

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Равновесие в гетерогенных неорганических системах Б1.В.ОД.7

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Неорганическая химия

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бухаров М.С.

**Рецензент(ы):**

Улахович Н.А.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Амиров Р. Р.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 775217

Казань

2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший преподаватель, к.н. Бухаров М.С. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Mihail.Buharov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

овладение законами термодинамики в применении к гетерогенным процессам, условиями равновесий в одно-, двух-, трех- и многокомпонентных системах; а также ознакомление студентов с основными современными методами физико-химического анализа, применяемыми при изучении фазовых равновесий в гетерогенных системах.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.7 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина 'РАВНОВЕСИЯ В ГЕТЕРОГЕННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ' относится к вариативной части блока дисциплин Б1. Для успешного прохождения курса 'РАВНОВЕСИЯ В ГЕТЕРОГЕННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ' студенты должны быть подготовлены по основным разделам химии, физики, математики в соответствии с рабочими программами для студентов химических факультетов университетов.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|---|---|
| ОК-7<br>(общекультурные компетенции)    | готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала  |
| ОПК-1<br>(профессиональные компетенции) | способностью воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач   |
| ОПК-2<br>(профессиональные компетенции) | владением навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций   |
| ОПК-3<br>(профессиональные компетенции) | способностью использовать теоретические основы фундаментальных разделов математики и физики в профессиональной деятельности   |
| ОПК-6<br>(профессиональные компетенции) | владением нормами техники безопасности и умение реализовать их в лабораторных и технологических условиях  |
| ПК-3<br>(профессиональные компетенции)  | владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания   |
| ПК-5<br>(профессиональные компетенции)  | способностью приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций |

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции  |
|------------------|--|
| ПСК-1            | способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией                    |
| ПСК-2            | владением навыками химического эксперимента, основными методами получения и исследования химических веществ, используемыми в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

принципы построения фазовых диаграмм неорганических систем: одно-, двух- и трехкомпонентных, тройных взаимных, водно-солевых, их проекций и сечений; возможности и области применения основных методов физико-химического анализа.

2. должен уметь:

свободно ориентироваться в теоретических вопросах термодинамики гетерогенных процессов, геометрическом и аналитическом представлении гетерогенных систем; применять знания по гетерогенным системам для решения практических задач в области химии гетерогенных процессов; уметь: выбирать, в зависимости от задачи, поставленной экспериментатором, те методы физико-химического анализа, которые наиболее оптимально способствуют их решению.

3. должен владеть:

навыками построения диаграмм состояния и извлечения из них информации по равновесиям гетерогенных систем; достаточной информацией для самостоятельного освоения методик работы на отдельных приборах и правил их эксплуатации.

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

способность ориентироваться в теоретических вопросах термодинамики гетерогенных процессов, геометрическом и аналитическом представлении гетерогенных систем; применять знания по гетерогенным системам для решения практических задач в области химии гетерогенных процессов;

способность построения диаграмм состояния и извлечения из них информации по равновесиям гетерогенных систем.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

### Тематический план дисциплины/модуля

| N   | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|-----|---|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|     |   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1.  | Тема 1. Основные понятия и принципы термодинамики гетерогенных процессов.     | 8       | 1                  | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 2.  | Тема 2. Аналитическое описание фазовых равновесий.                            | 8       | 2                  | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 3.  | Тема 3. Диаграмма состояния однокомпонентной системы (P-V-T).                 | 8       | 3                  | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 4.  | Тема 4. Законы Коновалова.  | 8       | 4                  | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 5.  | Тема 5. Дифференциальный термический анализ.                                  | 8       | 5                  | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 6.  | Тема 6. Комплексный термический анализ.                                       | 8       | 6                  | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 7.  | Тема 7. Изображение состава на диаграммах двухкомпонентных систем.            | 8       | 7                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 8.  | Тема 8. Бинарные системы с химическим соединением.                            | 8       | 8                  | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 9.  | Тема 9. Твердые растворы.   | 8       | 9                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 10. | Тема 10. Рентгенофазовый анализ.  | 8       | 10                 | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 11. | Тема 11. Подготовка образцов к исследованию.                                  | 8       | 11                 | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 12. | Тема 12. Трехкомпонентные системы, способы изображения состава.               | 8       | 12                 | 2   | 0                       | 2                      |                           |
| 13. | Тема 13. Процессы кристаллизации сплавов тройной системы эвтектического типа. | 8       | 13                 | 2   | 0                       | 0                      |                           |

