

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

Б1.В.02.ДВ.05.02 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ

Равновесие в растворах

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

04.03.01 Химия

Направленность (профиль)

04.03.01.32 Физическая химия

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2023

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

Программу составили \_\_\_\_\_

д.х.н., профессор, Головнев Николай Николаевич

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Формирование у студентов фундаментальных знаний, посвященных состоянию химических элементов и термодинамике равновесных процессов в растворах

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Сформировать у студентов целостный подход к анализу химических равновесий в растворе и привить навыки решения практических задач по определению реального состава и концентраций химических форм в растворе с использованием справочной литературы.

### 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-1: Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации</b> |   |
| ПК-1.3: Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач исследований  | Знать технические средства для решения поставленных задач НИР<br>Уметь применять технические средства и методы при решении поставленных задач НИР<br>Владеть методами испытаний для решения поставленных задач НИР  |
| ПК-1.4: Готовит объекты исследования  | Знать способы подготовки объектов исследования для химических экспериментов<br>Уметь готовить объекты исследований для выполнения НИР<br>Владеть теоретическими основами при работе с объектами исследований  |
| <b>ПК-2: Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы</b>   |   |
| ПК-2.1: Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)  | Знать патентные и информационные базы данных<br>Уметь проводить первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных)<br>Владеть навыками работы в патентных и информационных базах данных по заданной тематике |
| <b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</b>   |   |

|   |  |
|---|--|
| УК-1.1: Осуществляет поиск, анализ информации для решения поставленной задачи | Знать способы поиска и анализа информации для решения поставленной задачи<br>Уметь осуществлять поиск, анализ информации для решения поставленной задачи<br>Владеть способами критического анализа и синтеза |
|   | информации   |

#### **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>0,94 (34)</b>                            |   |
| занятия лекционного типа                   | 0,94 (34)                                   |   |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся:</b> | <b>2,06 (74)</b>                            |   |
| курсовое проектирование (КП)               | Нет   |   |
| курсовая работа (КР)                       | Нет   |   |

### 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. 1. Общие сведения о растворах</b>                          |   |                                |                          |   |                          |  |                          |                                     |                          |
|  | 1. Актуальность изучения состояния вещества в растворах. Роль водных растворов в быту, биологии, медицине, гидрометаллургии. Особенности физических и химических свойств воды. Магнитная вода, работы Пикарди. Образование растворов. | 1                              |                          |   |                          |  |                          |                                     |                          |
|  | 2. Особенности поведения водных и неводных растворов. Самоионизация неводных растворителей. Достоинства и ограничения теории сольвосистем. Донорное число растворителя – как мера его сольватирующей способности.                     |                                |                          |   |                          |  |                          | 2                                   |                          |
|  | 3. Классификация растворов, их важнейшие физико-химические характеристики. Диаграмма состояния воды. Образование растворов. Механизмы процессов растворения ионных и ковалентных веществ  | 2                              |                          |   |                          |  |                          |                                     |                          |
| <b>2. 2. Растворы неэлектролитов и электролитов, сольватация</b> |   |                                |                          |   |                          |  |                          |                                     |                          |

|   |   |  |  |  |  |  |   |  |
|---|---|--|--|--|--|--|---|--|
| 1. Растворы неэлектролитов. Растворимость неэлектролитов в растворах. Уравнение Сеченова. Растворимость газов. Константа Генри. Сольватация неэлектролитов. Эффекты высаливания и всаливания, их интерпретация  | 1 |  |  |  |  |  |   |  |
| 2. Электролитическая диссоциация. Коллигативные свойства для ионных растворов. Теория электролитической диссоциации. Истинные электролиты и ионогены. Степень и константа диссоциации. Слабые кислоты и слабые основания. Константы ионизации (Кион), константы диссоциации (Кд). Влияние природы растворителя и электролита на равновесия "ионоген - ионные пары - сольватированные ионы |   |  |  |  |  |  | 2 |  |
| 3. Кислотно-основные свойства. Соотношения между экспериментальными (справочные данные) константами диссоциации (Кэксп), Кион и Кд. рКа и рКб, их взаимосвязь. Влияние ионного потенциала центрального иона оксигидроксидов на кислотные и основные свойства. Амфотерные электролиты ( $z/r=3.5-9.5$ ).   | 1 |  |  |  |  |  |   |  |
| 4. Сольватация и гидратация ионов и нейтральных молекул. Особенности гидратации катионов и анионов. Физико-химическая теория растворов. Термодинамика образования растворов. Роль энтропийного и энтальпийного факторов.  | 1 |  |  |  |  |  |   |  |

