



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

Реутов В.А.  
(Ф.И.О. рук. ОП)  
13 июля 2018 г.



«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий базовой кафедрой  
химических и ресурсосберегающих технологий  
(название кафедры)

Реутов В.А.  
(Ф.И.О. зав. каф.)  
13 июля 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Физическая и коллоидная химия

**Направление подготовки 18.03.01 – Химическая технология**  
Профиль «Технологии химических и нефтеперерабатывающих производств»

**Форма подготовки очная**

курс 2, 3 семестр 4, 5  
лекции 108 час.  
практические занятия 18 час.  
лабораторные работы 90 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 18 час/пр. 0 /лаб. 36 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 216 час.  
в том числе с использованием МАО 54 час.  
самостоятельная работа 216 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 81 час.  
контрольные работы (количество) 2  
зачет - 4, 5 семестр  
экзамен - 4, 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 21.10.2016 № 12-13-2030

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Физической и аналитической химии ШЕН  
протокол № от 201 г.

Заведующий кафедрой: д.х.н., профессор Кондриков Н.Б.  
Составители: к.х.н., доцент Артемьянов А.П., к.х.н., доцент Постнова И.В.

Оборотная сторона титульного листа

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры / академического департамента:

Протокол от " 29 " мая 2019 г. № 07

Заведующий базовой кафедрой химических и ресурсосберегающих технологий

В. А. Реутов  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Перепроверить где 2019 г. кабарк



II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента):

Протокол от " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий базовой кафедрой химических и ресурсосберегающих технологий

В. А. Реутов  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in 18.03.01 Chemical technology**

**Study profile: Technology of oil processing and chemical production**

**Course title: Physical and colloid chemistry**

**Basic part of Block B1.B.08.04, 12 credits**

**Instructor: Artemyanov A.P.**

**At the beginning of the course a student should be able to:**

the discipline "Physical and Colloidal Chemistry" is based on the knowledge and skills acquired in the study of such disciplines as "Non-organic Chemistry", "Physics", "Analytical Chemistry", "Mathematics". The knowledge gained in the study of the discipline "Physical and colloidal chemistry" is used in the performance of qualification works.

**Learning outcomes:**

- the ability and willingness to use the basic laws of natural sciences in professional activities (GPK-1)
- readiness to use knowledge of the structure of matter, the nature of chemical bonding in various classes of chemical compounds for understanding the properties of materials and the mechanism of chemical processes occurring in the surrounding world (GPK-3)
- the ability to plan and conduct physical and chemical experiments, process their results and evaluate errors, put forward hypotheses and set the boundaries of their application, apply methods of mathematical analysis and modeling, theoretical and experimental research (PC-19)
- willingness to use knowledge of the properties of chemical elements, compounds and materials based on them for solving problems of professional activity (PC-21).

**Course description:** The content of the discipline includes the following questions: chemical thermodynamics, the theory of solutions, chemical equilibrium, chemical kinetics, catalysis, electrochemistry, surface phenomena and properties of dispersive systems. One of the advantages of this program is a comprehensive study of physicochemical and colloidal systems in theoretical and laboratory studies. The theoretical material is divided into 9 modules. Theoretical knowledge is fixed on the laboratory classes.

**Objectives of the discipline:**

- Formation of knowledge, skills and abilities to study the basics of chemical thermodynamics and their application for the calculation of binding energy, reaction heat.

– Formation of knowledge, abilities and skills to apply the equilibrium constants of the reaction, the chemical potentials of the components of solutions, including solutions of electrolytes, for the study of the foundations of the formal kinetics of chemical processes.

– Formation of knowledge and skills for the analysis of experimental data on kinetics in order to determine the order of reaction, detection of complex reactions and limiting stages in the kinetics of a complex process.

– Formation of knowledge about surface phenomena and dispersed systems, optimization and intensification of heterogeneous chemical-technological processes involving dispersed phases; ideas about molecular interactions and special properties of the interface surfaces, adsorption layers and their influence on the properties of dispersed systems, molecular-kinetic and optical properties of dispersed systems, their stability.

**Main course literature:**

1. Osnovy fizicheskoy khimii [Elektronnyy resurs]: uchebnoye posobiye : v 2 ch. CH. 2 : Zadachi / V. V. Yeregin [i dr.]. – 3-ye izd. (el.). – Moscow.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013. – 263 s.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=485705>

2. Chorkendorf, I. Sovremennyy kataliz i khimicheskaya kinetika / I. Chorkendorf, KH. Naymantsvedrayt; per. s angl. V. I. Roldugina. - Dolgoprudnyy: Intellekt, 2010. - 501s.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:289588&theme=FEFU>

3. Kharitonov, YU. YA. Fizicheskaya khimiya: uchebnyk dlya vysshego professional'nogo obrazovaniya / YU. YA. Kharitonov. - Moscow.: GEOTAR-Media, 2013. – 608 s.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:695584&theme=FEFU>

4. Gorshkov, V. I. Osnovy fizicheskoy khimii: uchebnyk dlya vuzov / V. I. Gorshkov, I. A. Kuznetsov. – Moscow.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2010. – 407 s.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:357080&theme=FEFU>

5. Fridrikhsberg, D. A. Kurs kolloidnoy khimii: ucheb.dlya vuzov: izd. 3-ye, ispravl. / D. A. Fridrikhsberg. – SPb.: Lan', 2010. – 411 s.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307444&theme=FEFU>

6. Frolov, YU. G. Kurs kolloidnoy khimii / YU. G Frolov. – Moscow.: Khimiya, 2014. – 463 s.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:776818&theme=FEFU>

7. Belyayeva, A. P. Fizicheskaya i kolloidnaya khimiya. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam: uchebnoye posobiye / Pod red. A.P. Belyayeva. – Moscow.: GEOTAR-Media, 2012. - 320 s.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970422076.html>

8. Fizicheskaya i kolloidnaya khimiya : uchebnik / A. P. Belyayev, V. I. Kuchuk; pod red. A. P. Belyayeva. - 2-ye izd., pererab. i dop. - Moscow. : GEOTAR-Media, 2014. - 752 s.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970427668.html>

9. Kolloidnaya khimiya. Fizicheskaya khimiya dispersnykh sistem: ucheb. dlya studentov uchrezhdeniy vyssh. prof. obrazovaniya, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti 060301.65 "Farmatsiya" po distsipline "Fiz. i kolloid. khi-miya" / YU. A. Yershov. - Moscow.: GEOTAR-Media, 2013. - 352 s.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970424285.html>

**Form of final knowledge control:** credit, exam.

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Физическая и коллоидная химия» разработана для бакалавров 2 и 3 курса по направлению 18.03.01 – Химическая технология, профиль «Технология химических и нефтеперерабатывающих производств» в соответствии с требованиями ОС ВО ДВФУ по данному направлению.

Курс «Физическая и коллоидная химия» относится к разделу Б1.Б.08.04 дисциплин базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 час. Учебным планом предусмотрены лекционные (108 час.), практические (18 час.) занятия и лабораторные (90 час.) занятия, самостоятельная работа (135 час., из них 81 час. отведены на экзамен). Дисциплина реализуется в 4 и 5 семестрах 2 и 3 курсов.

Дисциплина «Физическая и коллоидная химия» опирается на знания, умения и навыки, усвоенные при изучении таких дисциплин, как «Неорганическая химия», «Физика», «Аналитическая химия», «Математика». Знания, полученные при изучении дисциплины «Физическая и коллоидная химия», используются при выполнении квалификационных работ.

Содержание дисциплины включает следующие вопросы: химическая термодинамика, теория растворов, химическое равновесие, химическая кинетика, катализ, электрохимия, поверхностные явления и свойства дисперсных систем. Одним из преимуществ данной программы является комплексное изучение физико-химических и коллоидных систем на теоретических и лабораторных занятиях. Теоретический материал разбит на 9 модулей. Теоретические знания закрепляются на лабораторных занятиях.

Курс «Физическая и коллоидная химия» продолжает и углубляет профессиональную направленность содержания дисциплин «Экология», «Органическая химия», «Общая и неорганическая химия», «Физические и физико-химические методы анализа» профильной части бакалавриата.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Физическая и коллоидная химия», могут быть использованы при изучении профильных дисциплин, в научно-исследовательской работе студентов и при подготовке выпускной квалификационной работы.

**Цель дисциплины:** формирование знаний по основам физической и коллоидной химии и формирование теоретического фундамента для изучения профильных химико-технологических дисциплин.

### Задачи дисциплины:

- Формирование знаний, умений и навыков по изучению основ химической термодинамики и их применения для расчетов энергии связи, теплоты реакции.

- Формирование знаний, умений и навыков по применению констант равновесия реакции, химических потенциалов компонентов растворов, в том числе, растворов электролитов, по изучению основ формальной кинетики химических процессов.

- Формирование знаний, умений и навыков для анализа экспериментальных данных по кинетике с целью определения порядка реакции, выявления сложных реакций и лимитирующих стадий в кинетике сложного процесса.

