

**Компонент ОПОП 04.03.01 Химия. Аналитическая химия и химическая**

**экспертиза**  
наименование ОПОП

**Б1.В.10**  
шифр дисциплины

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Дисциплины  
(модуля)**

**Расчет ионных равновесий**

---

Разработчик (и):

Деркач С.Р.

профессор

д.х.н., профессор

Утверждено на заседании кафедры

ХИМИИ  
наименование кафедры

протокол № 6 «16» февраля 2024 г.

Заведующий кафедрой химии



Дякина Т.А.  
ФИО

**Мурманск  
2024**

## Пояснительная записка

Объем дисциплины 4 з.е.

### 1. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>ПК-1</b> Способен применять систему фундаментальных химических понятий и законов в области аналитической химии и химической экспертизы</p>	<p>ИД-1пк.1 Владеет понятийным аппаратом химической науки и её основными законами. ИД-2пк.1 Знает условия и особенности проведения эксперимента при исследовании реальных объектов, включая требования к качеству химических реактивов, необходимых для работы на современном оборудовании. ИД-3пк.1 Планирует химический эксперимент, связанный с обнаружением и количественным определением веществ в составе исследуемого сырья, материала, продукта. ИД-4пк.1 Интерпретирует и оценивает результаты контроля качества объектов химического анализа в соответствии с установленными требованиями. ИД-5пк.1 Анализирует и систематизирует результаты проведенного химического анализа.</p>	<p><b>Знать:</b> основные понятия и определения, используемые для описания гомогенных и гетерогенных систем с ионными равновесиями; основные математические приемы, используемые для вывода и решения уравнений, описывающих те или иные химические равновесия.</p> <p><b>Уметь:</b> математически исследовать различные равновесия, рассчитывать условия и полноту протекания реакций, определять равновесные концентрации химических форм элементов в системе.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками расчётов в многофазных многокомпонентных системах, на основе которых можно установить, являются ли целевые продукты равновесными, определить оптимальные параметры процесса получения равновесного продукта и основные технологические показатели этого процесса; владеть навыками прогнозирования возможности подавления процессов образования побочных продуктов и оценки оптимальной температуры процесса, высказывать соображения о возможном механизме процесса. Владеть навыками поиска необходимой информации в профессиональных базах данных (в т.ч., патентных).</p>

### 2. Содержание дисциплины (модуля)

#### Модуль 1. Введение. Признаки равновесного состояния

Признаки равновесного состояния. Равновесие как результат протекания противоположно направленных реакций. Принцип подвижного равновесия. Сложные равновесия.

#### Модуль 2. Закон действующих масс. Общий подход к расчету равновесий

Константа равновесия. Способы выражения константы равновесия. Связь константы равновесия с термодинамическими функциями. Химическое сродство.

Математические методы, используемые при расчетах равновесий. Материальный баланс, протонное условие. Условие электронейтральности.

### **Модуль 3. Кислотно-основные равновесия в водных растворах**

Сильные кислоты и основания. Ионизация воды. Ионное произведение воды.

Расчет pH в растворах сильных кислот и оснований. Титрование сильных кислот и оснований. Общее уравнение кривой титрования. Слабые одноосновные кислоты и основания. Ионизация слабой кислоты, константы ионизации. Вычисление pH слабой кислоты. Общее уравнение для pH слабой кислоты. Приближенные уравнения для pH слабой кислоты.

### **Модуль 4. Графические способы описания равновесий**

Распределительная диаграмма. Концентрационно-логарифмическая диаграмма. Ионизация слабого основания. Аналогия между слабыми кислотами и основаниями. Сопряженные кислоты и основания. Константы их ионизации.

Вычисление pH растворов солей. Буферные растворы. Расчет pH буферных растворов. Расчет pH в растворе соли слабой кислоты и слабого основания.

### **Модуль 5. Растворимость простых ионных солей в чистой воде**

Эффект общего иона. Осаждение соли при смешении двух растворов. Сложности при расчетах растворимости. Графический способ расчета растворимости солей с помощью концентрационно логарифмических диаграмм. Растворимость солей слабых одноосновных кислот. Многоосновные кислоты. Ступенчатая диссоциация. Расчет pH в растворах солей многоосновных кислот. Концентрационно-логарифмические диаграммы.

