

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра композиционных  
материалов и физико-химии  
металлургических процессов  
(КМФХМЦ ТФ)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра композиционных  
материалов и физико-химии  
металлургических процессов  
(КМФХМЦ ТФ)**

наименование кафедры

**Шиманский А.Ф.**

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ  
МАТЕРИАЛОВ**

Дисциплина Б1.В.03 Физическая химия неорганических материалов

Направление подготовки / 22.03.01 Материаловедение и технологии  
специальность материалов профиль подготовки

Направленность (профиль) 02 03 01 00 02 Физико-химия материалов и

Форма обучения очная

Год набора 2020

Красноярск 2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

220000 «ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ»

---

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

---

профиль подготовки 22.03.01.00.02 Физико-химия материалов и процессов

---

Программу  
составили

канд.хим.наук, доцент, Васильева М.Н.

---

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование знаний, умений и навыков, позволяющих проводить анализ процессов получения неорганических материалов и осуществлять регулирование их свойств; освоение теоретических основ твердофазных превращений; формирование представлений о влиянии дефектности на реакционную способность, физические и физико-химические свойства веществ.

Предметом курса являются физико-химические закономерности твердофазных превращений, представления о влиянии дефектности на реакционную способность, физические и физико-химические свойства конденсированных фаз.

Объектами изучения являются: металлы, сплавы, химические соединения, полупроводники, а также физические и физико-химические явления, сопровождающие процессы их получения, обработки и эксплуатации.

Методологическая концепция курса базируется на том, что регулярное строго периодическое кристаллическое строение является идеализированной схемой. Реальные кристаллы неизбежно содержат различного рода отклонения, за которыми укрепились представления, как о дефектах, создающих структурное разупорядочение, определяющее характер ионных процессов, физические свойства кристаллов и их эксплуатационные характеристики: механические, электрические, оптические и многие другие.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Основной задачей изучения дисциплины является формирование компетенций, позволяющих проводить анализ процессов получения неорганических материалов и регулирование их свойств.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ОПК-3:готовностью применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности</b>	
Уровень 1	знать базовую терминологию, относящуюся к химической термодинамике и кинетике, основные понятия и законы термодинамики, области их использования;
Уровень 2	знать структурные особенности твердых тел, связанные с наличием

	дефектных состояний
Уровень 1	уметь использовать взаимосвязь свойств веществ и структуры для формирования эксплуатационных характеристик материалов.
Уровень 1	владеть методами использования взаимосвязи физических свойств веществ с дефектной структурой для формирования заданных эксплуатационных характеристик современных материалов.
<b>ОПК-4: способностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач</b>	
Уровень 1	знать закономерности протекания твердофазных химических процессов и явлений переноса с участием дефектов;
Уровень 2	знать характер влияния дефектности на реакционную способность и физико-химические свойства твердых тел.
Уровень 1	уметь применять теоретические знания для анализа физико-химических процессов.
Уровень 1	владеть методами использования структурного анализа и определения физических и физико-механических свойств материалов, техники проведения экспериментов и статистической обработки экспериментальных данных.
<b>ПК-4: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</b>	
Уровень 1	знать закономерности структурообразования, фазовые превращения в материалах, влияние структурных характеристик на свойства материалов
Уровень 2	знать принципы использования термодинамического подхода для анализа физико-химических процессов
Уровень 1	уметь проводить физико-химический анализ процессов
Уровень 1	владеть методами оценки основных параметров веществ с использованием физико-химических моделей

#### 1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физическая химия неорганических материалов» относится к циклу обязательных дисциплин вариативной части учебного плана.

Для изучения дисциплины «Физическая химия неорганических материалов» студентам необходимо усвоить следующие базовые дисциплины:

- Физика
- Химия
- Математика
- Физическая химия

Знания, умения и навыки, полученные при изучении данного

курса, могут быть использованы при выполнении научно-исследовательских работ и выпускной квалификационной работы, при изучении таких дисциплин как

Теоретические основы и технологии получения перспективных материалов

Материаловедение керамических и композиционных материалов

Теория металлургических процессов

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	Семестр		
		4	5	6
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>11 (396)</b>	<b>3 (108)</b>	<b>4 (144)</b>	<b>4 (144)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>4,5 (162)</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>
занятия лекционного типа	1,5 (54)	0,5 (18)	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа				
в том числе: семинары				
практические занятия	1,5 (54)	0,5 (18)	0,5 (18)	0,5 (18)
практикумы				
лабораторные работы	1,5 (54)	0,5 (18)	0,5 (18)	0,5 (18)
другие виды контактной работы				
в том числе: групповые консультации				
индивидуальные консультации				
иная внеаудиторная контактная работа:				
групповые занятия				
индивидуальные занятия				
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>4,5 (162)</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>
изучение теоретического курса (ТО)				
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)				
реферат, эссе (Р)				
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>2 (72)</b>		<b>1 (36)</b>	<b>1 (36)</b>

