



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной и прикладной химии

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

(подпись)

Т.П. Кустова

« 01 » 09 20 21 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Современные направления в термодинамике растворов

Уровень высшего образования:	магистратура
Квалификация выпускника:	магистр
Направление подготовки:	04.04.01 Химия
Направленность (профиль) образовательной программы:	Инноватика в химии и химическом образовании



## 1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины «Современные направления в термодинамике растворов» является формирование представлений о современных подходах при определении и интерпретации термодинамических параметров ионных реакций в растворах применительно к протолитическим реакциям и реакциям комплексообразования. В задачи курса входит знакомство с вопросами, связанными со стандартизацией термодинамических величин и учета межмолекулярного взаимодействия, а также особенностей экспериментального изучения ионных реакций в растворах. Практикум ориентирован на выработку навыков компьютерной обработки экспериментальных данных физико-химических методов, полученных при изучении реакций в растворах. Также курс направлен на теоретическую и практическую подготовку студента к выполнению научно-исследовательской работы (в соответствии с тематикой НИР кафедры), которая оформляется в дальнейшем ими как магистерская диссертация.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Данная дисциплина относится к базовой части (дисциплина по выбору). Она является логическим и содержательно-методическим продолжением дисциплин «Физическая химия» и «Термодинамика процессов в живых системах». Курс базируется на основных положениях аналитической и физической химии, а также численных методов в химии. Данная дисциплина необходима при прохождении научно-исследовательской практики и написании магистерской диссертации.

Для освоения данной дисциплины студент должен:

Знать:

основные положения аналитической и физической химии, а также основы численных методов.

Уметь:

применять законы физической и аналитической химии для расчета термодинамических параметров процессов, а также равновесных составов растворов;

Иметь: практический опыт/иметь навыки:

решения типовых задач по основным разделам физической химии растворов и компьютерной обработки экспериментальных данных.

Дисциплина «Современные направления в термодинамике растворов» является предшествующей для производственной практики, научно-исследовательской работы и выполнения выпускной квалификационной работы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

### 3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

а) профессиональные (ПК):

*ПК-3* - Способность выявлять актуальные научные проблемы в химии, в том числе находящиеся на стыке различных областей наук и разрабатывать подходы к их решению;

*ПК-4* - Способность проводить научные исследования в химии и смежных науках самостоятельно и в составе исследовательских коллективов;

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

современное состояние проблематики физической химии растворов (ПК-3); принципы изучения реакций в растворе и получения их полных термодинамических параметров (ПК-3);

Уметь:



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

применять основные понятия и законы физической и координационной химии для описания равновесий в растворе (ПК-3); химически грамотно подходить к описанию процессов и равновесий в растворе и использовать для этого различные источники информации, в том числе интернет-ресурсы (поисковые системы, справочники, компьютерные базы данных) (ПК-3); самостоятельно формулировать основные результаты своей научной работы в области термодинамики реакций в растворе (ПК-4);

Иметь:

навыки постановки эксперимента по изучению равновесных процессов в растворе с использованием имеющейся аппаратурной базы (ПК-3); навыки расчета ключевых термодинамических параметров (ПК-3); навыки использования компьютерных программ при моделировании равновесий в растворе и обработке экспериментальных данных (ПК-4);

#### 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 академических часов).

##### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам)

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем		Формы текущего контроля успеваемости  Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	
1.	Введение. Характеристика и особенности растворенного состояния. Развитие взглядов на строение растворов.	3	2		Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
2.	Применение термодинамических методов к ионным реакциям в растворах.	3	2	4	Освоение компьютерной программы. Отчеты по индивидуальной и лабораторной работам.
3	Термодинамика ионной сольватации	3	4		Опорный конспект
4	Основные закономерности термодинамических параметров ионных реакций в растворах	3	2	2	Отчеты по индивидуальной и лабораторной работам. Тестирование
5	Термодинамика хелатного эффекта	3	2	2	Опорный конспект
6	Защита проекта	3		2	Устное выступление
Итого за семестр:			12	10	Зачет

##### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

Введение. Характеристика и особенности растворенного состояния. Развитие взглядов на строение растворов.

###### Раздел 1. Применение термодинамических методов к ионным реакциям в растворах.

Термодинамические характеристики неидеальных систем. Активность, коэффициенты активности. Симметричное и несимметричное стандартное состояние раствора. Химические потенциалы и коэффициенты активности ионов в растворе. Термодинамическая и концентрационная константы равновесия. Правило постоянной ионной силы. Изменение энтальпии (тепловой эффект) химической реакции, его зависимость от ионной силы раствора и природы фонового электролита. Изменение энтропии химической реакции. Основы теории растворов сильных электролитов (теория Дебая-Хюккеля) и её применение для приведения термодинамических параметров химических реакций к стандартному состоянию.



**Раздел 2. Термодинамика ионной сольватации.** Явление сольватации ионов. Понятие сольватации. Методы деления параметров сольватации электролита на ионные составляющие. Расчёт параметров гидратации в цезий-йодидной шкале. Экспериментальное определение чисел сольватации. Термодинамические параметры реакций кислотно-основного взаимодействия и комплексообразования в растворах.

**Раздел 3. Основные закономерности термодинамических параметров ионных реакций в растворах.**

Факторы, определяющие термодинамические параметры ионных реакций в растворах. Взаимосвязь изменения энтальпии с характером и прочностью связей металл-лиганд в комплексных соединениях. Взаимосвязь изменения энтропии реакции с сольватационными процессами. Подход Васильева к оценке вклада сольватационного эффекта в изменение энтропии и теплоёмкости реакции в растворе. Анализ термодинамических параметров ионных реакций по модели Гэрни-Андерсга.