- Формирование знаний о поверхностных явлениях и дисперсных системах, об оптимизации и интенсификации гетерогенных химико-технологических процессов, протекающих с участием дисперсных фаз; представлений о молекулярных взаимодействиях и особых свойствах поверхностей раздела фаз, адсорбционных слоях и их влиянии на свойства дисперсных систем, молекулярно-кинетических и оптических свойствах дисперсных систем, их устойчивости.

Для успешного изучения дисциплины «Физическая и коллоидная химия» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции (элементы компетенций):

ОК-14 - способностью к самоорганизации и самообразованию.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные (ПК) компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Знает	Основные законы, формулы и правила физической и коллоидной химии для определения количественных характеристик состояний и свойств дисперсных систем. Знает теории термодинамики, химической кинетики, условия самопроизвольного протекания процессов в поверхностном слое; сущность методов получения и основные методы очистки дисперсных систем; оптические явления, основные положения теории строения ДЭС; виды устойчивости дисперсных систем; причины структурообразования в дисперсных системах; классификацию коллоидных ПАВ; сущность физико-химических методов определения

		ККМ; особенности растворов ВМС; свойства студней, эмульсий, пен и аэрозолей.
	Умеет	Определять и рассчитывать характеристические функции, поверхностную активность, поверхностное натяжение и адсорбцию, составлять формулы мицелл лиофобных зелей; определять пороги коагуляции разных электролитов; анализировать потенциальные кривые взаимодействия коллоидных частиц.
	Владеет	Навыками экспериментальных методов исследования дисперсных систем и поверхностных явлений, обрабатывать результаты эксперимента и делать соответствующие выводы и заключения.
ОПК-3 Готовностью использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	Знает	Основные законы физической и коллоидной химии и их приложения.
	Умеет	Делать профессиональные оценки приближенных значений физико-химических величин. Применять теоретические законы химии к решению различных задач, успешно проводить расчеты выхода продуктов химической реакции, степени набухания, порогов коагуляции, адсорбции.
	Владеет	Знаниями основ теории фундаментальных разделов физической и коллоидной химии, методами расчетов теплоты реакций, равновесия, скорости реакций, выхода продуктов химической реакции, степени набухания, порогов коагуляции, адсорбции.
ПК-19 Способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	Методы анализа материала для теоретических занятий, лабораторных работ и научных исследований. Способы планирования и научного прогнозирования, методы обработки результатов физико-химических исследований.
	Умеет	Применять методы анализа материала для теоретических занятий, лабораторных работ и научных исследований. Планировать и научно прогнозировать результаты физико-химических и коллоидно-химических исследований. Применять методы обработки результатов и оценки погрешностей в физико-химических исследованиях.
	Владеет	Методами анализа материала для теоретических занятий, лабораторных работ и научных исследований. Навыками планирования и научного прогнозирования результатов физико-химических исследований.
ПК-21 Готовностью использовать знание свойств химических элементов, соединений и ма-	Знает	Фундаментальные основы теории и практики физической и коллоидной химии; методики химического эксперимента; методы отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ.
	Умеет	Применять основные понятия и законы физической



териалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности		и коллоидной химии при планировании экспериментальной работы и обсуждении полученных результатов.
	Владеет	Основными химическими, физическими и техническими аспектами лабораторного эксперимента и промышленного производства.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Физическая и коллоидная химия» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: проблемные лекции, работа в малых группах.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **4 семестр**

**Химическая термодинамика, фазы переменного состава, химическое равновесие (36 час.)**

**Модуль I. Химическая термодинамика (12 час.)**

**Раздел I. Введение. Основы химической термодинамики (6 час.)**

**Тема 1. Постулаты и законы химической термодинамики (1 час)**

Постулаты и законы химической термодинамики. Термодинамические системы и термодинамический метод их описания. Термическое равновесие системы. Термодинамические переменные. Уравнение состояния идеального газа.

**Тема 2. Теплота и работа (1 час)**

Теплота и работы различного рода. Вычисление работы расширения для различных процессов и различных газов. Первый закон термодинамики.

**Тема 3. Термохимия (2 час.)**

Закон Гесса и его следствия.

**Тема 4. Тепловой эффект реакции (2 час.)**

Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.

**Раздел II. Второй закон термодинамики (6 час.)**

**Тема 1. Второй закон термодинамики (6 час.)**

Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Уравнение второго начала термодинамики.

**Раздел III. Термодинамические функции и фундаментальные уравнения Гиббса (4 час.)**

**Тема 1. Энтропия (2 час.)**

Энтропия как функция состояния. Изменение энтропии изолированной системы и направление процесса.

**Тема 2. Условия химического равновесия (2 час.)**

Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов. Химический потенциал.

**Модуль II. Фазы переменного состава (12 час.)**

**Раздел I. Растворы. Фазовые равновесия (8 час.)**

**Тема 1. Термодинамика растворов (2 час.)**

Термодинамическая теория растворов. Коллигативные свойства идеальных растворов.

**Тема 2. Парциальные мольные величины (2 час.)**

Парциальные мольные величины и их определение из опытных данных. Уравнения Гиббса-Дюгема.

**Тема 3. Равновесие жидкость-пар (4 час.)**

Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах

**Раздел II. Правила фаз Гиббса и его применение к гетерогенным равновесиям (4 час.)**

**Тема 1. Диаграммы состояния однокомпонентных систем (2 час.)**

Построение диаграмм состояния однокомпонентных систем.

**Тема 2. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем (2 час.)**

Построение диаграмм состояния двухкомпонентных систем.

**Модуль III. Химическое равновесие (12 час.)**

**Раздел I. Химическое равновесие (4 час.)**

**Тема 1. Химическое равновесие в системах (2 час.)**

Химические и адсорбционные равновесия. Химическое равновесие в идеальных и неидеальных системах.

**Тема 2. Закон действия масс (2 час.)**

Закон действия масс.

**Раздел II. Расчеты химических равновесий при различных температурах (4 час.)**

**Тема 1. Зависимость констант равновесия от температуры (2 час.)**

Определение зависимости констант равновесия от температуры.

**Тема 2. Расчет химического равновесия (1 час.)**

Общие способы расчета химических равновесий при различных температурах.

**Тема 3. Точный расчет химического равновесия (1 час.)**

Точные расчеты химических равновесий при различных температурах.

**Раздел III. Элементы статистической термодинамики (4 час.)**

**Тема 1. Неравновесная термодинамика (2 час.)**

Основы линейной неравновесной термодинамики; постулаты статистической термодинамики. Микро- и макросостояние системы. Фазовые Г- и  $\mu$ -пространства. Функции распределения.

**Тема 2. Термодинамические функции, статистическая термодинамика (2 час.)**

Сумма по состояниям, вычисления термодинамических функций, статистическая термодинамика реального газа и конденсированного состояния вещества. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы.

**5 семестр**

**Химическая кинетика, теория катализа, электрохимия, поверхностные явления и дисперсные системы (72 час.)**

**Модуль IV. Химическая кинетика (12 час.)**

**Раздел I. Формальная кинетика (6 час.)**

**Тема 1. Основы химической кинетики (2 час.)**

Кинетические уравнения различных типов реакций. Основные понятия химической кинетики. Кинетические уравнения. Определение константы скорости и порядка реакции. Молекулярность элементарных реакций.

**Тема 2. Необратимые реакции (2 час.)**

Необратимые реакции первого, второго и третьего порядков. Методы определения порядка реакции.

**Тема 3. Виды сложных реакций (1 час)**

Сложные реакции. Параллельные реакции. Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка.

**Тема 4. Кинетический анализ процессов (1 час)**

Кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов.

**Раздел II. Зависимость константы скорости от температуры (2 час.)**

**Раздел III. Теории химической кинетики (4 час.)**

**Тема 1. Теория соударений (2 час.)**

Теория соударений в химической кинетике. Теория соударений в применении к бимолекулярным реакциям различного типа.

**Тема 2. Активированный комплекс (1 час)**

Теория активированного комплекса в применении к бимолекулярным реакциям различного типа. Сопоставление результатов теории соударений и теории активированного комплекса. Мономолекулярные реакции.

**Тема 3. Метод переходного состояния (1 час)**

Метод переходного состояния (активированного комплекса).

**Модуль V. Теории катализа (12 час.)**

## **Раздел I. Гомогенный и гетерогенный катализ (6 час.)**

### **Тема 1. Адсорбция (2 час.)**

Физическая и химическая адсорбция. Основные уравнения изотерм адсорбции.

### **Тема 2. Механизмы каталитических реакций (2 час.)**

Примеры механизмов каталитических реакций. Гомогенный катализ.

### **Тема 3. Гетерогенный катализ и реакции (2 час.)**

Гетерогенный катализ. Определение скорости каталитической гетерогенной реакции. Удельная и атомная активность. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций. Нанесенные катализаторы.

## **Раздел II. Теории катализа (6 час.)**

### **Тема 1. Теория Баландина (2 час.)**

Теория мультиплетов Баландина. Принципы геометрического и энергетического соответствия.

### **Тема 2. Активные ансамбли (4 час.)**

Теория активных ансамблей. Электронные представления в гетерогенном катализе.

