

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

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Кафедра физической и
неорганической химии
(ФиНХ_ХМФ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кафедра физической и
неорганической химии
(ФиНХ_ХМФ)

наименование кафедры

Денисова Л.Т.

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Дисциплина Б1.В.02.ДВ.06.01 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ
Высокотемпературная физическая химия

Направление подготовки /
специальность _____

Направленность
(профиль) _____

Форма обучения

очная

Год набора

2019

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

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

040000 «ХИМИЯ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, специализация

04.05.01.31 Физическая химия

Программу
составили

д-р хим. наук, профессор, Денисов В.М.

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;

проведение физико-химических расчетов применительно к системам и процессам химической технологии;

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

| |
|--|
| ПК-1:Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках |
|--|

| |
|--|
| ПК-2:Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и / или смежных наук |
|--|

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина "Высокотемпературная физическая химия" входит в базовую часть учебного плана и является дисциплиной специализации. Для изучения дисциплины необходимо знать основное содержание следующих дисциплин:

Общая и неорганическая химия

Физика
Химическая термодинамика
Экспериментальные методы химической термодинамики
Химическая кинетика
Физико-химический анализ
Фазовые равновесия и геометрическая термодинамика

Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин:
Кинетика гетерогенных процессов
Физическая химия материалов электронной техники
Химическое материаловедение
и выполнения научно-исследовательской работы.

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 |
|--|---|------------------|
| | | 9 |
| Общая трудоемкость дисциплины | 3 (108) | 3 (108) |
| Контактная работа с преподавателем: | 2,22 (80) | 2,22 (80) |
| занятия лекционного типа | 0,89 (32) | 0,89 (32) |
| занятия семинарского типа | | |
| в том числе: семинары | | |
| практические занятия | 0,44 (16) | 0,44 (16) |
| практикумы | | |
| лабораторные работы | 0,89 (32) | 0,89 (32) |
| другие виды контактной работы | | |
| в том числе: групповые консультации | | |
| индивидуальные консультации | | |
| иная внеаудиторная контактная работа: | | |
| групповые занятия | | |
| индивидуальные занятия | | |
| Самостоятельная работа обучающихся: | 0,78 (28) | 0,78 (28) |
| изучение теоретического курса (ТО) | | |
| расчетно-графические задания, задачи (РГЗ) | | |
| реферат, эссе (Р) | | |
| курсовое проектирование (КП) | Нет | Нет |
| курсовая работа (КР) | Нет | Нет |
| Промежуточная аттестация (Зачёт) | | |

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 | Высокотемпературные процессы в химии | 17 | 8 | 32 | 14 | |
| 2 | Методы получения новых материалов. | 15 | 8 | 0 | 14 | |
| Всего | | 32 | 16 | 32 | 28 | |

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 | Введение Физическая химия высокотемпературных процессов и систем как теоретическая основа получения новых материалов. | 2 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1 | <p>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> | 3 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | <p>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.</p> | 4 | 1 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 1 | <p>Взаимодействие металлических и оксидных расплавов с газами.</p> <p>Термодинамический анализ взаимодействия газов с металлическими и полупроводниковыми расплавами. Кинетика растворения газов в расплавах.</p> <p>Относительные скорости окисления различных компонентов расплава.</p> | 4 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | <p>Строение и свойства границы металл-оксид.</p> <p>Межфазное натяжение и адсорбция компонентов.</p> <p>Адгезия и когезия. Угол смачивания. Влияние температуры на межфазное взаимодействие в системах металл - оксид металла. Основные уравнения, описывающие кинетику взаимодействия фаз.</p> | 4 | 0 | 0 |
| 6 | 2 | <p>Классификация методов выращивания кристаллов.</p> <p>Выращивание кристаллов в процессе твердофазного превращения в однокомпонентной системе.</p> | 3 | 0 | 0 |
| 7 | 2 | <p>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.</p> | 3 | 1 | 0 |

| | | | | | |
|-------|---|---|----|---|---|
| 8 | 2 | Выращивание кристаллов в процессе фазового перехода газ-твердое тело в однокомпонентной системе. Сублимация-конденсация. Напыление. | 3 | 1 | 0 |
| 9 | 2 | Выращивание кристаллов в процессе фазового перехода жидкость-твердое тело в многокомпонентной системе. | 3 | 1 | 0 |
| 10 | 2 | Выращивание кристаллов в процессе фазового перехода газ-твердое тело в многокомпонентной системе. Химические транспортные реакции. Газофазная эпитаксия. Химические реакции в газовой фазе. | 3 | 0 | 0 |
| Итого | | | 32 | 4 | 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 | кинетика и термодинамика гетерогенных процессов. Скорость реакции, направленность процесса. | 4 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | Расчет и построение температурной зависимости по данным ДСК теплоемкости металлических оксидов. Расчет термодинамических функций. | 4 | 2 | 0 |
| 3 | 2 | Типы фазовых диаграмм. Многокомпонентные диаграммы состояния. Правила построения. | 4 | 2 | 0 |

