

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана химического факультета  
\_\_\_\_\_ А.С. Князев

» апреля 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Сольватация ионов и химические равновесия в растворах**

по направлению подготовки

**04.04.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:

**«Фундаментальная и прикладная химия веществ и материалов»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2021**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.В.ДВ.01.06

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_ А.С. Князев

Председатель УМК

\_\_\_\_\_ Б.В. Хасанов

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

– ПК-3. Способен к решению профессиональных производственных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. Разрабатывает стратегию научных исследований, составляет общий план и детальные планы отдельных стадий.

ИПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.

ИПК-1.3. Использует современное физико-химическое оборудование для получения и интерпретации достоверных результатов исследования в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках, применяя взаимодополняющие методы исследования.

ИПК-3.1. Анализирует имеющиеся нормативные документы по системам стандартизации, разработки и производству химической продукции и предлагает технические средства для решения поставленных задач.

ИПК-3.2. Производит оценку применимости стандартных и/или предложенных в результате НИР технологических решений на применимость с учетом специфики изучаемых процессов.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Научиться понимать роль растворителя в химических равновесиях в реальных системах и разрабатывать стратегию научных исследований в оптимальной среде;

– Уметь выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов;

– Владеть культурой планирования исследований, получения и обработки результатов научных экспериментов.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы. Дисциплина входит в модуль Дисциплины (модули) по выбору 1 (ДВ.1).

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 3, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Математика», «Информатика».

## **6. Язык реализации**

Русский

## 7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 12 ч.;

– практические занятия: 20 ч.

в том числе практическая подготовка: 20 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## 8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. *Сольватация и химические равновесия в реальных системах.*

Сольватация, ионизация и диссоциация. Молекулярная и ионная ассоциация. Влияние сольватации на равновесие. Структура и свойства растворителей. Классификация растворителей. Сольватация ионов. Первичная и вторичная (ближняя и дальняя) сольватации. Сольватация и комплексообразование. Влияние донорно-акцепторной природы растворителя на химические равновесия в растворах. Роль растворителя в формировании состояния ионов: донорная сила, акцепторная сила и сольватация аниона, стерические факторы, структура растворителя.

Тема 2. *Комплексные соединения.*

Основные положения теории Вернера. Химические связи в комплексах. Основные типы комплексов: комплексные ионы, внутрикомплексные соединения, ионные ассоциаты. Хелатный эффект. Роль комплексных соединений в химико-аналитических процессах. Механизмы замещения лигандов в комплексах. Лабильные и инертные лиганды. Образование комплексов из гидратированных ионов.

Тема 3. *Типы химических равновесий.*

Равновесия реакций комплексообразования. Функция комплексообразования Бьеррума. Диаграммы состояний комплексных ионов в зависимости от концентрации лиганда. Равновесия кислотно-основных реакций (протонирование лиганда). Константа протонирования. Диаграммы продуктов диссоциации кислот и оснований. Равновесия окислительно-восстановительных реакций.

Тема 4. *Условные константы равновесия.*

Связь условных и термодинамических констант. Коэффициент побочной реакции. Роль pH при комплексообразовании. Определение состава соединений в оптимальных для анализа условиях. Оценка константы равновесия процесса как средства направленного действия.

Тема 5. *Применение конкурирующих реакций в анализе.*

Методы окислительно-восстановительного титрования. Смещение стандартного окислительно-восстановительного потенциала. Линеаризация кривых титрования по методу Грана и по методу Марьянова. Метод полярографии. Влияние комплексообразования на прямое и косвенное определение ионов металлов.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, выполнения и защиты индивидуальных творческих заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценка за выполнение творческого задания имеет удельный вес в зависимости от его сложности и трудоёмкости и выражается в баллах.

Пример индивидуального творческого задания:

Предложите оптимальную область pH раствора для разделения неорганических (селениты и селенаты) и органических (селенометионин, селеноцистеин) форм селена методом ионного обмена.

Максимальная оценка – 25 баллов.