| N   | Раздел Дисциплины/ Модуля                                  | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) |                      |                     | Текущие формы контроля |
|-----|--|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|------------------------|
|     |  |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы |                        |
| 14. | Тема 14. Тройные системы с образованием твердых растворов. | 8       | 14              | 2  | 0                    | 2                   |                        |
| 15. | Тема 15. Разбиение диаграмм на вторичные тройные системы.  | 8       | 15              | 2  | 0                    | 2                   |                        |
| 16. | Тема 16. Диаграммы растворимости трехкомпонентных систем.  | 8       | 16              | 2  | 0                    | 2                   |                        |
| 17. | Тема 17. Двойные соли.                                     | 8       | 17              | 2  | 0                    | 2                   |                        |
| 18. | Тема 18. Понятие о твердофазных реакциях.                  | 8       | 18              | 2  | 0                    | 0                   | Контрольная работа     |
|     | Тема . Итоговая форма контроля                             | 8       |                 | 0  | 0                    | 0                   | Экзамен                |
|     | Итого  |         |                 | 36   | 0                    | 28                  |                        |

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Основные понятия и принципы термодинамики гетерогенных процессов.

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Определение предмета. Основные понятия и принципы. Термодинамика гетерогенных процессов. Применение основных законов термодинамики к гетерогенным равновесиям.

###### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Знакомство с приборами. Техника безопасности. Монтаж электрической схемы. Настройка прибора.

##### Тема 2. Аналитическое описание фазовых равновесий.

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Аналитическое описание фазовых равновесий: уравнение состояния фазы. Условия равновесия фаз. Условия стабильности равновесий и смещение равновесий. Фазовые реакции. Диаграмма состояния однокомпонентной системы (P-V-T).

###### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Изготовление термопар ( простой, дифференциальной, комбинированной). Подбор рабочих сопротивлений в цепи термопар.

##### Тема 3. Диаграмма состояния однокомпонентной системы (P-V-T).

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Термодинамическое обоснование однокомпонентной системы. Двухфазные и трёхфазные равновесия: в однокомпонентных системах. Законы Коновалова.

###### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Термический анализ реперных веществ.

##### Тема 4. Законы Коновалова.

###### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Геометрическое описание фазовых равновесий. Полиморфизм (энантио и монотропия) в однокомпонентной системе. Равновесия (стабильные, метастабильные и лабильные).

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Оформление и расшифровка кривых ДТА. Изготовление градуировочной линейки.

**Тема 5. Дифференциальный термический анализ.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Двухкомпонентные системы. Применение законов термодинамики к гетерогенным равновесиям бинарных систем. Правило фаз в применении к двухкомпонентным системам.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Запись кривых ДТА солевых сплавов бинарной системы.

**Тема 6. Комплексный термический анализ.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Би-, моно- и невариантность системы. Т-х диаграммы. Способы выражения концентраций, используемых в физико-химическом анализе. Формулы пересчета из массовых долей в мольные и наоборот.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Построение по полученным кривым ДТА диаграммы плавкости двухкомпонентной системы.

**Тема 7. Изображение состава на диаграммах двухкомпонентных систем.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Би-, моно- и невариантность системы. Т-х диаграммы. Способы выражения концентраций, используемых в физико-химическом анализе. Формулы пересчета из массовых долей в мольные и наоборот.

**Тема 8. Бинарные системы с химическим соединением.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Изменение положения невариантных точек при изменении способа выражения концентраций. Бинарные системы в случае образования компонентами химических соединений, плавящихся конгруэнтно и инконгруэнтно.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Способы определения координат невариантных точек в двойных и тройных системах.

**Тема 9. Твердые растворы.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Дистектика. Перитектика. Сингулярные точки. Построение диаграмм по кривым охлаждения (нагрева). Бинарные системы с твердыми растворами. Типы твердых растворов (замещения, внедрения и вычитания).