## **Модуль VI. Электрохимия (12 час.)**

### **Раздел I. Теория электролитов (8 час.)**

#### **Тема 1. Теория Аррениуса (2 час.)**

Основные положения теории Аррениуса. Активности и среднего коэффициента активности. Основные допущения теории Дебая-Гюккеля. Современные представления о растворах электролитов.

#### **Тема 2. Неравновесные явления в растворах (2 час.)**

Неравновесные явления в растворах электролитов. Числа переноса и подвижности ионов. Физический смысл электрофоретического и релаксационного эффектов.

#### **Тема 3. Электрохимический потенциал (4 час.)**

Понятие электрохимического потенциала. Равновесные электрохимические цепи и их ЭДС. Двойной электрический слой и его роль в кинетике электродных процессов.

### **Раздел II. Термодинамика и кинетика электрохимических процессов (4 час.)**

#### **Тема 1. Термодинамика электрохимических процессов (2 час.)**

Стадии электродного процесса. Уравнения диффузионной кинетики. Физический смысл энергии активации в условиях замедленного разряда.

#### **Тема 2. Кинетика электрохимических процессов (2 час.)**

Ток обмена и перенапряжение.

**Модуль VII. Дисперсные системы и поверхностные явления (12 час.)**

**Раздел I. Характеристика и классификация дисперсных систем (6 час.)**

**Тема 1. Основные понятия коллоидной химии, объекты и цели изучения (2 час.)**

Дисперсность и удельная поверхность. Роль поверхностных явлений в процессах, протекающих в дисперсных системах. Классификация дисперсных систем. Новые функциональные материалы (наносистемы, микроэмульсии, биокolloиды, тонкие пленки и др.). Основные понятия коллоидной химии, объекты и цели изучения.

**Тема 2. Поверхностная энергия и поверхностные явления (2 час.)**  
Поверхность раздела фаз. Свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение, силовая и энергетическая трактовки. Уравнение Гиббса для поверхности раздела фаз. Эффект Марангони. Метод избыточных термодинамических функций поверхностного слоя (Гиббс).

**Тема 3. Адгезия (2 час.)**

Смачивание. Краевой угол. Закон Юнга. Работа когезии и адгезии. Избирательное смачивание, использование для характеристики поверхностей твердых тел (гидрофильности, гидрофобности). Полное смачивание. Разрушение и измельчение (диспергирование) твердых тел как физико-химический процесс образования новой поверхности. Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности как следствие снижения поверхностной энергии твердых тел.

**Раздел II. Основные закономерности адсорбции (6 час.)**

**Тема 1. Адсорбция на поверхности раздела фаз (1 час)**

Адсорбция как самопроизвольное концентрирование на поверхности раздела фаз веществ, снижающих межфазовое натяжение. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Термодинамика процесса адсорбции.

**Тема 2. Уравнения адсорбции (2 час.)**

Уравнение адсорбции Гиббса. Эффект Ребиндера в природных и технологических процессах (примеры). Уравнение Шишковского. Поверхностная активность, ее изменение в гомологических рядах ПАВ. Термодинамическое обоснование правила Траубе-Дюкло. Уравнение Лэнгмюра, его связь с уравнениями Гиббса, Шишковского и Фрумкина.

**Тема 3. Адсорбция на твердых поверхностях (1 час)**

Строение монослоев растворимых ПАВ. Двухмерное состояние вещества в поверхностном слое, ориентация молекул в разреженных и в насыщенных слоях. Уравнение состояния монослоя ПАВ. Расчет размеров

молекул ПАВ. Адсорбция ПАВ на поверхности раздела несмешивающихся жидкостей. Адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел. Молекулярная адсорбция; правило уравнивания полярностей Ребиндера. Модифицирующее действие ПАВ: гидрофилизация и гидрофобизация твердой поверхности; смазочное действие, влияние на граничное трение и флотацию и др.

#### **Тема 4. Двойной электрический слой и электрокинетические явления (2 час.)**

Двойной электрический слой (ДЭС). Причины образования ДЭС. Термодинамическое равновесие поверхности раздела фаз с учетом электрической энергии. Модели строения ДЭС (теории Гельмгольца, Гуи-Чепмена, Штерна, Грэма). Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциалы течения и оседания; теория Гельмгольца-Смолуховского. Строение мицеллы гидрофобного золя. Влияние концентрации и природы электролита на величину и знак заряда коллоидных частиц. Основы ионного обмена. Лиотропные ряды. Изоэлектрическое состояние в дисперсных системах; методы определения изоэлектрической точки. Электроповерхностные явления: капиллярный осмос, диффузиофорез.

### **Модуль VIII. Получение и стабилизация дисперсных систем (12 час.)**

#### **Раздел I. Получение и очистка дисперсных систем (4 час.)**

##### **Тема 1. Диспергационные методы получения дисперсных систем (1 час)**

Роль ПАВ в процессах получения дисперсных систем. Связь работы диспергирования с поверхностной энергией твердых тел. Использование эффекта Ребиндера для уменьшения работы диспергирования. Процессы диспергирования в природе и технике.

##### **Тема 2. Конденсационные способы получения дисперсных систем (1 час)**

Химические реакции получения неорганических и органических коллоидов (примеры). Методы регулирования размеров частиц в дисперсных системах. Термодинамика образования лиофильных коллоидных систем; критерий самопроизвольного диспергирования (критерий Ребиндера-Щукина).

##### **Тема 3. Основные методы очистки коллоидных растворов (2 час.)**

Диализ, мембранные технологии. Электродиализ. Ультрафильтрация.

#### **Раздел II. Устойчивость дисперсных систем (4 час.)**

##### **Тема 1. Седиментационная и агрегативная устойчивость (2 час.)**

Седиментационная устойчивость. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Седиментационно-диффузионное равновесие.

Агрегативная устойчивость. Теория устойчивости гидрофобных золей (теория ДЛФО). Зависимость энергии взаимодействия плоских поверхностей от расстояния между ними. Основные факторы, влияющие на агрегативную устойчивость дисперсных систем. Расклинивающее давление (теория Дерягина), основные составляющие.

### **Тема 2. Методы стабилизации и разрушения золей (1 час)**

Защитные коллоиды. Практическое применение золей. Коагуляция золей электролитами. Порог коагуляции; зависимость критической концентрации электролита от размера и заряда коагулирующего иона (правило Шульце-Гарди). Антагонизм и синергизм в действии электролитов на процесс коагуляции. Коагуляция сильно и слабо заряженных золей (концентрационная и нейтрализационная коагуляция). Обоснование правила Шульце Гарди и критерия Эйлера-Корфа в теории ДЛФО. Флокуляция, гетерокоагуляция, адагуляция (определения, примеры).

### **Тема 3. Кинетика коагуляции (1 час)**

Кинетика коагуляции. Теория быстрой коагуляции (Смолуховский); основные положения теории медленной коагуляции (Н.Фукс). Обратимость процесса коагуляции. Пептизация. Коагуляционные структуры.

## **Раздел III. Структурно-механические свойства дисперсных систем (4 час.)**

### **Тема 1. Условия образования и разрушения дисперсных систем (2 час.)**

Условия образования, механические свойства; явление тиксотропии. Кристаллизационные структуры. Механические свойства кристаллизационных структур. Описание дисперсных систем на основе реологических моделей (Максвелла, Кельвина, Бингама, Шведова).

### **Тема 2. Реология (2 час.)**

Полная реологическая кривая. Физико-химические методы регулирования структурно-механических свойств дисперсных систем на различных стадиях их формирования как основная задача физико-химической механики. Черные пленки. Использование пен для моделирования физико-химических процессов (зарождение и перемещение дислокаций и др.).

## **Модуль IX. Виды дисперсных систем и их свойства (12 час.)**

### **Раздел I. Виды дисперсных систем (12 час.)**

#### **Тема 1. Золи и суспензии (2 час.)**

Коллоидные растворы (золи). Классификация. Гидрозоли и органозоли. Суспензии. Пасты.

#### **Тема 2. Эмульсии и пены (2 час.)**

Эмульсии и пены. Эмульсии. Классификация, определение степени дисперсности. Эмульгаторы, принципы выбора ПАВ для стабилизации прямых и обратных эмульсий. Роль гидрофильно-липофильного баланса молекулы ПАВ в стабилизации эмульсий. Обращение фаз. Твердые эмульгаторы. Методы разрушения эмульсий. Практическое применение эмульсий. Пены. Строение пен и их классификация. Кратность пен. Пенообразователи, эффективность их влияния и связь с гидрофильно-липофильным балансом используемых ПАВ. Влияние электролитов на пенообразующую способность ПАВ.

### **Тема 3. Аэрозоли (2 час.)**

Аэрозоли. Классификация. Методы измерения размеров аэрозольных частиц. Молекулярно-кинетические свойства аэрозолей (высоко- и грубодисперсных). Электрические свойства аэрозолей, причины возникновения заряда на поверхности частиц. Агрегативная устойчивость аэрозолей. Практическое использование аэрозолей (примеры). Роль аэрозолей в загрязнении окружающей среды.

