

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.01.ДВ.01.01 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ

Высокотемпературная физическая химия

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

04.04.01 Химия

Направленность (профиль)

04.04.01.07 Физическая химия

Форма обучения

очная

Год набора

2021

Красноярск 2022

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

д-р.хим.наук, профессор, В.М.Денисов

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Основная цель преподавания дисциплины «Высокотемпературная физическая химия» - формирование у обучающихся знаний о термодинамике высокотемпературных процессов, гетерогенного фазового равновесия, кинетики межфазных процессов, высокотемпературного тепло- и массообмена.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

основы термодинамического и кинетического анализа высокотемпературных процессов получения новых материалов;  
термодинамический анализ многокомпонентных систем и процессов;  
расчеты фазового и химического состава равновесных систем;  
оценка кинетических характеристик высокотемпературных процессов на основе представлений об их строении и свойствах;  
формирование представлений о современных высокотемпературных методах получения новых материалов.

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-4: Способен выбирать обоснованные подходы к синтезу и анализу свойств полифункциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами</b>	
ПК-4.1: Применяет знания о химических свойствах веществ, при анализе соотношения «состав - физико-химические свойства»	Знать основные химические свойства веществ Уметь применять знания химических свойств материалов при анализе соотношения "состав - физико-химические свойства" Владеть анализом соотношения "состав - физико-химические свойства"
ПК-4.2: Использует знания о закономерностях протекания химических процессов, состояния химического и фазового равновесия, закономерностях кинетики химических и каталитических реакций при разработке и анализе новых материалов	Знать закономерности протекания высокотемпературных химических процессов Знать состояния фазового равновесия при высоких температурах Уметь применять знания о фазовых равновесиях, закономерностях химических высокотемпературных реакций при разработке новых материалов Владеть навыками чтения фазовых диаграмм при анализе материалов

ПК-4.3: Вырабатывает стратегию поиска прототипов материалов, полифункционального назначения с учетом требований к их физико-химическим и эксплуатационным свойствам и возможных ограничений	Знать основные типы фазовых диаграмм Уметь соотносить физико-химические свойства материалов с диаграммами "состав-свойство" с целью прогнозирования эксплуатационных свойств и возможных ограничений Владеть стратегией поиска прототипов материалов полифункционального назначения
ПК-4.4: Разрабатывает и внедряет новые методики контроля, измерения и испытания, а также разработки и выбора материалов	Знать физико-химические основы получения материалов при высоких температурах Уметь выбирать необходимые методы испытания материалов Владеть физико-химическими основами для испытания материалов
ПК-4.5: Выполняет операции контроля, измерения свойств (инженерных, технологических, эксплуатационных) и испытания материалов на современном оборудовании	Знать методы измерения высокотемпературных свойств материалов Уметь проводить дифференциально-термический анализ Владеть навыками обработки данных после проведения испытания материалов
ПК-4.6: Анализирует и оценивает эффективность методов разработки и выбора материалов с учетом их свойств	Знать свойства анализируемых материалов Уметь анализировать методы разработки и выбора материалов с учетом их свойств Владеть навыками оценки эффективности методов разработки
ПК-4.7: Выбирает на основании знаний о физико-химических свойствах материалов способы термической или химико-термической обработки	Знать высокотемпературные физико-химические свойства материалов Уметь применять знания о термических свойствах материалов Владеть навыком выбора способа термической или химико-термической обработки материалов
<b>ПК-5: Способен к поиску и анализу научной информации по актуальным проблемам химии, анализу и обобщению отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования</b>	
ПК-5.1: Проводит поиск научной информации в специализированных базах данных	Знать мировые базы данных поиска научной информации Уметь проводить поиск научной информации в специализированных базах данных Владеть навыком отбора научной информации по заданной тематике
ПК-5.2: Анализирует современные тенденции и перспективы развития производств в области материаловедения и технологии материалов.	Знать перспективы развития производства и технологии материалов по заданной научной тематике Уметь анализировать собранную информацию в области материаловедения Владеть навыками анализа информации для прогнозирования перспективного направления

ПК-5.3: Анализирует и обобщает отечественный и зарубежный опыт по тематике проводимого исследования	Знать отечественные и мировые тенденции по заданной тематике Уметь анализировать и обобщать научный опыт в области заданной темы Владеть навыками обобщения и анализа отечественного и зарубежного опыта
ПК-5.4: Составляет аналитические обзоры, научные отчеты, обобщает и публикует результаты исследований	Знать правила оформления научных рефератов, обзоров Уметь составлять обзоры, рефераты по заданной теме Владеть навыком составления аналитического обзора или реферата

