

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПРОЦЕССОВ**  
**ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**


<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.01.08
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	6 семестр - 3;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	108 часов
<b>Лекции</b>	6 семестр - 14 часов;
<b>Практические занятия</b>	6 семестр - 14 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	6 семестр - 16 часов;
<b>Самостоятельная работа</b>	6 семестр - 59,2 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	6 семестр - 4 часа;
<b>Иная контактная работа</b>	6 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсовой работы</b>	6 семестр - 0,3 часа;
<b>Экзамен</b>	6 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зайцев Ю.В.
	Идентификатор	Rb7a6cef7-ZaitsevYV-c77407dc

(подпись)


Ю.В. Зайцев

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З. Славинский

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Предметом изучения являются твердые кристаллические материалы, применяемые в электронике и их основные физико-химические свойства. В системе подготовки бакалавра по направлению "Электроника и нанoeлектроника" данная дисциплина является одной из фундаментальных, поскольку на свойствах кристаллических тел базируется технология изготовления твердотельных электронных приборов и микросхем. Дисциплина завершает цикл по изучению физических и химических свойств твердых тел, начатый курсами "Физика конденсированного состояния", "Материалы электронной техники". Целями освоения дисциплины являются изучение физико-химических основ получения материалов путем кристаллизации в различных условиях, методов описания и анализа фазовых равновесий, твердых растворов, процессов дефектообразования, диффузионных процессов и их влияния на полупроводниковые свойства.

### Задачи дисциплины

- задача 1. Предметом изучения являются твердые кристаллические материалы, применяемые в электронике и их основные физико-химические свойства. В системе подготовки бакалавра по направлению "Электроника и нанoeлектроника" данная дисциплина является одной из фундаментальных, поскольку на свойствах кристаллических тел базируется технология изготовления твердотельных электронных приборов и микросхем.;

- задача 2. Дисциплина завершает цикл по изучению физических и химических свойств твердых тел, начатый курсами "Материалы электронной техники". "Физика полупроводников", Физические основы нанокристаллических полупроводниковых материалов.;

- задача 3. Целями освоения дисциплины являются изучение физико-химических основ получения материалов путем кристаллизации в различных условиях, методов описания и анализа фазовых равновесий, твердых растворов, процессов дефектообразования, диффузионных процессов и их влияния на полупроводниковые свойства..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники	знать: - знать 1. зонную теорию, электронное строение атомов и молекул, типы дефектов.; - знать 2. основы теории химической связи в соединениях разных типов..  уметь: - уметь 1. проводить анализ функций, решать уравнения и системы дифференциальных и алгебраических уравнений применительно к реальным химическим процессам,; - уметь 2. применять методы математической физики при решении типовых профессиональных задач физической химии..
ПК-4 Способен участвовать в проектировании	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Использует средства автоматизации схемотехнического	знать: - знать 3. основные понятия и методы физики конденсированного состояния.; - знать 4. основные закономерности

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
интегральных схем	проектирования	<p>протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния.;</p> <p>- знать 5. методы классической и статистической химической термодинамики для описания различных равновесий..</p> <p>уметь:</p> <p>- уметь 3. использовать основные химические законы.;</p> <p>- уметь 4. использовать термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической и физической химии для решения профессиональных задач.;</p> <p>- уметь 5. использовать методы построения математических моделей типовых профессиональных задач..</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнология в электронике (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий.	13	6	4	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "раздел 1" <b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а</p>
1.1	тема 1. Термодинамика фазовых равновесий.	13		4	-	4	-	-	-	-	-	-	5	

													<p>так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "раздел 1" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "раздел 1" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу раздел 1 и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "раздел 1" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

													<p>выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "раздел 1"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "раздел 1". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 42-387 [2], 8-121 [3], 9-212 [4], 15=212</p>
2	раздел 2. Дефектообразование.	11	3	-	3	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "раздел 2"</p>
2.1	тема 2. Дефектообразование.	11	3	-	3	-	-	-	-	-	5	-	<p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции.</p>

																								<p>Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "раздел 2" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "раздел 2" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---



													<p>доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу раздел 2 и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "раздел 2" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "раздел 2"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "раздел 2". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

														по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 42-387 [2], 8-121 [3], 9-212 [4], 15=212
3	раздел 3. Диффузионные процессы.	13	4	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "раздел 3" <b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:	
3.1	тема 3. Диффузионные процессы.	13	4	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в	

																			разделе "раздел 3" материалу. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "раздел 3" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу раздел 3 и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "раздел 3" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Проведение эксперимента:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

													<p>следующее оборудование:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "раздел 3"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "раздел 3". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 42-387 [2], 8-121 [3], 9-212 [4], 15=212</p>
4	раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.	12.7	3	-	3	-	-	-	-	-	6.7	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "раздел 4"</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных</p>
4.1	тема 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.	12.7	3	-	3	-	-	-	-	-	6.7	-	

													<p>показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "раздел 4" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "раздел 4" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка доклада, выступления:</u></b> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



													предлагаются следующие варианты: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 42-387 [2], 8-121 [3], 9-212 [4], 15=212
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	22.3	-	-	-	14	-	4	-	0.3	4	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>14</b>	-	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	-	<b>0.8</b>	<b>25.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>14</b>	-	<b>14</b>	<b>16</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>59.2</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий.