### **Тема 4. Поверхностно-активные вещества (2 час.)**

Классификация ПАВ по молекулярному строению (анион- и катионактивные, неионогенные, амфолитные); области применения ПАВ. Проблема биоразлагаемости ПАВ. Классификация ПАВ по механизму их действия (смачиватели, диспергаторы, стабилизаторы, моющие вещества). Понятие о гидрофильно-липофильном балансе (ГЛБ) молекул ПАВ. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), основные методы определения ККМ. Строение прямых и обратных мицелл при различных концентрациях ПАВ. Солюбилизация (коллоидное растворение органических веществ в прямых мицеллах). Практические приложения мицеллярных систем и микроэмульсий (в химии, нефтедобыче, биологии).

### **Тема 5. Высокомолекулярные соединения (2 час.)**

Коллоидная химия ВМС. Свойства растворов ВМС. Структурообразование в дисперсных системах. Периодические структуры. Образование и свойства гелей. Свойства студней и гелей.

### **Тема 6. Молекулярно-кинетические свойства высокодисперсных систем (2 час.)**

Броуновское движение. Диффузия. Осмос. Осмотическое давление. Оптические свойства дисперсных систем.



## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (18 час.)**

**Занятие 1. Основы химической термодинамики. Первый закон термодинамики (1 час.)**

1. Постулаты химической термодинамики.
2. Первый закон термодинамики.

**Занятие 2. Теплота и работы различного рода. Вычисление работы расширения для различных процессов (1 час.)**

1. Понятия теплоты и работы.
2. Вычисление работы расширения для различных процессов и различных газов.

**Занятие 3. Термохимия. Закон Гесса и его следствия (1 час.)**

1. Определение и изучение тепловых эффектов реакций.
2. Основной закон термохимии и его следствия.

**Занятие 4. Второй закон термодинамики и его различные формулировки (1 час.)**

1. Формулировки второго закона термодинамики.
2. Уравнения второго начала термодинамики.

**Занятие 5. Энтропия как функция состояния. Изменение энтропии изолированной системы и направление процесса (1 час.)**

1. Энтропия, как функция состояния термодинамической системы.
2. Зависимость направления процесса от изменения энтропии.

**Занятие 6. Термодинамическая теория растворов. Коллигативные свойства идеальных растворов (1 час.)**

1. Основные понятия термодинамической теории растворов.
2. Свойства идеальных растворов.

**Занятие 7. Диаграммы состояния однокомпонентных систем (1 час.)**

1. Построение диаграмм состояния для однокомпонентных систем.
2. Сравнение диаграмм состояния двухкомпонентных и однокомпонентных систем.

**Занятие 8. Парциальные мольные величины и их определение из опытных данных. Уравнения Гиббса-Дюгема (1 час.)**

1. Определение парциальных мольных величин.
2. Расчет термодинамических свойств с помощью уравнения Гиббса-Дюгема

**Занятие 9. Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах (1 час.)**

1. Расчет равновесия в двухкомпонентных системах.
2. Расчет равновесия жидкость-пар.

**Занятие 10. Химические и адсорбционные равновесия. Химическое равновесие в идеальных и неидеальных системах (1 час.)**

1. Виды равновесий.
2. Химическое равновесие в системах.

**Занятие 11. Основы линейной неравновесной термодинамики; постулаты статистической термодинамики. Микро- и макросостояние системы. Фазовые Г- и  $\mu$ -пространства. Функции распределения (1 час.)**

1. Основы линейной неравновесной и статической термодинамики.
2. Понятие фазовых пространств и функций распределения.

**Занятие 12. Основные понятия химической кинетики. Кинетические уравнения. Определение константы скорости и порядка реакции. Молекулярность элементарных реакций (1 час.)**

1. Понятия и постулаты химической кинетики.
2. Виды кинетических уравнений.
3. Вычисление констант скорости реакции.

**Занятие 13. Сложные реакции. Параллельные реакции. Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка (1 час.)**

1. Понятия и примеры сложных, параллельных и последовательных реакций.
2. Реакции первого порядка.

**Занятие 14. Теория соударений в химической кинетике. Теория соударений в применении к бимолекулярным реакциям различного типа (1 час.)**

1. Основы теории соударений в химической кинетике.
2. Применение данной теории к реакциям различного типа.

**Занятие 15. Теория активированного комплекса в применении к бимолекулярным реакциям различного типа. Сопоставление результатов теории соударений и теории активированного комплекса. Мономолекулярные реакции (1 час.)**

1. Постулаты теории активированного комплекса.
2. Сравнение теории соударения в химической кинетике с теорией активированного комплекса.

**Занятие 16. Гомогенный и гетерогенный катализ (1 час.)**

1. Понятия гомогенного и гетерогенного катализа.

2. Определение скорости каталитической гетерогенной реакции.

**Занятие 17. Неравновесные явления в растворах электролитов. Числа переноса и подвижности ионов. Физический смысл электрофоретического и релаксационного эффектов (1 час.)**

1. Определение чисел переноса и подвижности ионов.

2. Явления в растворах.

**Занятие 18. Стадии электродного процесса. Уравнения диффузионной кинетики. Физический смысл энергии активации в условиях замедленного разряда (1 час.)**

1. Вывод уравнений диффузионной кинетики.

2. Энергия активации в условиях замедленного разряда.

### **Лабораторные работы (90 час.)**

**4 семестр (36 час.)**

**Лабораторная работа №1. Вводное занятие. Требования к оформлению лабораторных работ. Правила табулирования величин. Правила построения графиков. Лабораторное оборудование (3 час.)**

**Лабораторная работа №2. Определение теплоты сгорания органического вещества (3 час.)**

**Лабораторная работа №3. Определение теплоты растворения соли (3 час.)**

**Лабораторная работа №4. Построение диаграммы плавления бинарной смеси (3 час.)**

**Лабораторная работа №5. Термический анализ бинарных систем (3 час.)**

**Лабораторная работа №6. Определение молярной массы растворимого вещества методом криоскопии (3 час.)**

**Лабораторная работа №7. Определение молярной рефракции веществ (3 час.)**

**Лабораторная работа №8. Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе (3 час.)**

**Лабораторная работа №9. Давление насыщенного пара индивидуальных жидкостей (3 час.)**

**Лабораторная работа №10. Определение криоскопического коэффициента и степени электролитической диссоциации криоскопическим методом (3 час.)**

**Лабораторная работа №11. Построение диаграммы кипения бинарной смеси (3 час.)**

**Лабораторная работа №12. Применение метода ЭДС для определения термодинамических параметров химических реакций (3 час.)**

**5 семестр (54 час.)**

**Лабораторная работа №13. Каталитическое разложение пероксида водорода на платине в различных средах (3 час.)**

**Лабораторная работа №14. Изучение скорости инверсии тростникового сахара (3 час.)**

**Лабораторная работа №15. Изучение кинетики гидролиза сложных эфиров в кислой и щелочной средах (3 час.)**

**Лабораторная работа №16. Определение энергии активации (3 час.)**

**Лабораторная работа №17. Определение подвижности ионов (3 час.)**

**Лабораторная работа №18. Определение чисел переноса (3 час.)**

**Лабораторная работа №19. Изучение электропроводности слабых и сильных электролитов (3 час.)**

**Лабораторная работа №20. Определение активности электролитов методом ЭДС (3 час.)**

**Лабораторная работа №21. Электрохимические цепи (3 час.)**

**Лабораторная работа №22. Адсорбция поверхностно-активного вещества на границе раздела жидкость-газ (3 час.)**

**Лабораторная работа №23. Изучение адсорбции поверхностно-активных веществ на угле (3 час.)**

**Лабораторная работа №24. Измерение поверхностного натяжения и исследование поверхностной активности в гомологическом ряду (3 час.)**

**Лабораторная работа №25. Синтез гидрозоля железа (III), изучение его коагуляции и стабилизации (3 час.)**

**Лабораторная работа №26. Изучение влияния адсорбционных слоев на смачивание твердой поверхности (3 час.)**

**Лабораторная работа №27. Исследование кинетики ограниченного набухания полимера (3 час.)**

**Лабораторная работа №28. Дисперсионный анализ низкодисперсных порошков методом седиментации (3 час.)**

**Лабораторная работа №29. Электрофоретическое определение электрокинетического потенциала (3 час.)**

**Лабораторная работа №30. Исследование зависимости вязкости растворов полимеров от их концентрации (3 час.)**

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Модуль 1. Химическая термодинамика. Модуль 2. Фазы переменного состава. Модуль 3. Химическое равновесие.	ОПК-1	Знает	Устный опрос по лабораторной работе № 1-5 (УО-1). Тестирование №№1-5 (ПР-1)	Экзаменационные вопросы №№1-4
			Умеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1) Тестирование №№1-5 (ПР-1)	Экзаменационные вопросы №№1-4
			Владеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1) Тестирование №№1-5	Экзаменационные вопросы №№1-4