**Тема 10. Рентгенофазовый анализ.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Неограниченная и ограниченная растворимость компонентов в твердом состоянии. Классификация диаграмм с твердыми растворами по Розебому. Твердые растворы на основе соединений, образованных компонентами системы. Рациональные и иррациональные максимумы.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Виды термических кривых сплавов двойных и тройных систем эвтектического типа.

**Тема 11. Подготовка образцов к исследованию.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Дальтонида и бертоллида. Виды изотерм физических свойств для соединений определенного и неопределенного состава. Пути кристаллизации фаз по диаграммам различного типа. Термодинамический вывод диаграмм бинарных систем. Превращение в твердом состоянии, компонентов, соединений, образованных компонентами, твердых растворов (полиморфизм, расслоение, образование соединений, эвектоидные и перитектоидные превращения).

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Построение политермических разрезов простой эвтектической системы.

#### **Тема 12. Трехкомпонентные системы, способы изображения состава.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Трехкомпонентные системы. Способы изображения состава. Применение правила фаз. Построение объемной диаграммы и ее проекций на плоскости. Правила рычага и центра тяжести. Тройная система эвтектического типа.

##### ***лабораторная работа (2 часа(ов)):***

Построение проекции ликвидуса простой эвтектической системы на концентрационном треугольнике.

#### **Тема 13. Процессы кристаллизации сплавов тройной системы эвтектического типа.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Построение изо- и политермических разрезов. Процессы кристаллизации сплавов тройной системы эвтектического типа. Тройные системы с двойными и тройными соединениями, плавящимися конгруэнтно и инконгруэнтно. Квазибинарные сечения. Триангуляция диаграмм тройных систем.

#### **Тема 14. Тройные системы с образованием твердых растворов.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Тройные системы с образованием твердых растворов: в одной, двух и трех боковых (бинарных) системах. Тройные взаимные системы. Квадрат состава.

##### ***лабораторная работа (2 часа(ов)):***

Знакомство с прибором для рентгеновского анализа (ДРОН).

#### **Тема 15. Разбиение диаграмм на вторичные тройные системы.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Обратимые и необратимые взаимные системы. Разбиение на вторичные тройные системы. Стабильная и нестабильная диагональ на квадрате состава тройных взаимных систем.

##### ***лабораторная работа (2 часа(ов)):***

Индексирование дифрактограмм чистых веществ и их сплавов.

#### **Тема 16. Диаграммы растворимости трехкомпонентных систем.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Диаграммы растворимости трехкомпонентных систем. Способы их изображения. Изотермические сечения. Эвтоника.

##### ***лабораторная работа (2 часа(ов)):***

Знакомство с приборами для микроскопического анализа и измерение микротвердости.

#### **Тема 17. Двойные соли.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Двойные соли, конгруэнтно и инконгруэнтно растворимые.

##### ***лабораторная работа (2 часа(ов)):***

Определение числа фаз и нахождение границ растворимости на диаграммах состояния.

#### **Тема 18. Понятие о твердофазных реакциях.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Понятие о твердофазных реакциях.

### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**



| N  | Раздел Дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов  | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|---|---------|-----------------|--|------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Тема 1. Основные понятия и принципы термодинамики гетерогенных процессов. | 8       | 1               | Физико-химический анализ как метод исследования. Основные понятия. Принципы непрерывности и        | 4                      | Домашнее задание                      |
| 2. | Тема 2. Аналитическое описание фазовых равновесий.                        | 8       | 2               | Термодинамическое обоснование равновесий в гетерогенных системах. Условия стабильности фаз. Прави  | 4                      | Домашнее задание                      |
| 3. | Тема 3. Диаграмма состояния однокомпонентной системы (P-V-T).             | 8       | 3               | Объёмные и плоские (P-T проекции) диаграммы однокомпонентных систем. Фазовые равновесия и вари     | 4                      | Домашнее задание                      |
| 4. | Тема 4. Законы Коновалова.  | 8       | 4               | систем Термодинамический вывод диаграмм двухкомпонентных систем различного типа.                   | 2                      | Домашнее задание                      |
| 5. | Тема 5. Дифференциальный термический анализ.                              | 8       | 5               | Виды термического анализа: визуально политермический   | 4                      | Домашнее задание                      |
| 6. | Тема 6. Комплексный термический анализ.                                   | 8       | 6               | Комплексные методы ДТА: с потерей массы (ТГ и ДТГ), с определением объёмов выделяющихся газов, с о | 2                      | Домашнее задание                      |