**Раздел 4. Основные закономерности термодинамических параметров ионных реакций в неводных и смешанных растворителях.**

Параметры переноса и их экспериментальное определение. Термодинамическое описание роли растворителя в реакциях кислотно-основного взаимодействия и комплексообразования. Сольватационно-термодинамический подход к оценке роли растворителя. Анализ количественных соотношений сольватационных характеристик реагентов и термодинамических параметров реакции.

**Раздел 5. Термодинамика хелатного эффекта.** Особенности комплексообразования с участием полидентатных лигандов. Хелатный и макроциклический эффекты. Энтальпийный и энтропийный вклады в хелатный эффект. Другие факторы, определяющие термодинамические параметры ионных реакций в растворах.

## **5. Образовательные технологии**

При реализации дисциплины «Современные направления в термодинамике растворов» используются следующие образовательные технологии:

- рейтинговая технология;
- технология развития критического мышления;
- технология учебной дискуссии;
- групповая работа.

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- технологии смешанного обучения.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов направлена на углубленное самостоятельное изучение отдельных разделов и тем рабочей программы. Самостоятельная работа студентов проходит в форме изучения теоретического материала (лекций, рекомендованной литературы, в том числе и самостоятельного поиска материалов в глобальной сети, включая ЭБС). К самостоятельной работе относится также подготовка к лабораторным занятиям с использованием методических указаний, расположенных на сайте библиотеки ИВГУ (электронная библиотека):

[Компьютерное моделирование равновесий в растворах по программе RRSU : учебное пособие / Иван. гос. ун-т ; сост. Е. В. Козловский .— Иваново : ИВГУ, 2013 .— 40 с .— ISBN 978-5-7807-1043-1. URL: \[http://lib.ivanovo.ac.ru/elib/dl/biology/ucheb/kozlovsky\\\_2013\\\_1.htm\]\(http://lib.ivanovo.ac.ru/elib/dl/biology/ucheb/kozlovsky\_2013\_1.htm\)](http://lib.ivanovo.ac.ru/elib/dl/biology/ucheb/kozlovsky_2013_1.htm)

**7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

Контроль текущей успеваемости осуществляется по мере выполнения студентом индивидуальных заданий (домашних и лабораторных) и проекта:

1. Решение 3 многовариантных задач;
2. Отчёт по индивидуальному практическому заданию.
3. Защита проекта

Защита проекта студентом проводится в форме устного выступления с презентацией по результатам его работы по поиску и систематизации информации в соответствии с выбранной темой. К экзамену допускаются студенты, решившие все задачи, успешно выполнившие практическую работу и защитившие проект.

Зачет проводится в форме бланкового тестирования.

Оценка «зачтено» выставляется студенту на основе результатов тестирования (в соответствии с процентом правильных ответов). Оценка «не зачтено» выставляется студенту в случае невыполнения им индивидуальных заданий, проектной работы или крайне низкого % правильных ответов при тестировании на зачете.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Основы химической термодинамики: к курсу физической химии: учебное пособие / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская, В.П. Барабанов; Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный технологический университет». - Казань: КГТУ, 2011. - 218 с. : ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1151-0 ; То же <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258361>
2. Гамбург, Ю.Д. Химическая термодинамика : учебное пособие / Ю.Д. Гамбург. - эл. изд. - М. : Лаборатория знаний, 2016. - 240 с. : схем., табл. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-00101-434-8 ; То же - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445091>
3. Основы термохимии. I закон термодинамики: индивидуальные задания для коллоквиума и практических занятий / Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» ; сост. Л.А. Павличенко, Р.И. Юсупова. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 42 с. - Библиогр. в кн. ; То же - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=42877>

Дополнительная литература:

1. Федотов, М.А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости / М.А. Федотов. - М. : Физматлит, 2010. - 384 с. - ISBN 978-5-9221-1202-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76645>
2. Биологическая неорганическая химия=Biological Inorganic Chemistry: структура и реакционная способность : в 2-х т. / И. Бертини, Г. Грей, Э. Стифель, Д. Валентине ; под ред. Н.Т. Кузнецов, Е.Р. Милаева, К.Ю. Жижин ; пер. с англ. В.В. Авдеева и др. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - Т. 1-2. - 1148 с. : ил. - (Лучший зарубежный учебник). - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9963-1455-3 ; То же - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362962>
3. Неудачина, Л.К. Физико-химические основы применения координационных соединений: учебное пособие / Л.К. Неудачина, Н.В. Лакиза ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. - 125 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7996-1297-9 ; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275816>.



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

---

4. Электрохимия и химическая кинетика : учебное пособие / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская, В.П. Барабанов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 371 с. : табл., граф., ил. - ISBN 978-5-7882-1658-4; URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427844](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427844)

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»  
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office, интернет-браузер Yandex Browser.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;

- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: электронные пособия (презентации)



Основная профессиональная образовательная программа  
04.04.01 Химия  
(Инноватика в химии и химическом образовании)

---

**Автор рабочей программы дисциплины:**

доцент кафедры фундаментальной и прикладной химии, доцент, к.х.н. Пырзу Д.Ф.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной и прикладной химии 31 августа 2021 г., протокол № 1.

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2023 г.

Согласовано:

Руководитель ОП

Т.П. Кустова