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Физикохимия электрохимических процессов	10	10	10	28	ОПК-3 ОПК-4 ПК-4
2	Кинетика гомогенных процессов	8	8	8	26	ОПК-3 ОПК-4
3	Классификация и основные физико-химические свойства твердых тел	3	2	0	10	ОПК-3
4	Теория растворов	3	4	8	10	ОПК-3 ОПК-4
5	Теория кристаллов с дефектами	4	6	0	16	ОПК-3 ОПК-4
6	Законы и механизмы диффузии. Термодинамика и кинетика взаимодействий и физико-химические модели систем и процессов	8	6	10	18	ОПК-3 ОПК-4
7	Дисперсные системы, термодинамика поверхностных явлений	18	18	18	54	ОПК-3 ОПК-4
Всего		54	54	54	162	

### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	<p>Физикохимия электрохимических процессов. Электролиты, классификация, свойства. Скорость движения ионов, подвижность, числа переноса. Удельная и эквивалентная электрическая проводимости. Влияние концентрации электролита на электроперенос. Электродные потенциалы и ЭДС гальванического элемента. Уравнение Нернста. Классификация электродов. Перенос электричества через электролиты. Твердые электролиты. Термодинамика гальванических элементов. Равновесный электродный потенциал и его зависимость от концентрации реагентов. Двойной электрический слой и электрокапиллярные эффекты. Ионная проводимость. Числа переноса ионов. Топливные элементы.</p>	10	0	0

2	2	<p>Основы формальной кинетики.  Кинетические уравнения формальной кинетики. Скорость реакции, константа скорости реакции.  Порядок реакции и ее молекулярность.  Кинетика простых реакций: первого, второго и n-го порядка.  Способы определения порядка реакции.  Уравнение Аррениуса.  Кинетика обратимых, параллельных и последовательных реакций.</p>	8	0	0
3	3	<p>Кристаллические и аморфные твердые тела.  Ионные, ковалентные, металлические и молекулярные кристаллы. Кристаллы с водородным типом связи. Твердые тела со структурной разупорядоченностью.  Строение и свойства стекол. Строение и свойства металлических стекол. Свойства твердых веществ. Связь структура – свойства.</p>	3	0	0

4	4	<p>Термодинамика растворов.  Термодинамическая классификация растворов. Типы твердых растворов (кристаллохимическая классификации).  Свойства идеальных растворов.  Термодинамические функции смешения.  Неидеальные растворы.  Классификация твердых растворов. Изоморфизм.  Типы, законы и термодинамика изоморфизма.</p>	3	0	0
---	---	---	---	---	---

5	5	<p>Реальная структура твердого тела. Дефекты кристаллического строения. Протяженные дефекты. Теория кристаллов с дефектами. Типы дефектов. Статистическая термодинамика дефектных кристаллов. Закон действующих масс для реакций между дефектами. Разупорядочение кристаллических твердых тел. Правила записи реакций с участием точечных дефектов. Собственное и примесное разупорядочение. Тепловые дефекты. Концентрация дефектов в твердом теле. Взаимосвязь дефектности и физических свойств твердого тела. Разупорядочение металлов и интерметаллических соединений. Методы исследования дефектов.</p>	4	0	0
---	---	--	---	---	---

6	6	<p>Явления переноса в кристаллах с дефектами. Законы и механизмы диффузии. Феноменологические уравнения. Первое уравнение Фика. Уравнение Аррениуса. Второе уравнение Фика. Краевые задачи. Решения второго уравнения Фика. Особенности решения для диффузии из бесконечно тонкого слоя диффузанта в бесконечное тело. Атомная теория диффузии. Модели диффузионных процессов в твердом теле. Диффузия при хаотических блужданиях. Самодиффузия. Химическая диффузия. Взаимосвязь коэффициентов самодиффузии и химической диффузии. Теория Даркена. Взаимная диффузия в сплавах замещения. Эффект Киркендалла. Эффект Френкеля. Природа реакционной способности веществ. Термодинамика реакций с участием твердых тел. Кинетика роста твердых фаз. Феноменологические уравнения. Топохимические реакции. Реакции на границе раздела твердое тело – жидкость. Окисление металлов при замедленных межфазных процессах.</p>	8	0	0
---	---	--	---	---	---

