

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

Б1.В.01.01 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ

---

Избранные главы физической химии

---

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

2023

---

Красноярск 2023

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

канд.хим. наук, доцент, Денисова Л.Т.

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Дать знания по дополнительным разделам физической химии, а именно современные представления об основных законах и понятиях теории диффузионных процессов в твердых телах, необходимых для решения материаловедческих, металлургических задач, совершенствования и создания новых конструкционных (в том числе нано-) материалов.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

- изучение феноменологической теории диффузии и освоение методов решения уравнений диффузии при различных граничных условиях;
- изучение основ термодинамической теории диффузии, сущности и возможностей современных методов определения коэффициентов диффузии;
- изучение основ атомной теории диффузии, сущности и термодинамических характеристик возможных механизмов диффузии в твердых телах;
- рассмотрение характера и причин влияния основных внутренних и внешних факторов на коэффициент диффузии;
- рассмотрение особенностей диффузионных процессов, протекающих в специфических условиях.

### 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-2: Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и / или смежных наук</b>                                     |                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ПК-2.1: Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных                                                             | знать основы поиска информации в патентно-информационных базах<br>уметь проводить поиск информации в патентно-информационных базах<br>владеть навыками проведения поиска в патентно-информационных базах                                                  |
| ПК-2.2: Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)                       | знать основы анализа и обобщения результатов информационного поиска в химии<br>уметь провести анализ и обобщение результатов информационного поиска в химии<br>владеть навыками проведения анализа и обобщения результатов информационного поиска в химии |
| <b>ПК-4: Способен выбирать обоснованные подходы к синтезу и анализу свойств полифункциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами</b> |                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-4.2: Использует знания о закономерностях протекания химических процессов, состояния химического и                                                                       | знать существующие закономерности протекания химических процессов, кинетические закономерности, фазовые равновесия<br>уметь применить известные закономерности                                                                                                                                                                                                 |
| фазового равновесия, закономерностях кинетики химических и каталитических реакций при разработке и анализе новых материалов                                                | протекания химических процессов при разработке новых материалов<br>владеть навыками применения существующих закономерностей протекания химических реакций при разработке новых материалов                                                                                                                                                                      |
| ПК-4.7: Выбирает на основании знаний о физико-химических свойствах материалов способы термической или химико-термической обработки                                         | знать основы взаимосвязи между свойствами физико-химических свойств материала и способом его термической обработки<br>уметь провести взаимосвязь между физико-химическими свойствами материала и способом его термической обработки<br>владеть навыками анализа взаимосвязи между физико-химическими свойствами материала и способом его термической обработки |
| <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 основы поиска информации в специализированных базах данных<br>уметь проводить поиск информации в специализированных базах данных<br>владеть умением провести поиск информации в специализированных базах данных для разработки новых материалов                                                                                                          |
| ПК-5.2: Анализирует современные тенденции и перспективы развития производств в области материаловедения и технологии материалов.                                           | знать основы анализа современных тенденций создания новых материалов<br>уметь проводить анализ современных тенденций перспектив развития новых материалов<br>владеть навыками анализа современных тенденций перспектив развития новых материалов                                                                                                               |