				(ПР-1)	
2	Модуль 4. Химическая кинетика. Модуль 5. Теории катализа.	ОПК-1	Знает	Устный опрос № 6-9 (УО-1) Тестирование №№6-10 (ПР-1)	Экзаменационные вопросы №№5-9
			Умеет	Устный опрос № 6-9 (УО-1) Тестирование №№6-10 (ПР-1) Контрольные работы 1-3 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы №№5-9
			Владеет	Устный опрос № 6-9 (УО-1) Тестирование №№6-10 (ПР-1) Контрольные работы 1-3 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы №№5-9
		ОПК-3	Знает	Устный опрос №10-15 (УО-1) Контрольные работы 1-3 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы №№10-14
			Умеет	Устный опрос № 10-15 (УО-1) Контрольные работы 1-3 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы №№10-14
			Владеет	Устный опрос № 10-15 (УО-1) Контроль-	Экзаменационные вопросы №№10-14

				ные работы 4-6 (ПР-2)	
3	Модуль 6. Электрохимия. Модуль 7. Дисперсные системы и поверхностные явления. Модуль 8. Получение и стабилизация дисперсных систем. Модуль 9. Виды дисперсных систем и их свойства.	ОПК-3	Знает	Устный опрос № 16-25 (УО-1) Тестирование №№17-25 Контрольные работы 4-6 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы №№15-19
			Умеет	Устный опрос № 16-25 (УО-1) Тестирование №№17-25 (ПР-1) Контрольные работы 4-6 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы №№15-19
			Владеет	Устный опрос № 16-25 (УО-1) Тестирование №№17-25 (ПР-1) Контрольные работы 4-6 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы №№15-19
		ПК-19	Знает	Устный опрос № 26-30 (УО-1) Контрольные работы 7-9 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы №№19-24
			Умеет	Устный опрос № 26-30 (УО-1) Контрольные работы 7-9 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы №№19-24
			Владеет	Устный опрос № 26-30 (УО-1)	Экзаменационные вопросы №№19-24

				Контроль- ные работы 7-9 (ПР-2)	
4	Лабораторные работы	ПК-21	Знает	Устный опрос № 1-30 (УО-1)	Тестирование №№26-35
			Умеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1)	Тестирование №№26-35
			Владеет	Устный опрос № 1-5. (УО-1)	Тестирование №№26-35
		ПК-19	Знает	Устный опрос № 1-5 (УО-1)	Тестирование №№11-16
			Умеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1)	Тестирование №№11-16
			Владеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1)	Тестирование №№11-16

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Основы физической химии [Электронный ресурс]: учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2 : Задачи / В. В. Еремин [и др.]. – 3-е изд. (эл.). – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 263 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=485705>

2. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика / И.



Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; пер. с англ. В. И. Ролдугина. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 501с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:289588&theme=FEFU>

3. Харитонов, Ю. Я. Физическая химия: учебник для высшего профессионального образования / Ю. Я. Харитонов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 608 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:695584&theme=FEFU>

4. Горшков, В. И. Основы физической химии: учебник для вузов / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 407 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:357080&theme=FEFU>

5. Фридрихсберг, Д. А. Курс коллоидной химии: учеб. для вузов: изд. 3-е, исправл. / Д. А. Фридрихсберг. – СПб.: Лань, 2010. – 411 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307444&theme=FEFU>

6. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии / Ю. Г. Фролов. – М.: Химия, 2014. – 463 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:776818&theme=FEFU>

7. Беляева, А. П. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям: учебное пособие / Под ред. А.П. Беляева – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 320 с.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970422076.html>

8. Физическая и коллоидная химия : учебник / А. П. Беляев, В. И. Кучук; под ред. А. П. Беляева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 752 с.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970427668.html>

9. Коллоидная химия. Физическая химия дисперсных систем: учеб. для студентов учреждений высш. проф. образования, обучающихся по специальности 060301.65 "Фармация" по дисциплине "Физ. и коллоид. химия" / Ю. А. Ершов. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. - 352 с.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970424285.html>

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Lukomskii, U. Y. Physical and chemical bases of electrochemistry, Y. Y. Lukomskii, Y. D. Hamburg - Dolgoprudny: Intel-Lect, 2013. – 446 p.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:719079&theme=FEFU>

2. Bond A. M. Electroanalytical methods. Theory and practice / A. M. Bond,

D. Intselt, Sh. Komorski-Lovrich, R.J. Compton, M. Lovrich, H. Lohse, F. Marken, A. Neudeck, U. Retter, Stoyek C., D. A. Fidler, F. Scholz // Ed. F. Scholz. Trans. from English. ed. VN Maystrenko. - М.: Binom. Laboratory Knowledge, 2012. – 326 p.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:253266&theme=FEFU>

3. Зимон, А. Д. Коллоидная химия / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – М.: Агар, 2003. – 318 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:4128&theme=FEFU>

4. Гельфман, М. И. Коллоидная химия / М. И. Гельфман, О. В. Ковалевич, В. П. Юстратов. – СПб.: Лань, 2005. – 332 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:235146&theme=FEFU>

5. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии: изд. 2-е. / С. С. Воюцкий. – М.: Химия, 1975. – 512 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:246212&theme=FEFU>

6. Гельфман, М. И. Практикум по коллоидной химии: учеб. пособие: изд. 1-е. / М. И. Гельфман. – СПб.: Лань, 2005. – 256 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:281930&theme=FEFU>

7. Шрамм, Г. Основы практической реологии и реометрии. A practical approach to rheology and rheometry: пер. с англ. И. А. Лавыгина, под ред. В. Г. Куличихина / Г. Шрамм. – М.: КолосС, 2003. – 311 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:231965&theme=FEFU>

8. Постнова, И. В. Тестовые задания по коллоидной химии для студентов Института химии и прикладной экологии: методическая разработка. / И. В. Постнова – Владивосток: ДВГУ, 2007. – 52 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:275544&theme=FEFU>

9. Постнова, И. В. Лабораторные работы по коллоидной химии для студентов ИХПЭ: Учебно-методическое пособие. / И. В. Постнова - Владивосток: ДВГУ, 2008. – 170 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:275380&theme=FEFU>

10. Постнова И. В. Контрольные задания по коллоидной химии для студентов Института химии и прикладной экологии: методическая разработка. / И. В. Постнова – Владивосток: ДВГУ, 2007. – 43 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:275487&theme=FEFU>

11. Еремин, В. В., Каргов, С. И., Успенская, И. А., Кузменко, Н. Е., Лунин, В. В. Основы физической химии. Теория и задачи / В. В. Еремин и др.- М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 480 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:237432&theme=FEFU>

12. Сумм, Б. Д. Основы коллоидной химии / Б. Д. Сумм. – 2-е изд. – М.: Академия, 2007. – 239 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:291209&theme=FEFU>

13. Сумм, Б. Д. Основы коллоидной химии / Б. Д. Сумм. – М.: Академия, 2006. – 239 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:245174&theme=FEFU>

14. Назаров, В. В. Практикум и задачник по коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие для вузов / В. В. Назаров, А. С. Гродский, А. Ф. Моргунов, Н. А. Шабанова, А. Ф. Кривощепов, А. Ю. Колосов. – М.: ИКЦ Академкнига, 2007. – 372 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:266984&theme=FEFU>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Лань. Электронно-библиотечная система. Сайт ЭБС «Elanbook.com»: <http://e.lanbook.com/>

2. ЭБС «Консультант студента». Электронная библиотека технического вуза. Сайт ЭБС «Консультант студента»: <http://www.studentlibrary.ru/>

3. Электронно-библиотечная система Znanium. Com! Сайт ЭБС «Znanium.com» : <http://znanium.com/>

4. НЭЛБУК. Электронная библиотека. Сайт электронной библиотеки НЭЛБУК: <http://www.nelbook.ru/>

5. Журнал «Nature nanotechnology». Сайт электронной библиотеки ДВФУ: [http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?term\\_1=nanoparticles&theme=FEFU](http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?term_1=nanoparticles&theme=FEFU)

6. Журнал «Nature». Сайт электронной библиотеки ДВФУ: [http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?term\\_1=colloidal+chemistry&theme=FEFU](http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?term_1=colloidal+chemistry&theme=FEFU)

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1. Подготовка к сдаче коллоквиумов**

При подготовке к сдаче коллоквиумов воспользуйтесь материалами лекций и материалами из основной и дополнительной литературы. Необходимо выучить основной теоретический материал по теме (по материалам лекций и основной литературы).

### **2. Подготовка к лабораторным работам**

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие к практическим занятиям и подготовить ответы на вопросы. При работе с литературой необходимо внимательно изучать разделы, соответствующие теме занятия. Перед началом проведения лабораторных работ, необходимо ознакомиться с техникой безопасности и правилами работы в лаборатории по ин-

струкциям утвержденного образца. Необходимо постоянно и тщательно готовиться к занятиям в течении всего семестра. Методическое пособие к лабораторным работам находится в Приложении 3.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Проведение лекций с использованием мультимедийной аппаратуры для демонстрации иллюстративного материала.

Имеющаяся материальная база кафедры физической и аналитической химии ШЕН обеспечивает выполнение курса химическими реактивами, лабораторной посудой, учебно-научным и научным оборудованием. Наглядные пособия: таблицы термодинамических величин, теплот сгорания, электрохимических характеристик. Учебные химические лаборатории L631, L649 и L650 предназначены для проведения лабораторных работ и практических занятий.