1.1. тема 1. Термодинамика фазовых равновесий.

(1) Термодинамическая характеристика фазы и фазовых равновесий: термодинамические потенциалы и характеристические функции; уравнение состояния систем; критерии направления процесса и условия равновесия в системах; фазовые переходы первого и второго рода; диаграммы состояния полупроводниковых систем и методы их получения; P-T-X диаграммы; термодинамика растворов: классификация, теория активности и теория избыточных функций, прогнозирование типа диаграмм состояния с помощью изотерм концентрационной зависимости свободной энергии Гиббса..

#### 2. раздел 2. Дефектообразование.

2.1. тема 2. Дефектообразование.

(2). Общая классификация дефектов. Точечные дефекты. Дефекты по Шоттки и Френкелю, равновесие дефектов, дефекты нестехиометрии. Влияние дефектов на зонную структуру. Физико-химическое управление типом и концентрацией дефектов нестехиометрии в полупроводниках; квазихимический метод расчета концентрации дефектов и носителей заряда..

#### 3. раздел 3. Диффузионные процессы.

3.1. тема 3. Диффузионные процессы.

(3). Химическая и диффузионная кинетика; энергетика кристаллической решетки атомных и ионных кристаллов. Кинетическое рассмотрение процесса. Механизмы диффузии. Коэффициент диффузии и факторы его определяющие. Гетеродиффузия, эффект Киркендаля-Френкеля. Элементы диффузионной кинетики..

#### 4. раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.

4.1. тема 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.

(4). Методы физико-химического анализа фазовых равновесий. Диаграммы состояния 2-х компонентных систем с эвтектикой. Ход кристаллизации. Диаграммы состояния 2-х компонентных систем с неограниченной растворимостью. Ход кристаллизации. Твердые растворы с ограниченной растворимостью и эвтектикой. Ход кристаллизации. Твердые растворы с ограниченной растворимостью и перитектикой. Ход кристаллизации. Системы, образующие одно соединение, плавящееся без разложения. Ход кристаллизации. Конгруэнтное плавление с образованием твердых растворов. Ход кристаллизации. Инконгруэнтное плавление соединений. Ход кристаллизации..

### 3.3. Темы практических занятий

1. 2. Фазовое равновесие в двухкомпонентных системах. T-X диаграммы;
2. 7. Методы классической и статистической химической термодинамики для описания различных равновесий.;
3. 6. Основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния.;;
4. 5.. Решение диффузионно-кинетических задач;
5. 4.. Дефекты нестехиометрии. Зависимость концентрации дефектов от давления пара собственных компонентов и температуры;
6. 3. P-T-X диаграммы двухкомпонентных систем;



7. 1. Фазовое равновесие в однокомпонентных системах. Уравнение Клаузиуса – Клайперона.

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПП)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "раздел 1"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "раздел 2"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "раздел 3"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "раздел 4"

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "раздел 1"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "раздел 2"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "раздел 3"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "раздел 4"

#### Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "раздел 1"
2. Консультации проводятся по разделу "раздел 2"
3. Консультации проводятся по разделу "раздел 3"
4. Консультации проводятся по разделу "раздел 4"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "раздел 1"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "раздел 2"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "раздел 3"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "раздел 4"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 6 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Расчет температурных зависимостей энтальпии, энтропии и теплоемкости исходных веществ 1) алюминия и платины
- Расчет температурных зависимостей энтальпии, энтропии и теплоемкости исходных веществ 2) кремния и золота
- Расчет температурных зависимостей энтальпии, энтропии и теплоемкости исходных веществ ) иридия и вольфрама

**График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 3	4 - 7	8 - 10	11 - 13	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	раздел 1 Определение температурной зависимости теплоемкости исходных веществ
2	раздел 2 Определение температурной зависимости энтальпии исходных и конечных веществ
3	раздел 3 Определение температурной зависимости энтропии исходных и конечных веществ
4	раздел 4 Определение температурной зависимости энергии Гиббса исходных и конечных веществ