#### **1.4 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)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,5 (54)</b>	
занятия лекционного типа	0,5 (18)	
практические занятия	0,5 (18)	
лабораторные работы	0,5 (18)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,5 (54)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

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

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Высокотемпературные процессы в химии</b>									
	1. Введение Физическая химия высокотемпературных процессов и систем как теоретическая основа получения новых материалов.	1							
	2. Термодинамические функции (изменения энтальпии, энтропии; приведенная энергия Гиббса; влияние температуры на возможность протекания процессов).							4	

<p>3. Высокотемпературное окисление металлов. Термодинамический анализ. Особенности систем с конденсированными фазами переменного состава. Кинетика окисления металлов. Роль диффузии реагентов через образующийся оксидный слой и кристаллохимического превращения на границе металл-оксид. Формально-кинетическое уравнение процесса и его анализ. Кинетический и диффузионный режим реакции.</p>	2							
<p>4. Изучение кинетики окисления твердых металлов или сплавов кислородом воздуха. Кинетику взаимодействия металлов с кислородом изучают методом высокотемпературной гравиметрии при нескольких температурах. По полученным данным рассчитывают энергию активации процесса, устанавливают режим (диффузионный или кинетический). Устанавливают влияние легирования другим металлом.</p>				8				
<p>5. Общие кинетические закономерности окисления твердых металлов. Законы и механизмы окисления. Влияние температуры и степени полидисперсности на процесс окисления. Подготовка к выполнению и защите л.р.</p>						8		



6. Строение и свойства металлических, полупроводниковых и оксидных расплавов. Характеристика жидкого состояния. Особенности строения жидких металлов и полупроводников. Строение жидких оксидов. Физические свойства оксидных расплавов. Термодинамические расчеты на основе диаграмм состояния систем растворитель-оксид. Высокотемпературные расплавы-растворители для получения новых материалов спинтроники, электроники и оптоэлектроники.	2							
7. Типы диаграмм состояния, термодинамические расчеты на основе диаграмм состояния. Подготовка в выполнении и защите лабораторной работы							6	
8. Изучение высокотемпературной теплоемкости металлических оксидов методом ДСК					10			
9. Взаимодействие металлических и оксидных расплавов с газами. Термодинамический анализ взаимодействия газов с металлическими и полупроводниковыми расплавами. Кинетика растворения газов в расплавах. Относительные скорости окисления различных компонентов расплава.	2							
10. Кинетика окисления металлических расплавов. Законы окисления, константы скоростей. влияние легирования другими металлами.			8					
11. Внутрифазное окисление. Понятие о катастрофическом окислении металлов (сплавов).							8	

12. Строение и свойства границы металл-оксид. Межфазное натяжение и адсорбция компонентов. Адгезия и когезия. Угол смачивания. Влияние температуры на межфазное взаимодействие в системах металл - оксид металла. Основные уравнения, описывающие кинетику взаимодействия фаз.	2								
13. Практическое занятие-расчет высокотемпературной межфазной энергии. Методом лежащей капли определяют контактный угол. Рассчитывают работу адгезии.			2						
14. Межфазные взаимодействия на границе раздела металл-оксид (физадсорбция, хемосорбция, адгезионные взаимодействия). Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы).							8		
<b>2. Методы получения новых материалов.</b>									
1. Классификация методов выращивания кристаллов. Выращивание кристаллов в процессе твердофазного превращения в однокомпонентной системе.	2								
2. Диаграммы состояния однокомпонентных систем (аллотропические модификации на примере диаграммы состояния висмута).							8	6	
3. Рост кристаллов при фазовом переходе жидкость-твердое тело в однокомпонентной системе. Выращивание из расплава способом направленной кристаллизации. Метод Чохральского. Метод Вернейля. Плавление в холодном контейнере. Зонная плавка.	2								
4. Влияние примеси на процесс кристаллизации. Метод Бриджмена - Стокбаргера. Особенности метода Чохральского. Методы Киропулоса и Степанова.							8	7	

5. Выращивание кристаллов в процессе фазового перехода газ-твердое тело в однокомпонентной системе. Сублимация-конденсация. Напыление.	2							
6. Выращивание кристаллов в процессе твердофазного перехода в многокомпонентной системе.			2					
7. Выращивание кристаллов в процессе фазового перехода жидкость-твердое тело в многокомпонентной системе.	1							
8. Выращивание кристаллов из высокотемпературных растворов-расплавов.							4	
9. Выращивание кристаллов в процессе фазового перехода газ-твердое тело в многокомпонентной системе. Химические транспортные реакции. Газофазная эпитаксия. Химические реакции в газовой фазе.	2							
10. Выращивание эпитаксиальных слоев осаждением в вакууме. Подготовка к написанию итоговой контрольной работы.			6	5				
Всего	18		18	5	18		54	13

