



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной и прикладной химии

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП Т.П. Кустова

29 августа 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Термодинамика реакций в растворах**

Уровень высшего образования:	специалитет
Квалификация выпускника:	Химик. Преподаватель химии
Специальность:	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Направленность (профиль) образовательной программы:	Фундаментальная и прикладная химия



### **1. Цели освоения дисциплины**

Цель данной дисциплины - рассмотрение основ химической термодинамики применительно к ионным реакциям в растворах – протолитическим реакциям и реакциям комплексообразования. Дисциплина включает курс лекций, семинарские и практические работы. В лекционном курсе рассматриваются теоретические основы химической термодинамики и их практическое применение к ионным реакциям в растворах. Лабораторный практикум ориентирован на выработку навыков в решении задач по термодинамике. Также курс направлен на теоретическую и практическую подготовку студента к выполнению научно-исследовательской работы (в соответствии с тематикой НИР кафедры), которая оформляется ими как курсовая работа, а в дальнейшем входит составной частью в дипломную работу.

### **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Данная дисциплина относится к дисциплинам по выбору части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений. Успешное освоение данной дисциплины будет способствовать готовности студентов к прохождению учебной и производственной практик и успешному выполнению курсовой и выпускной квалификационной работы.

Студент, приступающий к изучению дисциплины, 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. Владеть навыками решения типовых задач по основным разделам физической химии растворов и компьютерной обработки экспериментальных данных.

Для освоения данной дисциплины обучающийся 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: навыки решения типовых задач по основным разделам физической химии растворов и компьютерной обработки экспериментальных данных.

### **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:

б) профессиональные (ПК):

ПК-3 - способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

основные понятия и принципы химической термодинамики, а также основные методы определения термодинамических характеристик реакций; принципы изучения реакций в растворе на основе термодинамического подхода;

Уметь:



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

применять основные понятия и законы физической химии для количественного описания равновесий в растворе; химически грамотно подходить к описанию процессов и равновесий в растворе, используя для этого различные источники информации, в том числе интернет-ресурсы (поисковые системы, справочники, компьютерные базы данных), а также химически грамотно формулировать основные результаты своей научной работы в области термодинамики реакций в растворе; планировать оптимальные концентрационные и другие условия проведения термодинамического эксперимента;

Иметь:

навыки использования численных методов (компьютерных программ) при решении задач по химической термодинамике и моделировании равновесий в растворе и обработке экспериментальных данных; навыки постановки эксперимента по определению термодинамических параметров реакций в растворе.

#### 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 академических часов), в т.ч. выполнение курсовой работы – 32 академических часа.

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

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем		Формы текущего контроля успеваемости
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Формы промежуточной аттестации
1.	Основы химической термодинамики.	8	4		
2.	Методы определения термодинамических параметров реакций в газовой фазе и растворе.	8	10	8	Отчеты по индивидуальным заданиям Контрольная работа
3	Химическое равновесие. Сложные равновесия.	8	10	8	Отчеты по индивидуальным заданиям Контрольная работа
4	Термодинамика гальванического элемента	8	8	8	Отчеты по индивидуальным заданиям Контрольная работа
5	Применение термодинамических методов к ионным реакциям в растворах.	8	20	12	Отчеты по индивидуальным заданиям Контрольная работа
6	Освоение компьютерных программ для расчета равновесных составов растворов и обработки экспериментальных данных.	8		24	Отчеты по индивидуальным заданиям с использованием компьютерных программ.
			52	36+24	Курсовая работа
Итого за семестр:			52	60	Зачет.

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

###### Раздел 1. Основы химической термодинамики.

Введение. Основные понятия и определения. Законы термодинамики. Первое начало термодинамики. Энтальпия. Теплоёмкость. Второе начало термодинамики. Энтропия. Термодинамические потенциалы. Энергия Гиббса и её изменение в самопроизвольном процессе. Химический потенциал. Химический потенциал идеального газа и компонента идеального



раствора. Третий закон термодинамики (тепловая теорема Нернста). Нулевой закон термодинамики. Важнейшие соотношения химической термодинамики. Уравнение изотермы химической реакции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Уравнение изобары химической реакции (уравнение Вант-Гоффа). Уравнение Кирхгофа.

## **Раздел 2. Методы определения термодинамических параметров реакций в газовой фазе и растворе.**

Экспериментальные методы определения термодинамических параметров реакций в растворах. Потенциометрия. Обработка экспериментальных данных по принципу максимального правдоподобия. Калориметрия. Метод растворимости.

## **Раздел 3. Химическое равновесие. Сложные равновесия.**

Рассмотрение случаев установления равновесий в системах, в которых параллельно протекают два и более взаимосвязанных процессов различной стехиометрии. Особенности решения задач на сложные равновесия.

## **Раздел 4. Термодинамика гальванического элемента.**

Связь между энергией Гиббса электрохимической реакции и ЭДС гальванического элемента. Вывод формул для расчета  $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  электрохимической реакции. 3 Зависимость ЭДС гальванических элементов от температуры. Температурный коэффициент ЭДС и методы его определения. Связь между знаком температурного коэффициента и характером электрохимической реакции.

## **Раздел 5. 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 и её применение для приведения термодинамических параметров химических реакций к стандартному состоянию.

## **5. Образовательные технологии**

При реализации дисциплины «Термодинамика реакций в растворе» 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 (контрольным работам) 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**

Контроль текущей успеваемости осуществляется по рейтинговой оценке текущей успеваемости в 100-бальной шкале, которая складывается из оценок за результаты выполнения студентом индивидуальных домашних заданий (решения задач) и контрольных работ.

Рейтинговая оценка текущей успеваемости по курсу «Введение в химическую термодинамику»

1. Решение домашних многовариантных задач –  $5 \times 10 = 50$  баллов
2. Выполнение контрольных работ –  $5 \times 10 = 50$  баллов

Оценку «зачтено» получают студенты, выполнившие полностью учебный план и набравшие не менее 55 баллов, т.е. имеет место накопительная оценка. Оценку «не зачтено» получают студенты, не набравшие 55 баллов.

Защита курсовой работы студентом проводится в форме устного выступления с презентацией по результатам его научно-исследовательской работы за год в соответствии с тематикой НИР кафедры. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» выставляются студенту на основе коллегиального решения преподавателей по результатам как объема проделанной им работы, так и его ответов на устные вопросы по теме НИР.

Оценка "отлично" ставится за защиту, которая показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры.

Оценка "хорошо" ставится за защиту, отличающуюся глубиной и полнотой раскрытия темы, обнаруживающее прочные знания основных процессов изучаемой предметной области; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры. Однако допускается одна - две неточности в докладе или ответах на вопросы.

Оценка "удовлетворительно" ставится в случае, если защита свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры. Допускается несколько ошибок в содержании доклада или ответов на вопросы.

Оценка "неудовлетворительно" ставится за защиту, обнаруживающую незнание процессов изучаемой предметной области, отличающуюся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы. Допускаются серьезные ошибки в содержании доклада или ответов на вопросы.

## **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 [Электронный ресурс]. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258361>



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

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 [Электронный ресурс]. - 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 [Электронный ресурс]. - 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>.

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: <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);

<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>

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 Internet Explorer, Мой университет.

## 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;

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной



Основная профессиональная образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

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  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
(Фундаментальная и прикладная химия)

---

**Автор рабочей программы дисциплины:**

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

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной и прикладной химии 29 августа 2024 г., протокол № 14.

Программа обновлена

протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(подпись)