7	7	<p>Классификация дисперсных систем. Поверхностное натяжение. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для внутренней (полной) энергии поверхностного слоя.</p> <p>Основные понятия: адсорбция, адсорбент, адсорбтив, абсорбат, десорбция. Природа адсорбционных явлений. Физическая и химическая адсорбция. Уравнения изотермы адсорбции Ленгмюра и Фрейндлиха. Теории Поляни и БЭТ. Расчет гиббсовской адсорбции по изменению концентрации в объеме. Уравнение Гиббса для адсорбции из разбавленных растворов. Поверхностная активность веществ и ее характеристика. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Адгезия и когезия. Уравнение Дюпре для работы адгезии. Угол смачивания (краевой угол) и закон Юнга. Связь работы адгезии с краевым углом (уравнение Дюпре-Юнга). Лиофильность и лиофобность поверхностей.</p> <p>Дифференциальная и интегральная теплоты смачивания.</p> <p>Гидрофобные материалы. Флотация. Электрокинетические явления: электрофорез и потенциал оседания, электроосмос и потенциал течения.</p> <p>Общая характеристика строения ДЭС.</p> <p>Уравнение Пуассона-</p>	18	0	0
---	---	---	----	---	---

Всего		54	0	0
-------	--	----	---	---

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	– свойства растворов электролитов; – подвижность ионов и числа переноса; – электропроводность растворов электролитов; – водородный показатель и произведение растворимости; – электропроводность твердых тел; – электродные потенциалы и электродвижущая сила гальванического элемента.	10	0	0
2	2	– основы кинетики гомогенных реакций; – методы определения порядка и константы скорости химической реакции; – влияние температуры на скорость реакции.	8	0	0
3	3	– классификация и основные свойства кристаллических тел; – величины, описывающие кристаллическую решетку; – правила записи кристаллографических координат; – уравнение Вульфа-Брегга и его физический смысл; – индексы интерференции.	2	0	0
4	4	– идеальные и реальные растворы; – химический потенциал компонента в растворе; – типы твердых растворов; – правило Вегарда.	4	0	0

5	5	– типы дефектов в кристаллических телах; – основные схемы разупорядочения; – правила записи реакций с участием дефектов.	6	0	0
6	6	– механизмы диффузии; – диффузионные характеристики и диффузионные параметры, уравнение Аррениуса; – первое и второе уравнения Фика; – статистическая термодинамика дефектных кристаллов; – закон действующих масс для реакций между дефектами; – кинетические закономерности гетерогенных реакций; – закон Таммана; – взаимосвязь концентрации дефектов и скорости топохимических реакций.	6	0	0
7	7	– дисперсные системы и их количественные характеристики; – поверхностное натяжение; – уравнения Юнга, Лапласа, Томсона-Кельвина; – виды и законы адсорбции; – явление смачивания.	18	0	0
Итого			54	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Потенциометрическое определение рН растворов.</li> <li>– Электропроводность растворов электролитов.</li> <li>– Определение ЭДС гальванического элемента.</li> <li>– Электропроводность твердых оксидных электролитов.</li> </ul>	10	0	0
2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Изучение кинетики реакции разложения перекиси водорода.</li> <li>– Определение константы скорости реакции второго порядка.</li> </ul>	8	0	0
3	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Изучение кинетики растворения и диффузии в водных растворах.</li> <li>– Определение теплоты образования твердого раствора из двух твердых компонентов.</li> </ul>	8	0	0
4	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Диффузия в многофазной системе.</li> <li>– Изучение кинетики топохимических реакций.</li> <li>– Высокотемпературное окисление металлов.</li> <li>– Изучение кинетики процессов травления.</li> </ul>	10	0	0
5	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Определение поверхностного натяжения жидкости.</li> <li>– Определение адсорбции уксусной кислоты углем.</li> <li>– Определение электрокинетического потенциала золь методом электрофореза.</li> <li>– Получение и коагуляция коллоидных растворов.</li> </ul>	18	0	0
Итого			54	0	0