#### 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,<br>зачетных<br>единиц<br>(акад.час) | е |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---|
|                                            |                                            | 1 |
| <b>Контактная работа с преподавателем:</b> | <b>1,5 (54)</b>                            |   |
| занятия лекционного типа                   | 0,5 (18)                                   |   |
| практические занятия                       | 1 (36)                                     |   |
| <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.    |                          |                                           |                          |                                            |                          |                                     |                          |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| №<br>п/п                                     | Модули, темы (разделы) дисциплины                                                                                                                                                                                                           | Занятия<br>лекционного<br>типа |                          | Занятия семинарского типа                 |                          |                                            |                          | Самостоятельная<br>работа, ак. час. |                          |
|                                              |                                                                                                                                                                                                                                             |                                |                          | Семинары и/или<br>Практические<br>занятия |                          | Лабораторные<br>работы и/или<br>Практикумы |                          |                                     |                          |
|                                              |                                                                                                                                                                                                                                             | Всего                          | В том<br>числе в<br>ЭИОС | Всего                                     | В том<br>числе в<br>ЭИОС | Всего                                      | В том<br>числе в<br>ЭИОС | Всего                               | В том<br>числе в<br>ЭИОС |
| <b>1. Феноменологическая теория диффузии</b> |                                                                                                                                                                                                                                             |                                |                          |                                           |                          |                                            |                          |                                     |                          |
|                                              | 1. Введение. Понятие диффузии; самодиффузия и гетеродиффузия. Место диффузии в процессах производства и обработки материалов.                                                                                                               | 1                              |                          |                                           |                          |                                            |                          |                                     |                          |
|                                              | 2. Диффузионный поток. Первое уравнение диффузии (первый закон Фика). Закон сохранения вещества при диффузии.                                                                                                                               | 2                              |                          |                                           |                          |                                            |                          |                                     |                          |
|                                              | 3. Первый закон Фика. Уравнение непрерывности                                                                                                                                                                                               |                                |                          | 2                                         |                          |                                            |                          |                                     |                          |
|                                              | 4. Диффузионные процессы в производстве и при обработке материалов                                                                                                                                                                          |                                |                          |                                           |                          |                                            |                          | 4                                   |                          |
|                                              | 5. Второе уравнение диффузии (второй закон Фика). Диффузионные характеристики и диффузионные параметры. Некоторые решения второго уравнения диффузии. Способы определения концентрационной зависимости коэффициента диффузии. Метод Матано. | 2                              |                          |                                           |                          |                                            |                          |                                     |                          |

|                                                                                                                                                   |   |  |   |  |  |  |   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---|--|--|--|---|--|
| 6. Решения второго уравнения диффузии при различных граничных условиях                                                                            |   |  | 3 |  |  |  |   |  |
| 7. Основы термодинамической теории диффузии. Парциальные коэффициенты диффузии. Коэффициент взаимной диффузии. Восходящая диффузия и ее причины.  | 2 |  |   |  |  |  |   |  |
| 8. Расчет коэффициента диффузии на основе экспериментальных данных. Выдача тем рефератов.                                                         |   |  | 3 |  |  |  |   |  |
| 9. Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии и их сравнительный анализ.                                                         |   |  |   |  |  |  | 6 |  |
| <b>2. Атомная теория</b>                                                                                                                          |   |  |   |  |  |  |   |  |
| 1. Случайные блуждания и коэффициент диффузии. Возможные механизмы диффузии в кристаллических твердых телах.                                      | 1 |  |   |  |  |  |   |  |
| 2. Механизмы диффузии. Взаимная диффузия. Преобразование Больцмана . Метод Больцмана-Матано. Метод Зауэра-Фрейзе.                                 |   |  | 4 |  |  |  |   |  |
| 3. Строение кристаллических тел (кристаллическая решетка, дефектность, химическая неоднородность и т.д.)                                          |   |  |   |  |  |  | 6 |  |
| 4. Связь коэффициентов самодиффузии с характеристиками образования и перемещение вакансий. Эффект Киркендалла. Диффузионная пористость.           | 2 |  |   |  |  |  |   |  |
| 5. Собственная диффузия и эффект Киркендала . Уравнения Даркена. Уравнения Даркена-Маннинга . Микроструктурная стабильность плоскости Киркендала. |   |  | 4 |  |  |  |   |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |  |   |  |  |  |   |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---|--|--|--|---|--|
| 6. Дефекты Френкеля и Шоттки. Защита реферата                                                                                                                                                                                                                                                   |   |  | 4 |  |  |  |   |  |
| 7. Поверхностная перестройка и релаксация. Подготовка реферата.                                                                                                                                                                                                                                 |   |  |   |  |  |  | 8 |  |
| <b>3. Основные факторы, влияющие</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |   |  |   |  |  |  |   |  |
| 1. Температурная зависимость коэффициента диффузии. Влияние природы диффундирующего элемента, типа, состава и кристаллической структуры твердого раствора на коэффициент диффузии. Диффузия по дислокациям и границам зерен. Результаты экспериментального изучения диффузии по границам зерен. | 1 |  |   |  |  |  |   |  |
| 2. Влияние температуры на коэффициент диффузии. Теоретический и экспериментальный расчет                                                                                                                                                                                                        |   |  | 4 |  |  |  |   |  |
| 3. Анизотропия коэффициента диффузии. Влияние дефектов кристаллического строения на коэффициент диффузии.                                                                                                                                                                                       |   |  | 4 |  |  |  |   |  |
| 4. Диффузия по границам зерен: теория и экспериментальные данные.                                                                                                                                                                                                                               |   |  |   |  |  |  | 6 |  |
| 5. Влияние дислокаций и границ зерен на процессы диффузии. Диффузия по границам зерен. Классификация режимов диффузии по Харрисону. Модель Фишера.                                                                                                                                              | 2 |  |   |  |  |  |   |  |
| 6. Защита реферата                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |  | 2 |  |  |  |   |  |
| 7. Диффузионные процессы в многофазных системах.                                                                                                                                                                                                                                                |   |  |   |  |  |  | 8 |  |
| <b>4. Специфические случаи диффузии</b>                                                                                                                                                                                                                                                         |   |  |   |  |  |  |   |  |
| 1. Особенности диффузии на внешней поверхности и на внутренних поверхностях раздела. Диффузия в многофазных системах. Диффузионный рост фаз. Спекание.                                                                                                                                          | 2 |  |   |  |  |  |   |  |