| N   | Раздел Дисциплины  | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов  | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|-----|--|---------|-----------------|--|------------------------|---------------------------------------|
| 7.  | Тема 7. Изображение состава на диаграммах двухкомпонентных систем. | 8       | 7               | Изображение состава. Способы выражения концентраций. бинарных систем. Основные элементы диаграмм     | 2                      | Домашнее задание                      |
| 8.  | Тема 8. Бинарные системы с химическим соединением.                 | 8       | 8               | Системы с эвтектикой. Нахождение состава эвтектики построением треугольника Таммана. Расчет состава  | 2                      | Домашнее задание                      |
| 9.  | Тема 9. Твердые растворы.  | 8       | 9               | - Диаграммы с непрерывным рядом твердых растворов. Системы с ограниченной растворим                  | 2                      | Домашнее задание                      |
| 10. | Тема 10. Рентгенофазовый анализ.                                   | 8       | 10              | Методы исследования твердых фаз: рентгенофазовый анализ, методы микроструктуры и микротвердости. Уто | 2                      | Домашнее задание                      |
| 11. | Тема 11. Подготовка образцов к исследованию.                       | 8       | 11              | Индицирование дифрактограмм чистых веществ и их сплавов. Построение штрих-диаграмм.                  | 2                      | Домашнее задание                      |
| 12. | Тема 12. Трехкомпонентные системы, способы изображения состава.    | 8       | 12              | Пространственное и плоскостное изображение диаграмм тройных систем. Методы изображения состава . Св  | 2                      | Домашнее задание                      |

| N   | Раздел Дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов   | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|-----|---|---------|-----------------|---|------------------------|---------------------------------------|
| 13. | Тема 13. Процессы кристаллизации сплавов тройной системы эвтектического типа. | 8       | 13              | Двойные и тройные соединения с различным характером плавления. Триангуляция систем с одним или неск | 2                      | Домашнее задание                      |
| 14. | Тема 14. Тройные системы с образованием твердых растворов.                    | 8       | 14              | Примеры диаграмм с ограниченной и неограниченной с растворимостью в твердом состоянии.              | 2                      | Домашнее задание                      |
| 15. | Тема 15. Разбиение диаграмм на вторичные тройные системы.                     | 8       | 15              | Обратимо и необратимо взаимные системы. Способы графического изображения диаграмм. Квадрат состава. | 2                      | Домашнее задание                      |
| 16. | Тема 16. Диаграммы растворимости трехкомпонентных систем.                     | 8       | 16              | Диаграммы растворимости две соли ? вода. Эвтоника.  | 2                      | Домашнее задание                      |
| 17. | Тема 17. Двойные соли.  | 8       | 17              | Кристаллогидраты с разным типом растворимости. Изотермическое испарение.                            | 2                      | Домашнее задание                      |
| 18. | Тема 18. Понятие о твердофазных реакциях.                                     | 8       | 18              | подготовка к контрольной работе   | 2                      | контрольная работа                    |
|     | Итого   |         |                 |   | 44                     |                                       |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Освоение дисциплины "Равновесие в гетерогенных неорганических системах" предполагает использование как традиционных (лекции, практические занятия с использованием методических материалов), так и инновационных образовательных технологий с использованием в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, включающих выступления студентов на занятиях с видеоматериалами при защите рефератов.

- компьютерные презентации лекций;
- интерактивный опрос по разделам на лекциях и на лабораторных работах;
- разбор конкретных вопросов после интерактивного опроса;
- разбор конкретной ситуации: "Построение диаграмм плавкости двухкомпонентных систем";

- разбор конкретной ситуации: "Построение политермических разрезов тройной эвтектической системы".