| | | | | | |
|-------|---|---|----|---|---|
| 4 | 2 | Расчет примесной концентрации, коэффициентов распределения примесных компонентов. | 2 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | Расчет кинетики транспортных реакций | 2 | 0 | 0 |
| Всего | | | 16 | 4 | 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 | Изучение кинетики окисления твердых металлов 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). | 10 | 4 | 0 |
| 2 | 1 | Изучение кинетики окисления металлических расплавов. Кинетику взаимодействия металлов с кислородом воздуха изучают методом высокотемпературной гравиметрии при постоянной температуре. По полученным данным устанавливают закон окисления, рассчитывают константы скоростей. Устанавливают влияние легирования другим металлом. | 10 | 3 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|--|----|----|---|
| 3 | 1 | Высокотемпературное межфазное взаимодействие в системе жидкий оксид – твердый металл. Методом лежащей капли определяют контактный угол. Рассчитывают работу адгезии. | 12 | 3 | 0 |
| | | | 22 | 10 | 0 |

4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год |
|------|----------------------------------|--|-----------------------|
| Л1.1 | 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, 2012 |
| Л1.2 | 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, 2012 |

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 | Пригожин И. Р., Дефэй Р., Михайлов В. А. | Химическая термодинамика: монография | Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009 |
| Л1.2 | Морачевский А. Г., Фирсова Е. Г. | Физическая химия. Термодинамика химических реакций: учебное пособие | Санкт-Петербург: Лань, 2015 |
| 6.2. Дополнительная литература | | | |

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год |
|-------------------------------------|--|---|---|
| Л2.1 | 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], 1996 |
| Л2.2 | Старк Д. П., Трусов Л. И. | Диффузия в твердых телах: пер. с англ. | Москва: Энергия, 1980 |
| Л2.3 | Истомин С. А., Пастухов Э. А., Денисов В.М. | Физико-химические свойства оксидно-фторидных расплавов | Екатеринбург: УрО РАН, 2009 |
| Л2.4 | Денисов В. М., Истомин С. А., Подкопаев О. И., Белоусова Н. В., Пастухов Э. А. | Германий, его соединения и сплавы | Екатеринбург: УрО РАН, 2002 |
| Л2.5 | Багдасаров Х. С. | Высокотемпературная кристаллизация из расплава: научное издание | Москва: Физматлит, 2004 |
| Л2.6 | Истомин С. А., Пастухов Э. А., Денисов В.М. | Физико-химические свойства оксидно-фторидных расплавов | Екатеринбург: УрО РАН, 2009 |
| Л2.7 | Багдасаров Х. С., Горяинов Л. А. | Тепло- и массоперенос при выращивании монокристаллов направленной кристаллизацией: монография | Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007 |
| Л2.8 | Енютина Т. А., Шалаев И. М., Марченкова С. Г. | Техническая термодинамика: учеб. пособие для студентов вузов | Красноярск: СФУ, 2012 |
| Л2.9 | Войтович Р. Ф., Головко Э. И., Францевич И. Н. | Высокотемпературное окисление металлов и сплавов: справочник | Киев: Наукова думка, 1980 |
| Л2.1 0 | Кубашевский О., Гопкинс Б. | Окисление металлов и сплавов: пер. с англ. | Москва: Металлургия, 1965 |
| Л2.1 1 | Кубашевский О., Гопкинс Б. | Окисление металлов и сплавов: пер. с англ. | Москва: Изд-во иностранной литературы, 1955 |
| Л2.1 2 | Кофстад П., Колчин О. П., Петелина Г. С., Троянов С. И. | Высокотемпературное окисление металлов | Москва: Мир, 1969 |
| Л2.1 3 | Биркс Н., Майер Дж. | Введение в высокотемпературное окисление металлов: пер. с англ. | Москва: Металлургия, 1987 |
| 6.3. Методические разработки | | | |
| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год |

| | | | |
|------|---|--|-----------------------|
| ЛЗ.1 | 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, 2012 |
| ЛЗ.2 | 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, 2012 |
| ЛЗ.3 | 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, 2012 |

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

| | | |
|----|--|---|
| Э1 | А.Н. Ватолин, В.В. Рогачев КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ | http://www.ustu.ru |
| Э2 | А.Л. Емелина ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ | http://td.chem.msu.ru/uploads/files/courses/special/expmethods/dsc-metod.pdf |
| Э3 | Выращивание монокристаллов методом Чохральского | http://medphysics-irk.ru/lect-kef/solid-state/mat-practice.pdf |
| Э4 | Как выращивают кристаллы. Краткий обзор. | http://ftfsite.ru/wp-content/files/medods_kristallov_5.2.pdf |

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

При реализации программы дисциплины «Высокотемпературная физическая химия» основой организации учебного процесса является системный подход, предполагающий взаимосогласованность содержания курсов, их преемственность и последовательность.