Оборудование, используемое в лабораторном практикуме по физической химии: амперметр МА-11/5 ; дистиллятор Д-4; калориметрическая установка; кондуктометр КЭЛ-1М; мешалка магнитная ММ-38(LE-398); модуль “Термический анализ”; модуль “Термостат калориметр” ; модуль “Электрохимия” ; термостат универсальный U-10 ; рефрактометр ИРФ-454 Б2М ; сахариметр ; весы MW-II 300; потенциометр ЭПП-09; лабораторные установки (определение энтальпии сгорания в калориметрической бомбе P3021401; определение равновесия при испарении P3030101; изучение давления паров смеси идеальных жидкостей P3030250; исследование диаграммы точки кипения бинарных смесей P3030401; определение равновесия диссоциации (с Cobra3 ChemUnit) P3030940; определения константы диссоциации P3031101; определения изотермы адсорбции P3040801; потенциометрическое рН титрования (с Cobra3 Basic Unit) P3061740)/

Оборудование, используемое в лабораторном практикуме по коллоидной химии: весы торсионные WT ; весы аналитические XT220A PRECISA ; встряхиватель ЛТ-1 ; рН-метр-милливольтметр рН-150 ; спектрофотометр ЮНИКО 1201; термостат ЛАБ-ТЖ-ТС-01/8-100; микроскоп МИР-1М ; лабораторные установки (определение молекулярной массы полимеров методом вискозиметрии P3010601; определение вязкости ньютоновских и неньютоновских жидкостей (ротационный вискозиметр) P3010901; определение поверхностного натяжения чистых жидкостей методом давления пузырька

Р3040101; определение поверхностного натяжения методом отрыва кольца  
Р3040201; определение краевого угла смачивания Р3040401).



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Физическая и коллоидная химия»

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

Профиль «Технологии химических и нефтеперерабатывающих производств»

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения, неделя	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
1	1-4	Проработка материала по законам термодинамики. Подготовка к сдаче коллоквиума № 1-2	10	Принятие коллоквиума с оценкой в соответствии с рейтинг-планом
2	5-7	Решение расчетных химических задач	10	Контрольная работа
3	7-9	Проработка материала по системам переменного состава. Подготовка к сдаче коллоквиума № 3	5	Принятие коллоквиума с оценкой в соответствии с рейтинг-планом
4	9-11	Решение расчетных химических задач	5	Контрольная работа
5	11-14	Проработка материала по теории равновесия в химических системах. Подготовка к сдаче коллоквиума № 4	10	Принятие коллоквиума с оценкой в соответствии с рейтинг-планом
6	14-16	Решение расчетных химических задач	10	Контрольная работа
7	1-14	Подготовка к выполнению лабораторных работ	4	Опрос перед началом занятия. Принятие отчета о выполнении лабораторной работы.
8	Сессия 4 семестра	Подготовка к экзамену	36	Экзамен
9	1-3	Проработка материала по теории кинетики процессов. Подготовка к сдаче коллоквиума № 5-6	20	Принятие коллоквиума с оценкой в соответствии с рейтинг-планом Подготовка презентации по способам определения порядков реакций
10	3	Решение расчетных химических задач	20	Контрольная работа
11		Проработка мате-	20	Принятие коллокви-

	3-4	риала по теории катализа. Подготовка к сдаче коллоквиума № 7		виума с оценкой в соответствии с рейтинг-планом
12	4-8	Проработка материала по теории катализа. Подготовка к сдаче коллоквиума № 7	20	Принятие коллоквиума с оценкой в соответствии с рейтинг-планом
13	8-11	Проработка материала по электрохимии. Подготовка к сдаче коллоквиума № 8	16	Принятие коллоквиума с оценкой в соответствии с рейтинг-планом
14	11-13	Решение расчетных химических задач	16	Контрольная работа
15	1-14	Подготовка к выполнению лабораторных работ	14	Опрос перед началом занятия. Принятие отчета о выполнении лабораторной работы.
16	Сессия 5 семестра	Подготовка к экзамену	45	Экзамен

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы; критерии оценки выполнения самостоятельной работы находятся в соответствии с Приказом № 12-13-850 от 12.05.2017 г. Об утверждении Положения о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата, специалитета, магистратуры ДВФУ.

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

#### ***Задание на дом к лабораторным работам***

В качестве самостоятельной работы необходимо выполнить ряд заданий к лабораторным работам №1-30. Рекомендуется просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие к практическим занятиям.

Для выполнения заданий к работам №1-5 следует подготовить ответы на вопросы по законам термодинамики.

Для выполнения заданий к работам №6-13 следует подготовить ответы на вопросы по теории систем переменного состава.

Для выполнения заданий к работам №14-17 следует подготовить ответы на вопросы по теории кинетики реакций.



Для выполнения заданий к работам №14-17 следует подготовить ответы на вопросы по теории электрохимических процессов.

## **Вопросы к лабораторным работам**

### **Лабораторные работы №1,2**

1. Сформулируйте и запишите I закон термодинамики.
2. Определите понятие “тепловой эффект химической реакции”.
3. Закон Гесса и следствия из него.
4. Дайте определение стандартных теплот сгорания и образования, интегральной и дифференциальной теплот растворения.
5. В каких случаях теплота реакции может являться функцией состояния.
6. Чем определяется знак теплового эффекта растворения? Предположите, каков знак теплового эффекта будет при растворении в воде: а) HCl (газ), б) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (конц.), в) NaF (крист.)?
7. Какие термодинамические величины определяют методом калориметрии?
8. Принцип калориметрических измерений тепловых эффектов: типы калориметров, термометр Бекмана, тепловое значение калориметра и способы его определения, учет теплообмена с окружающей средой.
9. Какие вещества используют в качестве термохимического стандарта для определения теплового значения калориметра (в работах 1 и 2).
10. Какие реакции пригодны для термохимических измерений?
11. Влияет ли степень измельчения соли на величину и точность определения теплоты растворения соли?

### **Лабораторная работа №3**

1. Что такое правило фаз? Приведите определения следующих понятий: фаза, составляющие вещества, компоненты, число степеней свободы.
2. На чем основан термический анализ? Какие методы термического анализа вы знаете?
3. Чем объясняются скачки температуры на кривых охлаждения?
4. Что такое эвтектика? Примените правило фаз к полученной вами диаграмме плавкости. Какие изменения происходят при охлаждении систем различного состава?
5. Какие упрощения вносят при построении плоских диаграмм состояния бинарных (двухкомпонентных) систем?

6. Что представляет собой треугольник Таммана и для определения какой величины он служит?

7. Что представляют собой диаграммы состояния? Каким системам они соответствуют?

### **Лабораторные работы №5,13**

1. Что такое криоскопия? Запишите основное уравнение криоскопии. При каких условиях это уравнение можно использовать для вычисления молярной массы растворенного вещества? Когда основное уравнение криоскопии даст неверные результаты для идеального жидкого раствора?

2. Что называется криоскопической постоянной? Как можно экспериментально определить и теоретически рассчитать ее величину?

3. Как пройдут кривые зависимости давления пара раствора нелетучего вещества различных концентраций, если их нанести на диаграмму состояния чистого растворителя? Можно ли на этой диаграмме показать, как изменяется температура замерзания и кипения раствора в зависимости от его концентрации?

4. Какими соображениями необходимо руководствоваться при выборе растворителя для криоскопического метода определения молярной массы растворенного вещества?

5. Какие свойства растворов называются коллегативными? Перечислите их и напишите соответствующие уравнения.

6. Назовите методы определения молярных масс неэлектролитов и степени диссоциации, основанные на изучении свойств разбавленных растворов.

7. Изотонический коэффициент Вант-Гоффа, методы его определения. От чего зависит величина изотонического коэффициента?

### **Лабораторная работа №6**

1. Что такое поляризация и поляризуемость вещества? Какова связь между ними?

2. Назовите основные составляющие поляризации вещества.

3. Каковы особенности поляризации вещества в полях высокой частоты?

4. Что называется рефракцией вещества, от чего она зависит, какова ее размерность? Методы ее экспериментального определения?

5. Какую информацию о веществе можно получить, зная величину его молярной рефракции?

### **Лабораторная работа №7**

1. Дайте определение понятия “химическое равновесие”. Динамический характер химического равновесия и его подвижность. Что такое обратимые реакции и в чем различие понятия “обратимость реакции” и “обратимость термодинамического процесса”?

2. Закон действия масс. Через какие величины можно выразить константу химического равновесия? Связь между константами равновесия, выраженными различными способами.

3. Каковы термодинамические и молекулярно-кинетические признаки равновесного состояния?

4. От чего зависит  $K_c$  и  $K_p$  реакции?

5. Сформулируйте принцип смещения химического равновесия.

### Лабораторные работы №8-21

1. Дайте определение понятия “фазовый переход”. Приведите примеры.

2. Какие процессы относятся к фазовым переходам I-го рода. Приведите уравнение, описывающее фазовые переходы I-го рода. Получите из него уравнение для процесса испарения жидкости.

3. Что называется давлением насыщенного пара чистой жидкости? От чего оно зависит?