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Основные понятия и принципы термодинамики гетерогенных процессов.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Задачи и области применения физико-химического анализа. Основные понятия ФХА. Изучаемые физические свойства. Применение основных законов термодинамики к гетерогенным равновесиям.

### **Тема 2. Аналитическое описание фазовых равновесий.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Термодинамика гетерогенных равновесий. Условия стабильности равновесий и смещение равновесий. Правило фаз. Фазовые реакции.

### **Тема 3. Диаграмма состояния однокомпонентной системы (P-V-T).**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Однокомпонентные системы. Термодинамическое обоснование однокомпонентной системы. Аллотропия. Энандио- и монотропные превращения. Двухфазные и трёхфазные равновесия: в однокомпонентных системах. Объёмная диаграмма состояния ( на примере диаграммы CO<sub>2</sub>). Критическая и тройная точки.

### **Тема 4. Законы Коновалова.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Линии моновариантных превращений, области существования отдельных фаз. Полиморфизм (энантио и монотропия) в однокомпонентной системе. Равновесия (стабильные, метастабильные и лабильные).

### **Тема 5. Дифференциальный термический анализ.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Возможности визуально-политермического анализа. Сущность, задачи, области применения. Виды термических кривых. Влияние различных факторов на вид термических кривых. Термопары. Градуировка. Расшифровка термограмм. Качественный фазовый анализ. Вид кривых охлаждения чистых веществ и их сплавов различного типа. Построение диаграмм плавкости бинарных систем по кривым охлаждения. Использование метода ДТА в изучении гетерогенных равновесий.

### **Тема 6. Комплексный термический анализ.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Возможности визуально-политермического анализа при изучении диаграмм плавкости. Использование метода ДТА в изучении гетерогенных равновесий. Комбинирование метода ДТА с методами определения потери массы (ТГ и ДТГ), с фиксацией объема выделившегося газа, с измерением изменения электропроводности.

### **Тема 7. Изображение состава на диаграммах двухкомпонентных систем.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Типы диаграмм бинарных конденсированных систем. Эвтектический тип диаграмм. Геометрические образы: поле, линия точка как элементы диаграмм. Изменение положения невариантных точек при изменении способа выражения концентраций.

### **Тема 8. Бинарные системы с химическим соединением.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Основные элементы диаграмм плавкости бинарных систем: ликвидус, солидус, эвтектика, перитектика, дистектика, монотектика. Отражение на диаграммах состояния двойных систем полиморфизма компонентов систем. Учение о сингулярных точках. Рациональные и иррациональные максимумы.

### **Тема 9. Твердые растворы.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Типы твердых растворов (замещения, внедрения, вычитания). Рациональные и иррациональные максимумы. Дальтонида и бертоллиды. Виды изотерм . Пути кристаллизации фаз по диаграммам различного типа. Диаграммы растворимости соль-вода. Криогидратная точка. Изотермическое испарение.

### **Тема 10. Рентгенофазовый анализ.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Применение метода рентгенофазового анализа ( РФА ) для изучения равновесий в гетерогенных системах и построения диаграмм плавкости. Межплоскостные расстояния. Формула Вульфа-Брегга. Дифракционная картина поликристаллов. Методы регистрации дифракционных спектров: фоторегистрация в камерах Дебая и Гинье с различными монохроматорами на приборе УРС; ионизационная регистрация на дифрактометре ДРОН.

### **Тема 11. Подготовка образцов к исследованию.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Построение штрих-диаграмм по индцированным дифрактограммам сплавов бинарной системы. Определение межплоскостных расстояний и интенсивностей по дебаеграммам. Картотека ASTM. Применение РФА для изучения фазовых диаграмм бинарных систем. Метод микроструктурного анализа и измерения микротвердости. Возможности методов. Определение пределов растворимости в твердом состоянии.

### **Тема 12. Трехкомпонентные системы, способы изображения состава.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Построение объемной диаграммы и ее проекций на плоскости. Свойства треугольника Гиббса-Розебома. Правила рычага и центра тяжести. Формулы пересчета концентраций компонентов тройных сплавов. Тройная система эвтектического типа. Построение изо- и политермических разрезов.