|  |   |  |  |  |  |  |   |  |
|--|---|--|--|--|--|--|---|--|
| 5. Ионное взаимодействие. Контактные и сольватноразделенные ионные пары. Три гидратационные сферы катионов металлов. Особенности их формирования в водно-органических растворах. Пересольватация.  | 1 |  |  |  |  |  |   |  |
| 6. Растворимость неэлектролитов в растворах. Уравнение Сеченова. Сольватация неэлектролитов. Эффекты высаливания и всаливания, их интерпретации. Константы ионизации (Кион), константы диссоциации (Кд). Влияние природы растворителя и электролита на равновесия "ионоген - ионные пары - сольватированные ионы                           | 1 |  |  |  |  |  |   |  |
| 7. Особенности гидратации катионов и анионов. Физико-химическая теория растворов. Термодинамика образования растворов. Роль энтропийного и энтальпийного факторов. Контактные и сольватноразделенные ионные пары. Три гидратационные сферы катионов металлов. Особенности их формирования в водно-органических растворах. Пересольватация. |   |  |  |  |  |  | 4 |  |
| <b>3. 3. Ионные равновесия в растворах</b>   |   |  |  |  |  |  |   |  |
| 1. Типы ионных равновесий в растворах. Равновесия: кислотно-основные, окислительно-восстановительные, комплексообразования. Их особенности и формы записи на различном уровне детализации состава растворов.   | 1 |  |  |  |  |  |   |  |
| 2. Амфотерные электролиты. Амфолиты. Специфика кислотно-основных равновесий биологически активных веществ: аминокислот, пептидов, белков, лекарств. Цвиттерионы.   | 1 |  |  |  |  |  |   |  |

|  |   |  |  |  |  |  |   |  |
|--|---|--|--|--|--|--|---|--|
| 3. Равновесие между аква-, гидроксо- и оксокомплексами. Комплексообразующая и некомплексообразующая водные среды. Кислотно-основные равновесия между аква-, гидроксо- и оксокомплексами и генетическая связь между ними. Краткая характеристика состояния s-, p-, d- и f-ионов металлов в некомплексообразующей среде в зависимости от кислотности среды (или pH). |   |  |  |  |  |  | 2 |  |
| 4. Уравнения материального баланса и сохранения заряда. Материальный баланс раствора и его электронейтральность. Практические примеры их использования. Расчет pH очень разбавленных растворов кислот и оснований.   | 1 |  |  |  |  |  |   |  |
| 5. Гетерогенное равновесие «твердое тело-раствор». Произведение активности. Закономерности в растворимости ионных соединений. Карбонатное равновесие, его роль в организме человека и окружающей среде. Биоминерализация.  | 1 |  |  |  |  |  |   |  |
| 6. Равновесия: кислотно-основные, окислительно-восстановительные, комплексообразования. Их характеристика и формы записи на различном уровне детализации состава растворов. Амфолиты. Специфика кислотно-основных равновесий биологически активных веществ: аминокислот, пептидов, белков, лекарств. Цвиттерионы.  | 1 |  |  |  |  |  |   |  |
| 7. Кислотно-основные равновесия между аква-, гидроксо- и оксокомплексами и генетическая связь между ними. Краткая характеристика состояния s-, p-, d- и f-ионов металлов в некомплексообразующей среде в зависимости от кислотности среды (или pH).  | 2 |  |  |  |  |  |   |  |

