии.
2. Физико-химические основы химического равновесия.
3. Физико-химические основы фазового равновесия.
4. Свойства растворов электролитов.
5. Основы электрохимии.

### **9.1.3. Темы лабораторных работ**

1. Диаграмма плавкости двухкомпонентной системы
2. Электролиз

### **9.1.4. Темы практических заданий**

1. Выбрать реагенты и рассчитать тепловой эффект реакции синтеза вольфрамата цинка.
2. Выбрать реагенты и рассчитать тепловой эффект реакции синтеза молибдата кальция.
3. Выбрать реагенты и рассчитать тепловой эффект реакции синтеза алюмината стронция.
4. Выбрать реагенты и рассчитать тепловой эффект реакции синтеза феррита меди.
5. Выбрать реагенты и рассчитать тепловой эффект реакции синтеза феррита кобальта.

### **9.1.5. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий**

1. Опишите фазовую диаграмму системы "олово-свинец".

- Подберите исходные реагенты и рассчитайте параметры процесса золь-гель синтеза оксида титана.
- Подберите состав электролита и рассчитайте параметры процесса нанесения медного покрытия.
- Подберите состав электролита и рассчитайте параметры процесса анодирования алюминия.
- Составьте последовательность химических операций с указанием используемых реактивов процесса травления печатных плат.

#### **9.1.6. Примерный перечень тематик кейс-заданий / проектов**

- Подберите люминофор синего свечения, разработайте методику его получения.
- Подберите люминофор красного свечения, разработайте методику его получения.
- Разработайте методику получения ферромагнетика (на выбор).
- Выберите антикоррозионное покрытие для стального корпуса прибора и разработайте методику его нанесения.
- Разработайте методику чернения алюминиевого теплоотводящего радиатора.

#### **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 ФЭ  
протокол № 163 от «26» 11 2024 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c- b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	И.В. Кулинич	Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9- 8776-2e1f79c72b0a
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73

### ЭКСПЕРТЫ:

Директор, каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c- b856-20e4ba4f0e52
Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	И.В. Кулинич	Согласовано, d2a0f42b-ed8d-43b9- 8776-2e1f79c72b0a

### РАЗРАБОТАНО:

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