### **Тема 13. Процессы кристаллизации сплавов тройной системы эвтектического типа.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Виды кривых охлаждения тройных сплавов. Первичная, вторичная и третичная кристаллизации. Тройные системы с двойными и тройными соединениями, плавящимися конгруэнтно и инконгруэнтно. Квазибинарные сечения. Триангуляция диаграмм тройных систем. Методы определения координат невариантных точек диаграмм. Применение правила фаз.

### **Тема 14. Тройные системы с образованием твердых растворов.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Двойные и тройные соединения с различным характером плавления. Тройные взаимные системы. Квадрат состава. Обратимые и необратимые взаимные системы. Построение изотермических и политермических сечений.

### **Тема 15. Разбиение диаграмм на вторичные тройные системы.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Триангуляция систем с одним или несколькими двойными и тройным и соединениями. Стабильная и нестабильная диагональ на квадрате состава тройных взаимных систем.

### **Тема 16. Диаграммы растворимости трехкомпонентных систем.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Диаграммы растворимости. Диаграммы две соли и вода. Способы их изображения. Изотермические сечения. Эвтоника. Кристаллогидраты с разным типом растворимости.

### **Тема 17. Двойные соли.**

Домашнее задание , примерные вопросы:

Диаграммы растворимости с образованием двойных солей, конгруэнтно и инконгруэнтно растворимые.

### **Тема 18. Понятие о твердофазных реакциях.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Билеты к контрольной работе приведены в разделе "Прочее".

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Билеты контрольной работы курса "Равновесия в гетерогенных системах"

Билет 1

1.Условие равновесия фаз.

2.Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 25 и 66,7 мол % В, плавящимися инконгруэнтно, причем компонент В претерпевает полиморфное превращение ниже температуры эвтектики, а на основе компонента А образуется твердый раствор.

3.Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы эвтектического типа, проходящего через две точки двойных эвтектик.

Билет 2

1.Условие стабильности равновесия.

2.Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 40 и 80 мол % В. Первое соединение - дальтонид, на его основе, а также на основе обоих компонентов системы образуются твердые растворы. Второе соединение плавится инконгруэнтно.

3.Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы эвтектического типа, проходящего через точку двойной эвтектики и пересекающую пограничную линию.

Билет 3

1.Фазовые реакции.

2.Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 33,3 и 75 мол % В. Оба соединения плавятся инконгруэнтно, а на основе компонента В образуются ограниченные твердые растворы.

3.Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы эвтектического типа, проходящего через вершину треугольника состава и точку двойной эвтектики противоположной стороны.

Билет 4

1.Двухфазные равновесия в однокомпонентной системе.

2.Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 25 и 66,7 мол % В. Первое соединение плавится конгруэнтно и имеет полиморфное превращение выше температуры эвтектики, второе плавится инконгруэнтно.

3.Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы эвтектического типа, проходящего параллельно одной из сторон треугольника выше точек двойных эвтектик.

Билет 5

1.Трехфазные равновесия в однокомпонентной системе.

2. .Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 33,3 и 75 мол % В. Первое соединение плавится инконгруэнтно и имеет полиморфное превращение ниже температуры эвтектики; второе плавится конгруэнтно и на его основе образуется твердый раствор с двусторонней областью гомогенности.

3.Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы эвтектического типа, проходящего параллельно одной из сторон и точку тройной эвтетики.

Билет 6

1. Типы однокомпонентных систем с полиморфизмом (энантиотропия и монотропия).
2. Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 20 и 80 мол % В. Оба плавятся инконгруэнтно, на основе второго соединения образуется бертоллидная фаза, а со стороны компонента В имеется область ограниченных твердых растворов.
3. Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы эвтектического типа, проходящего параллельно одной из сторон и пересекающего одну пограничную линию.

#### Билет 7

1. Степень свободы (нон-, моно- и дивариантность).
2. Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 20 и 60 мол % В; Первое плавится инконгруэнтно, а второе - конгруэнтно, но при плавлении в некоторой степени разлагается.
3. Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы эвтектического типа, проходящего через вершину треугольника и точку тройной эвтектики.