|                                                                                                                                                                            |    |  |    |  |  |  |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|----|--|--|--|----|--|
| 2. Спекание. Кинетический и диффузионный режимы. Подготовка реферата.                                                                                                      |    |  |    |  |  |  | 8  |  |
| 3. Особенности диффузионных процессов в материалах с ионными и ковалентными связями. Особенности диффузии в наноматериалах. Диффузия в тонких поликристаллических плёнках. | 2  |  |    |  |  |  |    |  |
| 4. Диффузия в межкристаллитных границах и наноматериалах                                                                                                                   |    |  | 2  |  |  |  |    |  |
| 5. Диффузия в в ионных кристаллах                                                                                                                                          |    |  |    |  |  |  | 4  |  |
| 6. Диффузионное легирование. Особенности диффузии в расплавленных металлах и сплавах.                                                                                      | 1  |  |    |  |  |  |    |  |
| 7. Методы изучения диффузии. Защита рефератов.                                                                                                                             |    |  | 4  |  |  |  |    |  |
| 8. Подготовка к экзамену                                                                                                                                                   |    |  |    |  |  |  | 4  |  |
| 9.                                                                                                                                                                         |    |  |    |  |  |  |    |  |
| Всего                                                                                                                                                                      | 18 |  | 36 |  |  |  | 54 |  |

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Мерер Х., Якимов Е. Б., Аристов В. В. Диффузия в твердых телах: монография(Долгопрудный: Интеллект).
2. Бокштейн Б. С., Ярославцев А. Б. Диффузия атомов и ионов в твердых телах: монография(Москва: МИСиС).
3. Франк-Каменецкий Д. А. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике: [учебник-монография] (Долгопрудный: Интеллект).
4. Герцрикен С. Д., Дехтяр И. Я. Диффузия в металлах и сплавах в твердой фазе(Москва: Физматгиз).
5. Шиманский А. Ф., Подкопаев О. И., Кравцова Е. Д., Подшибякина Е. Ю. Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов: учеб.-метод. пособие для практич. занятий [для студентов напр.150100.68 «Материаловедение и технологии материалов»] (Красноярск: СФУ).
6. Шиманский А. Ф., Белоусова Н. В., Симонова Н. С., Васильева М. Н. Дополнительные главы физической химии: учеб.-метод. пособие [для лаб. и практ. занятий студентов программы подгот. 150100.68 «Материаловедение и технологии материалов»](Красноярск: СФУ).
7. Бокштейн Б. С., Менделев М. И., Похвиснев Ю. В. Физическая химия: термодинамика и кинетика: учебник(Москва: МИСиС).

### **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).