### **Модуль 6. Комплексообразование. Ступенчатое комплексообразование в растворе**

Вычисления при наличии ступенчатых равновесий. Влияние комплексообразования на растворимость солей. Растворимость как функция концентрации лигандов. Гидролиз ионов металла.

## **4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)**

### ***Основная литература:***

1. В.А. Михайлов, О.В. Сорокина, Е.В. Савинкина, М.Н. Давыдова, Химическое равновесие. Москва: Бинوم. Лаборатория знаний. 2011
2. А.П. Чупахин, Ионные процессы в водных растворах. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т. 2014

### ***Дополнительная литература:***

3. Булатов М.И. Расчеты равновесий в аналитической химии Л.: Химия, 1984
4. В.И.Белеванцев, Б.И.Пещевецкий, Исследование сложных равновесий в растворах Новосибирск: Наука, 1978
5. Д. Шрайвер, П. Эткинс, Неорганическая химия (в 2-х томах) М.: Мир. 2009

## 6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <http://chemistry-chemists.com/Uchebniki.html>
2. Химия: новости науки <http://chemport.ru/>
3. Российский химико-аналитический портал <http://www.anchem.ru>
4. <http://moya-shkola.info/>
5. <http://knigozilla.ru/9266-analiticheskaja-khimija..html>
6. <http://www.nofollow.ru/detail106408.htm>
7. Аналитическая химия в России <http://www.wssanalytchem.org/default.aspx>
8. <http://anchem.ru/>
9. <http://chemexpress.fatal.ru>

## 7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

- 1) *Офисный пакет Microsoft Office 2007*
- 2) *Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader*

## 8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)** представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой магистратуры, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
  - помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МАУ;
- Не допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

## 10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности	Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения			
	Очная			Всего часов
	Семестр			
	6			
Лекции	48			48
Практические занятия	48			48
Лабораторные работы				
Самостоятельная работа	48			48

Подготовка к промежуточной аттестации				
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>144</b>			<b>144</b>
/ из них в форме практической подготовки	48			48

#### Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

Экзамен	-			
Зачет/зачет с оценкой	+/-			
Курсовая работа (проект)	-			
Количество расчетно-графических работ	-			
Количество контрольных работ	-			
Количество рефератов	-			
Количество эссе	-			

#### Перечень практических занятий

№ п/п	Темы практических занятий
1.	Закон действующих масс. Способы выражения константы равновесия. Составление выражений для констант равновесия различных реакций (в разбавленных растворах).
2.	Общие принципы расчета химических равновесий. Усложненные методы расчета рН, приближения и допущения, используемые в таких случаях. Выведение условий материального баланса и электронейтральности для различных систем.
3.	Расчет рН в растворах сильных кислот и оснований
4.	Расчет рН слабых одноосновных кислот и однокислотных оснований
5.	Гидролиз солей
6.	Буферные системы, сущность буферного действия, вычисление рН буферных систем, буферная емкость
7.	Произведение растворимости. Образование осадков. Растворимость в индифферентном растворителе, в присутствии стороннего электролита, в присутствии одноименного иона, при наличии побочных реакций (комплексобразование, протонирование). Осаждение как метод разделения, дробное осаждение. Влияние рН на осаждение и растворение гидроксидов
8.	Расчет рН слабых многоосновных кислот и многокислотных оснований. Соли многоосновных кислот, расчет рН. Смеси двух слабых одноосновных кислот.
9.	Комплексные соединения. Расчет равновесных концентраций в растворах комплексных соединений. Типовой расчет равновесных концентраций частиц при условиях известных начальных концентраций комплексообразователя и лиганда и известных ступенчатых константах устойчивости. Расчеты

	равновесных концентраций частиц в условиях образования смешаннолигандных комплексов, конкуренции двух комплексообразователей за один лиганд, вступления лиганда в побочные реакции.
--	---