#### Билет 8

1. Термодинамическое обоснование однокомпонентной системы.
2. Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 40 и 80 мол % В. Первое плавится конгруэнтно, второе - инконгруэнтно, а компонент А претерпевает два полиморфных превращения ниже солидуса.
3. Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы эвтектического типа, проходящего параллельно одной из сторон и пересекающую две пограничные линии.

#### Билет 9

1. Термодинамическое обоснование двухкомпонентной системы.
2. Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 25 и 60 мол % В. Первое плавится инконгруэнтно, второе - конгруэнтно и на его основе образуется твердый раствор, область гомогенности которого лежит по обе стороны от точки состава.
3. Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы эвтектического типа, проходящего через вершину и пересекающего пограничную линию.

#### Билет 10

1. Температура-состав и давление-состав проекции однокомпонентной системы.
2. Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 40 и 75 мол % В. Оба плавятся конгруэнтно. На основе первого образуется твердый раствор - двусторонняя фаза. Температура плавления второго выше температуры плавления первого, ей отвечает сингулярная точка.
3. Нарисовать диаграмму политермического разреза тройной системы, проходящего параллельно стороне А-С, имея в виду, что в системе образуется соединение АС.

#### Билет 11

1. Изотермические процессы в однокомпонентной системе.
2. Изобразить диаграмму двойной системы с тремя соединениями состава 50, 66,7 и 75 мол % В. Второе соединение плавится конгруэнтно, а два других - инконгруэнтно.
3. Изобразить изотермическую диаграмму растворимости тройной водно-солевой системы, в которой образуется двойная соль.

#### Билет 12

1. Правило фаз. Продемонстрировать на примерах сплавов тройной системы эвтектического типа
2. Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 25 и 50 мол % В. Оба плавятся конгруэнтно; температура плавления первого выше температуры плавления второго, а на основе второго соединения и компонента В образуются твердые растворы
3. Изобразить изотермическую диаграмму растворимости тройной водно-солевой системы, в которой образуется кристаллогидрат двойной соли

#### Билет 13

1. Принцип соответствия. Продемонстрировать на примерах.
2. Приведите примеры кривых охлаждения сплавов двойной системы с перитектикой.
3. Изобразить изотермическую диаграмму растворимости тройной водно-солевой системы, в которой одна соль кристаллизуется как в виде кристаллогидрата, так и в безводном состоянии.

Билет 14

1. Принцип непрерывности. Продемонстрировать на примерах.
2. Сравните кривые охлаждения чистого вещества, твердого раствора, эвтектического сплава и механической смеси двух не реагирующих между собой соединений.
3. Привести диаграмму политермического разреза тройной системы, проходящего от вершины треугольника В к точке состава двойного соединения АС, плавящегося инконгруэнтно.

Билет 15

1. Правило фаз. Продемонстрировать на примерах кривых охлаждения сплавов двойной системы эвтектического типа.
2. Изобразить диаграмму двойной системы с двумя соединениями состава 50 и 80 мол %В. Первое плавится инконгруэнтно, второе - конгруэнтно. На основе компонента А наблюдается область ограниченной растворимости.
3. Привести диаграмму политермического разреза тройной системы, проходящего от вершины треугольника В к точке состава двойного конгруэнтно плавящегося соединения АС<sub>2</sub>

Экзаменационные билеты спецкурса

"Гетерогенные равновесия в неорганических системах"

Билет 1

1. Правило фаз. Принципы непрерывности и соответствия.
2. Трехкомпонентная конденсированная система с двойным соединением, плавящимся конгруэнтно.

Билет 2

1. Диаграмма состояния однокомпонентной системы (объемная и плоская).
2. Термодинамический вывод диаграммы двойной эвтектической системы.

Билет 3

1. Диаграммы с энантиотропным или монотропным превращением в однокомпонентной системе.
2. Трехкомпонентная конденсированная система с двойным соединением, плавящимся инконгруэнтно.

Билет 4

1. Системы гомогенная, гетерогенная, открытая, закрытая, идеальная.
2. Понятие о Р-Т-Х диаграммах бинарных систем.