Учебные занятия проводятся в виде лекций, лабораторных работ и самостоятельной работы.

Учебные занятия проводятся по расписанию, составляемому на семестр. Для всех видов аудиторных учебных занятий академический час устанавливается 45 минут.

Лекции носят установочно-фундаментальный характер, направленный на изучение обучающимися соответствующей темы и содержат основные положения вопросов, составляющих сущность темы, содержат рекомендации по более глубокому самостоятельному изучению темы с помощью литературных источников.

На лабораторных занятиях студенты осваивают основные приемы

проведения исследований, правила обработки результатов, закрепляют навыки, приобретенные на лекциях.

Целью лабораторных занятий является более глубокое осознание студентами химических процессов и законов. Эта задача может быть успешно решена только в том случае, если лабораторные работы выполняются с достаточным пониманием сущности исследуемых процессов.

Лабораторные работы выполняются самостоятельно студентами в составе мини группы 2-3 человека в строгом соответствии с инструкциями, в отведенные по расписанию часы занятий. Перед началом лабораторного практикума все студенты проходят инструктаж по технике безопасности с регистрацией в специальном журнале.

Основные этапы выполнения лабораторной работы:

I. Подготовка к работе (этап, необходимый для получения допуска к выполняемой работе).

II. Выполнение работы.

III. Оформление отчета.

IV. Защита лабораторной работы.

Самостоятельная работа студентов предусматривает:

1. Проработку и закрепление лекционного материала, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;

2. Оформление и подготовку к защите лабораторных работ.

Задания на самостоятельную работу выдаются преподавателями, ведущими лабораторные занятия.

На самостоятельное изучение дополнительного теоретического материала выносятся следующие темы:

1. Термодинамические функции (изменения энтальпии, энтропии; приведенная энергия Гиббса; влияние температуры на возможность протекания процессов).

2. Общие кинетические закономерности окисления твердых металлов. Законы и механизмы окисления. Влияние температуры и степени полидисперсности на процесс окисления.

3. Типы диаграмм состояния, термодинамические расчеты на основе диаграмм состояния.

4. Внутрифазное окисление. Понятие о катастрофическом окислении металлов (сплавов).

5. Межфазные взаимодействия на границе раздела металл-оксид (физадсорбция, хемосорбция, адгезионные взаимодействия).

6. Диаграммы состояния однокомпонентных систем (аллотропические модификации на примере диаграммы состояния висмута).

7. Влияние примеси на процесс кристаллизации. Метод

Бриджмена - Стокбаргера. Особенности метода Чохральского. Методы Киропулоса и Степанова.

8. Выращивание кристаллов в процессе твердофазного перехода в многокомпонентной системе.

9. Выращивание кристаллов из высокотемпературных растворов-расплавов.

10. Выращивание эпитаксиальных слоев осаждением в вакууме.

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

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

| | |
|-------|--|
| 9.1.1 | Сопровождение учебного процесса требует применения программного обеспечения, позволяющего создавать, редактировать, представлять текстовый и иллюстративный материал, проводить мат. обработку экспериментальных данных: MSOffice (MSWord, MSeXcel, MSPowerPoint). |
|-------|--|

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

| | |
|-------|---|
| 9.2.1 | Научная Электронная Библиотека e-LIBRARY.RU. Полнотекстовая коллекция «Российские академические журналы on-line» (издательство «Наука») включает 139 журналов. - Режим доступа: http://elibrary.ru/ . |
| 9.2.2 | Royal Society of Chemistry - журналы открытого доступа. - Режим доступа: http://pubs.rsc.org . |
| 9.2.3 | Elsevier - доступ к Freedom Collection издательства Elsevier. - Режим доступа: http://www.sciencedirect.com |
| 9.2.4 | Электронная химическая энциклопедия – он-лайн. -Режим доступа: http://www.xumuk.ru/encyklopedia/ . |
| 9.2.5 | База данных термодинамических величин ИВТАНТЕРМО. -Режим доступа: http://www.chem.msu.su/rus/handbook/ivtan/ . |

10 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 XP4002S Mettler Toledo.

Цифровой фотоаппарат.

Термогравиметрическая установка.

Высокотемпературная горизонтальная печь сопротивления.

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