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Эткинс П. У., Паула Д. д., Лунин В. В., Полторац О. М. Физическая химия: Ч. 1. Равновесная термодинамика: в 3 частях : перевод с английского(Москва: Мир).
2. Пригожин И. Р., Дефэй Р., Михайлов В. А. Химическая термодинамика: монография(Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний).
3. Морачевский А. Г., Фирсова Е. Г. Физическая химия. Термодинамика химических реакций: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
4. Денисов В. М., Белецкий В. В., Бахвалов С. Г., Петрова Е. М. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: лабораторные работы для студентов химического факультета по специальности "Материаловедение и технология новых материалов". Курс 5, семестр 10 (Красноярск: Красноярский университет [КрасГУ]).
5. Старк Д. П., Трусов Л. И. Диффузия в твердых телах: пер. с англ. (Москва: Энергия).
6. Истомин С. А., Пастухов Э. А., Денисов В.М. Физико-химические свойства оксидно-фторидных расплавов(Екатеринбург: УрО РАН).
7. Денисов В. М., Истомин С. А., Подкопаев О. И., Белоусова Н. В., Пастухов Э. А. Германий, его соединения и сплавы(Екатеринбург: УрО РАН).
8. Багдасаров Х. С. Высокотемпературная кристаллизация из расплава: научное издание(Москва: Физматлит).
9. Истомин С. А., Пастухов Э. А., Денисов В.М. Физико-химические свойства оксидно-фторидных расплавов(Екатеринбург: УрО РАН).
10. Багдасаров Х. С., Горяинов Л. А. Тепло- и массоперенос при выращивании монокристаллов направленной кристаллизацией: монография(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
11. Енютина Т. А., Шалаев И. М., Марченкова С. Г. Техническая термодинамика: учеб. пособие для студентов вузов(Красноярск: СФУ).
12. Войтович Р. Ф., Головкин Э. И., Францевич И. Н. Высокотемпературное окисление металлов и сплавов: справочник(Киев: Наукова думка).
13. Кубашевский О., Гопкинс Б. Окисление металлов и сплавов: пер. с англ. (Москва: Металлургия).
14. Кубашевский О., Гопкинс Б. Окисление металлов и сплавов: пер. с англ. (Москва: Изд-во иностранной литературы).
15. Кофстад П., Колчин О. П., Петелина Г. С., Троянов С. И. Высокотемпературное окисление металлов(Москва: Мир).
16. Биркс Н., Майер Дж. Введение в высокотемпературное окисление металлов: пер. с англ.(Москва: Металлургия).
17. Бычков П. С., Шиманский А. Ф., Пиксина О. Е., Васильева М. Н. Термические методы анализа: учеб.-метод. пособие [для лаборат. работ] магистров направлений подготовки 150400 и 150100(Красноярск: СФУ).
18. Денисова Л. Т., Денисов В. М. Высокотемпературная физическая химия. Методы выращивания кристаллов: учеб.-метод. пособие [для студентов

спец. 020100.68 Химия, 020101.65 Химия, 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия](Красноярск: СФУ).

19. Денисова Л. Т., Денисов В. М. Избранные главы физической химии. Фазовые равновесия: учеб.-метод. пособие [для студентов спец. 020100.62 «Химия», 020101.65 «Химия», 020201.65 «Фундаментальная и прикладная химия»](Красноярск: СФУ).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Сопровождение учебного процесса требует применения программного обеспечения, позволяющего создавать, редактировать, представлять текстовый и иллюстративный материал, проводить мат. обработку экспериментальных данных: MSOffice (MSWord, MSExcel, MSPowerPoint).

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Научная Электронная Библиотека e-LIBRARY.RU. Полнотекстовая коллекция «Российские академические журналы on-line» (издательство «Наука») включает 139 журналов. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.
2. Royal Society of Chemistry - журналы открытого доступа. - Режим доступа: <http://pubs.rsc.org>.
3. Elsevier - доступ к Freedom Collection издательства Elsevier. - Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com>
4. Электронная химическая энциклопедия – он-лайн. -Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/>.
5. База данных термодинамических величин ИВТАНТЕРМО. -Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/handbook/ivtan/>.

**5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

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

Технические средства обучения для проведения лекционных занятий (мультимедийный проектор, интерактивная доска, ПЭВМ).

Учебно-лабораторное оборудование общего назначения.

Весы лабораторные XR4002S Mettler Toledo.

Цифровой фотоаппарат.

Термогравиметрическая установка.

Высокотемпературная горизонтальная печь сопротивления.

Прибор синхронного термического анализа ТГ-ДТА/ДСК STA 449 C Jupiter  
(Netzsch, Германия).