Билет 5

1. Двухфазное и трехфазное равновесия. Смещение равновесия.
2. Изображение состава в двойной и тройной системе. Пересчет концентрации от массовых долей к мольным долям.

Билет 6

1. Правила рычага и центра тяжести.
2. Бинарные системы с полиморфными превращениями компонентов.

Билет 7

1. Бинарные системы с твердыми растворами (ограниченная и неограниченная растворимость).
2. Тройные взаимные системы. Проекция поверхности ликвидуса на квадрате состава.



#### Билет 8

1. Уравнение состояния фазы. Условие стабильности равновесия.
2. Диаграмма бинарной системы с химическим соединением (устойчивым и неустойчивым).

#### Билет 9

1. Твердые растворы на основе соединений компонентов. Дальтонида и бертоллида.
2. Эвтектоидные и перитектоидные процессы, их отражения на диаграммах состояния.

#### Билет 10

1. Эвтектика, дистектика, перитектика. Сингулярные точки диаграмм состояния.
2. Вариантность системы. Нонвариантное, моновариантное, дивариантное равновесия.

#### Билет 11

1. Примеры диаграмм состояния с превращениями твердых растворов.
2. Способы изображения диаграмм растворимости. Криогидратная точка.

#### Билет 12

1. Планирование эксперимента при изучении бинарных и тройных систем.
2. Твердофазные реакции. Роль точечных дефектов. Активирование реакций между твердыми веществами.

#### Билет 13

1. Тройные взаимные обратимые и необратимые системы.
2. Изотермические сечения некоторых тройных водно-солевых систем.

#### Билет 14

1. Понятия о многокомпонентных системах. Способы их изображения.
2. Эвтоника. Процессы изотермического испарения и процессы охлаждения растворов.

#### Билет 15

1. Способы определения и уточнения невариантных точек на диаграммах двойных и тройных систем.
2. Геометрическое описание фазовых равновесий в одно-, двух- и трехкомпонентных системах.

### 7.1. Основная литература:

1. Гельфман М.И., Юстратов В.П. Неорганическая химия. [Электронный ресурс] - 2-е изд. - Санкт-Петербург: Лань, 2009. - 528 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4032](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4032)

2. Федотов М.А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости. [Электронный ресурс]. - М.: Физматлит, 2010. - 384 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2151](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2151)

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Методические указания к синтезам неорганических веществ. Казань. КГУ. 2006. - 24с. Режим доступа: [http://old.kpfu.ru/f7/bin\\_files/chem0008.pdf](http://old.kpfu.ru/f7/bin_files/chem0008.pdf)

2. Бабкина С.С., Боос Г.А., Бычкова Т.И., Девятков Ф.В., Кузьмина Н.Л., Кутырева М.П., Сальников Ю.И., Сапрыкова З.А., Тимошенко Ю.М. Методическое пособие по общей химии. Для самостоятельной работы студентов. Казань, КГУ, 2009 г. Подробности: [http://kpfu.ru//staff\\_files/F1033235134/Rukovodstvo.po.obschej.himii.dlya.smezchnikov\\_2009.pdf](http://kpfu.ru//staff_files/F1033235134/Rukovodstvo.po.obschej.himii.dlya.smezchnikov_2009.pdf)

3. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. - М.: Интеграл-Пресс, 2008.-240с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

E-book : Alloy Phase Equilibria, Alan Prince. (2009/04/15). -

<http://www.msiport.com/discover-msi-eureka/information-categories/list-of-all-systems/>

Phase Equilibria Diagrams -

<http://ceramics.org/publications-and-resources/phase-equilibria-diagrams>

The ASM Alloy Phase Diagrams Center allows subscribers to explore, search and view more than 34,000 binary and ternary phase diagrams and associated phase data for more than 6200 systems from their Web browsers. - <http://www1.asminternational.org/asmenterprise/apd/>

Образовательный портал по химии - <http://www.chemiemaniamania.ru/chemie-99.html>

Образовательный портал по химии - <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2123.html>

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Равновесие в гетерогенных неорганических системах" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

кафедральный проектор для демонстраций презентаций по выбранной теме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Неорганическая химия .

Автор(ы):

Бухаров М.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Улахович Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.