## **5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Шиманский А. Ф., Шубин А. А.	Физикохимия твердого тела: учебное пособие для вузов по специальностям 070800 "Физикохимия процессов и материалов" и 01100 "Химия" по дисциплинам "Физикохимия неорганических материалов" и "Физикохимия неупорядоченных систем"	Красноярск: Красноярский университет цветных металлов и золота [ГУЦМиЗ], 2004
Л1.2	Стромберг А. Г., Семченко Д. П.	Физическая химия: учебник для студентов вузов, обуч. по химич. спец.	Москва: Высшая школа, 2006
Л1.3	Сумм Б. Д.	Основы коллоидной химии: учеб. пособие для студентов вузов	Москва: Академия, 2007
Л1.4	Шиманский А. Ф., Белоусова В. Н., Симонова Н. С., Васильева М. Н., Шубин А. А., Якимов И. С.	Физикохимия неорганических материалов: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: ИПК СФУ, 2009
Л1.5	Шиманский А. Ф., Подкопаев О. И., Молотковская Н. О.	Физика твердого тела: учеб.-метод. пособие [для курс., практич. и самостоят. работы студентов напр. 150100.68 «Материаловедение и технологии материалов»]	Красноярск: СФУ, 2013
Л1.6	Белоусова Н. В., Васильева М. Н., Симонова Н. С., Шиманский А. Ф.	Физическая химия: учебное пособие	Красноярск: СФУ, 2019
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Гильдебрандт Э. М., Белоусова Н. В.	Физическая химия: практикум	Красноярск: Красноярская академия цветных металлов и золота [ГАЦМиЗ], 2000
Л2.2	Гильдебрандт Э. М., Болдина Л. Г.	Физическая химия: метод. указ. к лаб. работам для студентов всех спец.	Красноярск: ГУЦМиЗ, 2006

Л2.3	Шиманский А. Ф.	Теоретические основы и технологии получения перспективных материалов: физическая химия керамических и композиционных материалов. Спекание: учеб. пособие для студентов по напр. подг. 020100 "Химия" и 150700 "Физическое материаловедение"	Красноярск: ИПК СФУ, 2009
Л2.4	Уваров Н. Ф.	Композиционные твердые электролиты: монография	Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008
Л2.5	Осокин Е. Н., Артемьева О. А., Верхотуров А. Г., Еромасов Р. Г.	Процессы порошковой металлургии: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: ИПК СФУ, 2008
Л2.6	Таскин В.Ю., Корягина Т.И., Перебоева А. А., Спиридонова М. Ф., Сапарова А. С., Ковалева А. А., Шиманский А. Ф.	Физика металлов: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: ИПК СФУ, 2008
Л2.7	Шиманский А. Ф., Белоусова Н. В., Васильева М. Н., Шубин А. А., Симонова Н. С., Якимов И. С., Бычков П. С.	Физикохимия неорганических материалов: учебно-методический комплекс дисциплины (№ 1825/69-2008)	Красноярск: СФУ, 2009
Л2.8	Чупахин А. П., Коренев С. В., Федотова Т. Д.	Химия в НГУ. Физическая химия: учебное пособие для студентов вузов	Новосибирск: НГУ, 2011
Л2.9	Белоусова Н. В., Белоусов О. В., Дидух С. Л., Чубаров А. В., Васильева М. Н., Денисов В. М., Шубин А. А., Денисова Л. Т.	Химическая кинетика: электронный учебно-методический комплекс по дисциплине (№ 1441-2008)	Красноярск: СФУ, 2009
Л2.1 0	Белоусова Н. В., Иртыго Л. А.	Химическая термодинамика: учеб.-метод. пособие для лаб. работ студентов направлений 020100.62 – химия; 020101.65 – химия; 020201.65 – фундаментальная и прикладная химия	Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012
Л2.1 1	Кнотько А. В., Пресняков И. А., Третьяков Ю. Д.	Химия твердого тела: учебное пособие по специальности 020101 (011000) "Химия"	Москва, 2006

Л2.1 2	Подкопаев О. И., Шиманский А. Ф., Павлюк Т. О.	Выращивание монокристаллов германия с контролируемой структурой, содержанием примесей и оптическими свойствами: монография	Красноярск: СФУ, 2017
<b>6.3. Методические разработки</b>			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Шиманский А. Ф., Савченко Н. С.	Физикохимия неорганических материалов: метод. указ. к лабор. работам для студентов спец. 070800 "Физикохимия процессов и материалов" и 011000 "Химия"	Красноярск: ГУЦМиЗ, 2004
Л3.2	Иртюго Л. А., Белоусова Н. В., Дидух-Шадрина С. Л.	Химическая кинетика: учебно-методическое пособие	Красноярск: СФУ, 2018
Л3.3	Симонова Н. С., Васильева М. Н., Болдина Л. Г.	Физическая и коллоидная химия: учебно-методическое пособие	Красноярск: СФУ, 2021

## **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость самостоятельной работы составляет 162 часа.

Самостоятельное изучение теоретического курса предполагает самостоятельную проработку студентами вопросов теоретического курса и электронных ресурсов по данной тематике, а также решение задач по темам пройденных практических занятий.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	нет.
-------	------

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	нет.
-------	------

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Кафедра располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов деятельности в процессе изучения дисциплины «Физическая химия неорганических материалов», соответствует требованиям государственного образовательного стандарта подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».