4. Как по зависимости  $P = f(T)$  определить при заданной температуре тепловой эффект испарения?

5. Понятие катализа. Общие принципы катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Теория промежуточных соединений.

6. Гетерогенные каталитические реакции. Основные стадии, понятие лимитирующей стадии. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Что называется скоростью гетерогенной реакции и от чего она зависит?

7. Диффузионная и кинетическая области протекания гетерогенной каталитической реакции. Какие экспериментальные данные необходимы для установления области протекания реакции? Запишите кинетическое уравнение реакции, наиболее медленной стадией которой является диффузия исходных веществ к поверхности катализатора.

8. Дайте определение идеального раствора. Каковы его основные признаки и при каких условиях он образуется?

9. Чем обусловлены положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля. Приведите примеры различных типов бинарных жидких неограниченно смешивающихся растворов.

10. Законы Коновалова-Гиббса. Поясните эти законы на диаграммах состав - температура кипения и состав - давление.

11. Можно ли рассчитать состав пара, находящегося в равновесии с идеальным раствором?
12. В чем состоит и для чего используется “правило рычага”?
13. Какие соотношения связывают изменения термодинамических функций  $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta S$ ?
14. С изменением какой термодинамической функции связана ЭДС гальванического элемента?
15. Каким образом, измеряя ЭДС гальванического элемента, можно рассчитать термодинамические функции реакций?
16. Напишите уравнение реакции, протекающей в гальваническом элементе.
17. Как связаны температурный коэффициент гальванического элемента и теплота процесса гальваническом элементе?
18. Можно ли ЭДС гальванического элемента измерять при помощи вольтметра? Если нет, то почему?
19. С какой из термодинамических величин связан температурный коэффициент ЭДС? Можно ли ее вычислять на основании таблиц стандартных величин для реакции, протекающей в стандартных условиях?
20. Может ли эндотермическая реакция быть источником работы в гальваническом элементе? Когда гальванический элемент работает с нагреванием, когда с охлаждением?
21. Запишите уравнение Гиббса-Гельмгольца и обсудите их физический смысл. Рассмотрите их применение к работе гальванического элемента. Какое слагаемое определяет теплоту обратимо работающего элемента? Какое слагаемое определяет теплоту необратимо работающего элемента?

### **Лабораторная работа №22**

1. Что такое поверхностное натяжение, и в каких единицах оно измеряется?
2. Как зависит поверхностное натяжение от природы вещества, образующего поверхность?
3. На чем основано измерение поверхностного натяжения жидкостей методом наибольшего давления пузырька воздуха?
4. Что называется адсорбцией, и как количественно ее характеризуют?
5. Напишите фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса и его анализ.
6. Что такое предельная адсорбция?
7. Уравнение Ленгмюра.
8. Как найти постоянные в уравнении Ленгмюра?

9. Что такое поверхностная активность? Какие вещества называются поверхностно активными?

### **Лабораторная работа №23**

1. Что такое адсорбция, адсорбент, адсорбат (адсорбтив)?
2. Что такое изотерма адсорбции?
3. Какова природа сил, обуславливающих адсорбцию? Виды адсорбции, привести примеры.
4. Как изменяется адсорбция в зависимости от концентрации разбавленных растворов в соответствии с законом Генри?
5. В каких случаях справедливо уравнение Фрейндлиха и как графически определить коэффициенты этого уравнения?
6. Проанализируйте уравнение Ленгмюра для различных концентраций адсорбтива.
7. Как рассчитать адсорбцию из раствора на твердом адсорбенте?

### **Лабораторная работа №24**

1. Что такое поверхностная активность?
2. В каких случаях величина поверхностной активности зависит: от природы полярной группы молекулы ПАВ; от природы и размеров неполярной (гидрофобной) части молекул ПАВ?
3. Как поверхностная активность вещества зависит от его молярной массы в пределах гомологического ряда? Дайте формулировку правила Траубе.
4. Методы определения поверхностного натяжения.
5. Как рассчитать толщину адсорбционного слоя и посадочную площадку молекул ПАВ, зная зависимость поверхностного натяжения от состава раствора?

### **Лабораторная работа №25**

1. Какой процесс называют коагуляцией? Чем завершается процесс коагуляции? Какими способами можно вызвать коагуляцию лиофобной коллоидной системы?
2. Что называют быстрой и медленной коагуляцией? Какие параметры дисперсной системы влияют на скорость коагуляции частиц в соответствии с теорией Смолуховского? Чем отличаются константы скорости быстрой и медленной коагуляции?
3. Действием каких факторов обеспечивается агрегативная устойчивость лиофобных дисперсных систем? Какие вещества используют в качестве стабилизаторов этих систем?

4. Что такое расклинивающее давление и каковы причины его возникновения? Назовите составляющие расклинивающегося давления.

5. Каково различие между нейтрализационной и концентрационной коагуляцией лиофобных золь электролитами? Как влияет заряд коагулирующего иона на порог коагуляции? Правило Шульце-Гарди.

6. Что такое защита коллоидных растворов?

### **Лабораторная работа №26**

1. Что называют адгезией и смачиванием? Какие параметры используют для их количественной характеристики?

2. Покажите взаимосвязь между адгезией и способностью жидкости смачивать твердую поверхность. В чем состоит различие между явлениями адгезии и смачивания?

3. Как влияет природа твердого тела и жидкости на смачивание и адгезию?

4. Дайте характеристику и приведите примеры гидрофильных и гидрофобных поверхностей. Как можно повлиять на смачивание поверхности?

5. Чем обусловлено улучшение смачивания водой гидрофобных поверхностей при введении в нее ПАВ?

6. Что такое интегральная и дифференциальная теплоты смачивания, и какие существуют методы их определения?

7. Каковы условия растекания жидкостей? Рассмотрите особенности растекания жидкостей на твердых поверхностях.

### **Лабораторная работа №27**

1. Что такое набухание? Ограниченное и неограниченное набухание.

2. Что такое степень набухания?

3. Скорость и константа скорости набухания.

4. Графическое определение константы скорости набухания.

5. Интегральная и дифференциальная теплоты набухания.

6. Давление набухания.

7. Стадии процесса набухания.

### **Лабораторная работа №28**

1. Какой процесс называется седиментацией?

2. Каковы условия соблюдения закона Стокса при седиментации? Какие отклонения наблюдаются при несоблюдении этих условий?

3. Что такое константа седиментации и что она характеризует?

4. Какие системы называют монодисперсными и полидисперсными? Каков вид седиментационных кривых для них?

5. Начертите кривую распределения частиц суспензии по радиусам по полидисперсной суспензии.

### **Лабораторная работа №29**

1. В чем причины возникновения электрических зарядов на твердой поверхности, граничащей с жидкостью?

2. Какие модели ДЭС вы знаете, в чем их особенности?

3. Каково строение ДЭС?

4. От чего зависит изменение  $\varphi$ -потенциала и  $\xi$ -потенциала?

5. Как определяется граница скольжения, толщина адсорбционного и диффузного слоев противоионов?

6. Как изменяются структура адсорбционного слоя и значение электрокинетического потенциала при перезарядке поверхности?

7. Что такое электрофорез?

8. От чего зависит скорость электрофореза?

9. Что такое электрофоретическая подвижность?

10. Как рассчитать  $\xi$ -потенциал?

### **Лабораторная работа №30**

1. Коэффициент вязкости

2. Объясните принцип действия капиллярного вискозиметра. Каков физический смысл постоянной капиллярного вискозиметра, как она экспериментально определяется?

3. Что называют относительной, удельной и характеристической вязкостью? Как их определяют?

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Подготовка к лабораторным работам оценивается в ходе устного опроса по пятибалльной системе.

Отчеты по лабораторным работам составляются студентами индивидуально и защищаются устно, оцениваются по пятибалльной системе.

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, уравнения реакций, таблицы, методику проведения лабораторных опытов, список литературы, расчеты и т. д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

Титульный лист – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета).

Исходные данные к выполнению заданий – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.).

Основная часть – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных.

Выводы – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы).

Список литературы – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии).

*Оформление плана-конспекта занятия и отчета по лабораторной работе.* План-конспект занятия и отчет по лабораторной работе относится к категории «письменная работа», оформляется по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы);
- набор и оформление математических выражений (формул);



- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);

- интервал межстрочный – полуторный;

- шрифт – Times New Roman;

- размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);

- выравнивание текста – «по ширине»;

- поля страницы - левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;

- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).

- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все приложения включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Оценка «Отлично»

А) Задание выполнено полностью.

Б) Отчет/ответ составлен грамотно.

В) Ответы на вопросы полные и грамотные.

Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Хорошо»

А), Б) - те же, что и при оценке «Отлично».

В) Неточности в ответах на вопросы, которые исправляются после уточ-

няющих вопросов.

Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Удовлетворительно»

А), Б - те же, что и при оценке «Отлично».

В) Неточности в ответах на вопросы, которые не всегда исправляются после уточняющих вопросов.

Г) Материал понят, осознан, но усвоен недостаточно полно.

Оценка «Неудовлетворительно»

А) Программа не выполнена полностью.