|  |   |  |  |  |  |  |   |  |
|--|---|--|--|--|--|--|---|--|
| <p>8. Материальный баланс раствора и его электронейтральность Практические примеры их использования. Расчет рН очень разбавленных растворов кислот и оснований. Произведение активности. Закономерности в растворимости ионных соединений. Карбонатное равновесие, его роль в организме человека и окружающей среде. Биоминерализация.</p>       |   |  |  |  |  |  | 4 |  |
| <p><b>4. 4. Константа равновесия, эффекты среды</b></p>  |   |  |  |  |  |  |   |  |
| <p>1. Константа равновесия - химический инвариант. Закон действующих масс для равновесия в растворе. Эффекты среды. Концепция Льюиса. Активность и коэффициент активности. Константы равновесия выраженные через активности. Концентрационные константы. Ионная сила раствора. Растворы сильных электролитов, кажущаяся степень диссоциации.</p> | 2 |  |  |  |  |  |   |  |
| <p>2. Измерение активности ионов. Ионоселективные мембраны и электроды. Ионметрия. Электроды (индикаторные и сравнения). Хлорсеребряный и каломельный электроды. Устройство и основные принципы работы. Особенности применения, преимущества и недостатки ионоселективных сенсорных датчиков.</p>  |   |  |  |  |  |  |   |  |
| <p>3. Расчет среднеионных коэффициентов активности ионов. Уравнения для расчета среднеионных коэффициентов активности в водных растворах (Дебая-Хюккеля, Васильева и т.д). Принцип постоянной ионной силы. Правило Харнеда. Теория специфического взаимодействия (SIT) и ее использование.</p>   | 2 |  |  |  |  |  |   |  |

|  |   |  |  |  |  |  |   |  |
|--|---|--|--|--|--|--|---|--|
| <p>4. Шкалы активности ионов. Проблема определения активности индивидуального иона. Активность ионов водорода. Построение шкалы активности ионов на примере рН. Границы применимости шкалы рН. Шкалы активности других ионов. Стеклокислотные электроды. Особенности обращения со стеклянными электродами.</p>   |   |  |  |  |  |  | 4 |  |
| <p>5. Закон действующих масс для равновесия в растворе. Концепция Льюиса. Активность и коэффициент активности. Константы равновесия выраженные через активности. Концентрационные константы. Ионная сила раствора. Растворы сильных электролитов, кажущаяся степень диссоциации. Ионселективные мембраны и электроды. Ионметрия. Электроды (индикаторные и сравнения). Хлорсеребряный и каломельный электроды. Устройство и основные принципы работы. Особенности применения, преимущества и недостатки ионселективных сенсорных датчиков</p>  | 2 |  |  |  |  |  |   |  |
| <p>6. Уравнения для расчета среднеионных коэффициентов активности в водных растворах (Дебая-Хюккеля, Васильева и т.д). Принцип постоянной ионной силы. Правило Харнеда. Теория специфического взаимодействия (SIT) и ее использование. Проблема определения активности индивидуального иона. Активность ионов водорода. Построение шкалы активности ионов на примере рН. Границы применимости шкалы рН. Общие представления о функциях кислотности и основности (на примере функции Гаммета или любой другой) Шкалы активности других ионов. Стеклокислотные электроды. Особенности обращения со стеклянными электродами</p> | 2 |  |  |  |  |  |   |  |

| <b>5. 5. Вторичные концентрационные переменные, диаграммы распределения</b>   |   |  |  |  |  |  |    |  |
|---|---|--|--|--|--|--|----|--|
| 1. Вторичные концентрационные переменные. Среднелигандное число. Функция образования. Мольная доля формы. Функция Закомплексованности.  | 2 |  |  |  |  |  |    |  |
| 2. Диаграммы распределения для многоосновных кислот. Построение и анализ диаграмм распределения химических форм от рН в случае диссоциации многоосновных кислот на основании известных в литературе констант протонирования или констант диссоциации.   | 2 |  |  |  |  |  |    |  |
| 3. Диаграммы распределения комплексных форм. Построение и анализ диаграмм распределения химических форм от рН при ступенчатом образовании комплексных соединений на основании известных в литературе значений констант устойчивости комплексов.   |   |  |  |  |  |  | 14 |  |
| 4. Среднелигандное число. Функция образования. Мольная доля формы. Функция закомплексованности. Построение и анализ диаграмм распределения химических форм от рН в случае диссоциации многоосновных кислот на основании известных в литературе констант протонирования или констант диссоциации. Построение и анализ диаграмм распределения химических форм от рН при ступенчатом образовании комплексных соединений на основании известных в литературе значений констант устойчивости комплексов. | 2 |  |  |  |  |  |    |  |
| <b>6. 6. Окислительно-восстановительные равновесия</b>  |   |  |  |  |  |  |    |  |