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
знать 2. основы теории химической связи в соединениях разных типов.	ИД-1пк-3	+				Контрольная работа/КМ-1. Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий.
знать 1. зонную теорию, электронное строение атомов и молекул, типы дефектов.	ИД-1пк-3	+				Контрольная работа/КМ-1. Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий.
знать 5. методы классической и статистической химической термодинамики для описания различных равновесий.	ИД-1пк-4		+			Контрольная работа/КМ-2 Раздел 2. Дефектообразование.
знать 4. основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния.	ИД-1пк-4		+			Контрольная работа/КМ-2 Раздел 2. Дефектообразование.
знать 3. основные понятия и методы физики конденсированного состояния.	ИД-1пк-4		+			Контрольная работа/КМ-2 Раздел 2. Дефектообразование.
<b>Уметь:</b>						
уметь 2. применять методы математической физики при решении типовых профессиональных задач физической химии.	ИД-1пк-3			+		Контрольная работа/КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы.
уметь 1. проводить анализ функций, решать уравнения и системы дифференциальных и алгебраических уравнений применительно к реальным химическим процессам,	ИД-1пк-3			+		Контрольная работа/КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы.
уметь 5. использовать методы построения математических моделей типовых профессиональных задач.	ИД-1пк-4				+	Контрольная работа/КМ-4. Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.
уметь 4. использовать термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической и физической химии для решения профессиональных задач.	ИД-1пк-4				+	Контрольная работа/КМ-4. Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.
уметь 3. использовать основные химические законы.	ИД-1пк-4				+	Контрольная работа/КМ-4. Раздел 4. Методы физико-химического анализа

						фазовых равновесий.
--	--	--	--	--	--	---------------------

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**6 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-2 Раздел 2. Дефектообразование. (Контрольная работа)
2. КМ-4. Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий. (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий. (Контрольная работа)
2. КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы. (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №6)

стандартные

Курсовая работа (КР) (Семестр №6)

пппппппппппппппппп

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Барыбин, А. А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : учебное пособие для вузов по направлениям 550700 и 654100 "Электроника и микроэлектроника" / А. А. Барыбин . – М. : Физматлит, 2006 . – 424 с. - ISBN 5-922106-79-1 .;
2. Васюкова А. Н., Задачаина О. П., Насонова Н. В., Перепёлкина Л. И.- "Типовые расчеты по физической и коллоидной химии", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (144 с.) <https://e.lanbook.com/book/211541>;
3. Акулова Ю. П., Изотова С. Г., Проскурина О. В., Черепкова И. А.- "Физическая химия. Теория и задачи", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (228 с.) <https://e.lanbook.com/book/185893>;
4. В. В. Луков, А. Н. Морозов- "Физическая химия", (2-е изд., расшир. и доп.), Издательство: "Южный федеральный университет", Ростов-на-Дону, Таганрог, 2018 - (238 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561130>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;

4. Майнд Видеоконференции;
5. Jupiter Notebook;
6. Jupyter.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Помещения для самостоятельной работы	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие
Помещения для консультирования	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физическая химия материалов и процессов электронной техники

(название дисциплины)

#### 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 КМ-1. Раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий. (Контрольная работа)

КМ-2 КМ-2 Раздел 2. Дефектообразование. (Контрольная работа)

КМ-3 КМ-3. Раздел 3. Диффузионные процессы. (Контрольная работа)

КМ-4 КМ-4. Раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий. (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	7	10	13
1	раздел 1. Термодинамика фазовых равновесий.					
1.1	тема 1. Термодинамика фазовых равновесий.		+			
2	раздел 2. Дефектообразование.					
2.1	тема 2. Дефектообразование.			+		
3	раздел 3. Диффузионные процессы.					
3.1	тема 3. Диффузионные процессы.				+	
4	раздел 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.					
4.1	тема 4. Методы физико-химического анализа фазовых равновесий.					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Физическая химия материалов и процессов электронной техники

(название дисциплины)

### 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Км-1 Определение температурной зависимости теплоемкости исходных веществ
- КМ-2 Км-2 Определение температурной зависимости энтальпии исходных и конечных веществ
- КМ-3 Км-3 Определение температурной зависимости энтропии исходных и конечных веществ
- КМ-4 Км-4 Определение температурной зависимости энергии Гиббса исходных и конечных веществ

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	7	10	13
1	раздел 1 Определение температурной зависимости теплоемкости исходных веществ		+			
2	раздел 2 Определение температурной зависимости энтальпии исходных и конечных веществ			+		
3	раздел 3 Определение температурной зависимости энтропии исходных и конечных веществ				+	
4	раздел 4 Определение температурной зависимости энергии Гиббса исходных и конечных веществ					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25