*Критерии оценивания:*

1. Обосновано влияние кислотности раствора (рН) на состояние неорганических и органических форм селена – 5 баллов.
2. Выбран интервал рН для оптимизации – 5 баллов.
3. Рассчитаны молярные доли неорганических и органических форм селена и построены диаграммы состояния в зависимости от рН – 10 баллов.
4. Предложены оптимальные условия (рН раствора, тип ионообменника) для разделения неорганических и органических форм селена– 5 баллов.

По результату выполненного индивидуального задания оценивается сформированность компетенций ИПК-1.1., ИПК-1.2. и ИПК-3.2. (не менее 15 баллов) и даётся допуск к промежуточной аттестации.

### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет проводится в форме тестирования. Задания теста соответствуют компетентностной структуре дисциплины. Тест включает 12 заданий. Продолжительность тестирования 45 минут.

Задания теоретического характера на соответствие, множественный выбор, проверяющие ПК-1 и ПК-3. Некоторые задания теоретического характера носят проблемный характер и предполагают ответы в развёрнутой форме.

Примерный перечень тестовых заданий

Задание 1. Найдено, что устойчивость галогенидных комплексов таллия изменяется в ряду:

- а) в воде –  $TlI > TlBr > TlCl$ ;
  - б) в диметилформамиде  $(CH_3)_2NC(O)H$  -  $TlCl > TlBr > TlI$
- Объясните влияние растворителей на устойчивость комплексов.

Задание 2. От каких свойств растворителя зависит степень ионизации электролита:

- А) донорные свойства растворителя;
- Б) акцепторные свойства;
- В) диэлектрическая проницаемость?

Напишите реакцию ионизации электролита АВ в растворителе S.

Максимальное число баллов за тестирование – 60. Зачёт ставится, если студент набирает не менее 60 % (36 баллов).

### **11. Учебно-методическое обеспечение**

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=23483>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План практических занятий по дисциплине.
- г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

### **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

- а) основная литература:
  - Киселев М. Г. Структурная самоорганизация в растворах и на границе раздела фаз / М. Г. Киселев [и др.]. – М. : Рос. акад. наук, Ин-т химии растворов, 2008. – 539 с.
  - Киселев М. Г. Теоретические и экспериментальные методы химии растворов / М. Г. Киселев [и др.]. – М. : Рос. акад. наук, Ин-т химии растворов: Проспект, 2011. – 683 с.

– Кесслер Ю. М. Вода: структура, состояние, сольватация: достижения последних лет / Ю. М. Кесслер [и др.]. – М. : Наука. Рос. акад. наук, Ин-т химии растворов, 2003. – 403 с.

– Михайлов В. А. Химическое равновесие: учебное пособие / В. А. Михайлов [и др.]; под ред. Академика РАН А.Ю. Цивадзе. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 197 с.

б) дополнительная литература:

– Достижения и проблемы теории сольватации: Структурно-термодинамические аспекты / В. К. Абросимов [и др.]; Отв. ред. А. М. Кутепов; Рос. АН, Ин-т химии неводных растворов. – М. : Наука, 1998. – 244 с.

– Бургер К. Сольватация, ионные реакции и комплексообразование в неводных средах / К. Бургер. М. : Мир, 1984. – 256 с.

– Крестов Г. А. Современные проблемы химии растворов / Г. А. Крестов [и др.]. – М. : Наука, 1986. – 264 с.

– Ionic Equilibria in Analytical Chemistry electronic resource /by Jean-Louis Burgot. New York, NY: Springer New York: Imprint: Springer, 2012. XXIV, 772 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-8382-4>.

в) ресурсы сети Интернет:

– Крестов Г. А. Термодинамика ионных процессов в растворах. [Электронный ресурс] <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000048719/000048719>

– Афанасьев Б. Н. Физическая химия. [Электронный ресурс] / Б. Н. Афанасьев, Ю.П. Акулова. – СПб. : Лань, 2012. – 416 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4312](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4312)

– Буданов В. В. Химическая кинетика: учебное пособие. [Электронный ресурс] / В. В. Буданов, Т. Н. Ломова. – СПб. : Лань, 2014. – 288 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=42196](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=42196)

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

### **15. Информация о разработчиках**

Скворцова Лидия Николаевна, канд. хим. наук, доцент, кафедра аналитической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.