|   |   |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>1. Направление окислительно-восстановительных реакций. Стандартные электродные потенциалы (E<sup>0</sup>Ox/Red). Работа в электрохимической цепи. Вычисление ΔG и константы равновесия при известных (E<sup>0</sup>Ox/Red). Расчет (E<sup>0</sup>Ox/Red) исходя из известных значений стандартных электродных потенциалов для других редокс-пар. Вольтэквивалент.</p>                          |   |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>2. Оценка устойчивости различных степеней окисления химических элементов. Формы представления данных по стандартным электродным потенциалам. Ряды Латимера и диаграммы Фроста, их применение. Оценка восстановительной и окислительной способности воды. Критерии для сравнения устойчивости соединений с различными степенями окисления в водных растворах. Влияние pH на равновесия ОВР.</p> | 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>3. Стандартные электродные потенциалы (E<sup>0</sup>Ox/Red). Работа в электрохимической цепи. Вычисление ΔG и константы равновесия при известных (E<sup>0</sup>Ox/Red). Расчет (E<sup>0</sup>Ox/Red) исходя из известных значений стандартных электродных потенциалов для других редокс-пар. Вольтэквивалент.</p>  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| <p>4. Формы представления данных по стандартным электродным потенциалам. Ряды Латимера и диаграммы Фроста, их применение. Оценка восстановительной и окислительной способности воды. Критерии для сравнения устойчивости соединений с различными степенями окисления в водных растворах. Влияние pH на равновесия.</p>  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |

|  |    |  |  |  |  |  |    |  |
|--|----|--|--|--|--|--|----|--|
| 5. Самостоятельная работа студентов предполагает два ее вида: освоение теоретического материала дисциплины и выполнение заданий для закрепления и проверки опорных знаний. |    |  |  |  |  |  | 42 |  |
| 6.   |    |  |  |  |  |  |    |  |
| Всего  | 34 |  |  |  |  |  | 74 |  |

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

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

1. Скопенко В. В., Цивадзе А. Ю., Савранский Л. И., Гарновский А. Д. Координационная химия: учеб. пособие для студентов по специальности 020101.65 - "Химия"(Москва: Академкнига).
2. Хартли Ф. Р., Бергес К., Оллок Р., Петрухин О. М. Равновесия в растворах: пер. с англ.(Москва: Мир).
3. Большакова Т. А., Брыкина Г. Д., Гармаш А. В., Дмитриенко С. Г., Золотов Ю. А. Основы аналитической химии: Т. 1: учебник для студентов вузов по химическим направлениям : в 2 т.(Москва: Издательский центр "Академия").
4. Алов Н. В., Барбалат Ю. А., Борзенко А. Г., Гармаш А. В., Золотов Ю. А. Основы аналитической химии: Т. 2: учебник для студентов вузов по химическим направлениям : в 2 т.(Москва: Издательский центр "Академия").
5. Головнев Н. Н., Петров А. И. Равновесие в растворах: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. 02100.10062 «Химия»](Красноярск: СФУ).

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

1. MS Power point
2. MS Internet explorer
3. Adobe Reader
4. Microsoft Office Excel

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

1. Электронная химическая энциклопедия – он-лайн.- Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/>.
2. Сайт по применению методов математической статистики и теории вероятностей в аналитической химии для обработки результатов аналитических измерений.- Режим доступа: <http://chemstat.com.ru/>
3. Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, кафедра коллоидной химии. - Режим доступа: <http://colloid.distant.ru/1-test.html>

## **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)**

Для проведения лекционных и практических занятий необходимо следующее оборудование:

Технические средства обучения (мультимедийный проектор, интерактивная доска, ПЭВМ).