Б) Устный отчет и ответы на вопросы не полные и не грамотные.

В) Материал не понят, не осознан и не усвоен.

### ***Расчетные задачи***

Для самостоятельного решения задач из методического пособия необходимо сначала ознакомиться с материалом лекции, а затем с материалами из основной и дополнительной литературы.

### ***Задачи для самостоятельного решения:***

#### **вариант 1**

1. Химическая кинетика. Основные понятия химической кинетики: скорость реакции, средняя скорость, истинная скорость реакции. Факторы, влияющие на скорость реакции (подтвердите примерами).

2. Зависимость скорости реакции от концентрации. Закон действующих масс для гомогенных и гетерогенных реакций.

3. Вычислить константу скорости бимолекулярной реакции образования фосгена  $\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$ , 27 °С количество реагирующих веществ изменится следующим образом:

Время от начала опыта, мин	0	12	24	36
Концентрация исходных веществ, моль/л	0,0187	0,0179	0,0173	0,0167

Найти концентрацию исходных веществ через 3 часа после начала реакции.

4. Разложение пероксида водорода в водном растворе является мономолекулярной реакцией, ее константа скорости равна  $5,081 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$ . Определить время, за которое пероксид водорода распадается на: а) 50%; б) 99,9%.

## вариант 2

1. Понятие о молекулярности и порядке реакции. Методы определения порядка реакции.
2. Кинетические уравнения 0, 1 и 2-го порядков. Период полупревращения, его смысл.
3. Указать порядок реакции  $\text{CH}_3\text{COH (г)} = \text{CH}_4 \text{ (г)} + \text{CO (г)}$  по веществу и написать кинетическое уравнение реакции. Как изменится скорость реакции при: а) уменьшении концентрации ацетальдегида в 2 раза; б) увеличении давления в 3 раза.
4. Указать порядок реакции  $\text{N}_2\text{O}_4 \text{ (г)} = 2 \text{ NO}_2 \text{ (г)}$  записать выражение З.Д.М. для данной реакции. Как изменится скорость реакции при: а) увеличении концентрации  $\text{N}_2\text{O}_4$  в 1,5 раза; б) уменьшении давления в 3 раза.

## вариант 3

1. Что такое скорость химической реакции и скорости по компонентам? Какова их размерность?
2. Сформулируйте закон действующих масс. Для элементарной реакции  $\text{A} + 2\text{B} \rightarrow \text{AB}_2$  напишите выражения для скорости реакции и скорости по компонентам.
3. Во сколько раз возрастает скорость реакции при повышении температуры от 20 до 60 °С, если энергия активации равна 125,61 кДж/моль?
4. В 1952г. в организм человека попал радионуклид стронций-90. В каком году его останется 40%?  $\tau (^{90}\text{Sr})=28,7$  года.

## Требования к представлению и оформлению расчетных задач

Решение задач проводится студентами индивидуально и оценивается по пятибалльной системе.

Готовые расчетные задачи представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Решение должно включать всю информацию по выполнению задания, в том числе, уравнения реакций, графики, расчеты и т. д.

Структурно решение задач, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

Титульный лист – обязательная компонента (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета).

Исходные данные к выполнению заданий – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.).

Основная часть – подробное решение задачи, при необходимости с уравнениями реакций, графиками и т.д.

*Оформление решенных задач.*

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта - 14 пт, в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы - левое – 25-30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

## **Критерии оценки выполнения расчетных задач**

Оценка «Отлично»

- А) Задача выполнена полностью.
- Б) Подробно описаны все действия задачи.
- В) Ответы на каждом этапе расчетной задачи верны.
- Г) Грамотное оформление.

Оценка «Хорошо»

- А), Б) - те же, что и при оценке «Отлично».
- В) Неточность в конечном этапе задачи.
- Г) Грамотное оформление.

Оценка «Удовлетворительно»

- А), Б - те же, что и при оценке «Отлично».
- В) Неточности в ответах нескольких этапов задачи.
- Г) Грамотное оформление.

Оценка «Неудовлетворительно»

- А) Программа не выполнена полностью.
- Б) Ответы неверны на всех этапах задачи.
- В) Неграмотное оформление.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Физическая и коллоидная химия»  
**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**  
Профиль «Технологии нефтеперерабатывающих и химических производств»

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способностью и готовностью использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности	Знает	<p>Основные законы, формулы и правила физической и коллоидной химии для определения количественных характеристик состояний и свойств дисперсных систем.</p> <p>Знает теории термодинамики, химической кинетики, условия самопроизвольного протекания процессов в поверхностном слое; сущность методов получения и основные методы очистки дисперсных систем; оптические явления, основные положения теории строения ДЭС; виды устойчивости дисперсных систем; причины структурообразования в дисперсных системах; классификацию коллоидных ПАВ; сущность физико-химических методов определения ККМ; особенности растворов ВМС; свойства студней, эмульсий, пен и аэрозолей.</p>
	Умеет	<p>Определять и рассчитывать характеристические функции, поверхностную активность, поверхностное натяжение и адсорбцию, составлять формулы мицелл лиофобных золей; определять пороги коагуляции разных электролитов; анализировать потенциальные кривые взаимодействия коллоидных частиц.</p>
	Владеет	<p>Навыками экспериментальных методов исследования дисперсных систем и поверхностных явлений, обрабатывать результаты эксперимента и делать соответствующие выводы и заключения.</p>
ОПК-3 Готовностью использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	Знает	<p>Основные законы физической и коллоидной химии и их приложения.</p>
	Умеет	<p>Делать профессиональные оценки приближенных значений физико-химических величин.</p> <p>Применять теоретические законы химии к решению различных задач, успешно проводить расчеты выхода продуктов химической реакции, степени набухания, порогов коагуляции, адсорбции.</p>
	Владеет	<p>Знаниями основ теории фундаментальных разделов физической и коллоидной химии, методами расчетов теплоты реакций, равновесия, скорости реакций, выхода продуктов химической реакции, степени набухания, порогов коагуляции, адсорбции.</p>
ПК-19 способностью планировать и проводить физические и химиче-	Знает	<p>Методы анализа материала для теоретических занятий, лабораторных работ и научных исследований.</p> <p>Способы планирования и научного прогнозирования.</p>

ские эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования		ния, методы обработки результатов физико-химических исследований.
	Умеет	Применять методы анализа материала для теоретических занятий, лабораторных работ и научных исследований. Планировать и научно прогнозировать результаты физико-химических и коллоидно-химических исследований. Применять методы обработки результатов и оценки погрешностей в физико-химических исследованиях.
	Владеет	Методами анализа материала для теоретических занятий, лабораторных работ и научных исследований. Навыками планирования и научного прогнозирования результатов физико-химических исследований.
ПК-21 готовностью использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	Знает	Фундаментальные основы теории и практики физической и коллоидной химии; методики химического эксперимента; методы отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ.
	Умеет	Применять основные понятия и законы физической и коллоидной химии при планировании экспериментальной работы и обсуждении полученных результатов.
	Владеет	Основными химическими, физическими и техническими аспектами лабораторного эксперимента и промышленного производства.

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Модуль 1. Химическая термодинамика. Модуль 2. Фазы переменного состава. Модуль 3. Химическое равновесие.	ОПК-1	Знает	Устный опрос по лабораторной работе № 1-5 (УО-1). Тестирование №№1-5 (ПР-1)	Экзаменационные вопросы №№1-4
			Умеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1) Тестирова-	Экзаменационные вопросы №№1-4



				ние №№1-5 (ПР-1)	
			Владеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1) Тестирова- ние №№1-5 (ПР-1)	Экзаменацион- ные вопросы №№1-4
2	Модуль 4. Хими- ческая кинетика. Модуль 5. Теории катализа.	ОПК-1	Знает	Устный опрос № 6-9 (УО-1) Тестирова- ние №№6-10 (ПР-1)	Экзаменацион- ные вопросы №№5-9
			Умеет	Устный опрос № 6-9 (УО-1) Тестирова- ние №№6-10 (ПР-1) Контроль- ные работы 1-3 (ПР-2)	Экзаменацион- ные вопросы №№5-9
			Владеет	Устный опрос № 6-9 (УО-1) Тестирова- ние №№6-10 (ПР-1) Контроль- ные работы 1-3 (ПР-2)	Экзаменацион- ные вопросы №№5-9
		ОПК-3	Знает	Устный опрос №10-15 (УО-1) Контроль- ные работы 1-3 (ПР-2)	Экзаменацион- ные вопросы №№10-14
			Умеет	Устный опрос № 10-15 (УО-1)	Экзаменацион- ные вопросы №№10-14

				Контроль-ные работы 1-3 (ПР-2)	
			Владеет	Устный опрос № 10-15 (УО-1) Контроль-ные работы 4-6 (ПР-2)	Экзаменацион-ные вопросы №№10-14
3	Модуль 6. Электрохимия. Модуль 7. Дисперсные системы и поверхностные явления. Модуль 8. Получение и стабилизация дисперсных систем. Модуль 9. Виды дисперсных систем и их свойства.	ОПК-3	Знает	Устный опрос № 16-25 (УО-1) Тестирование №№17-25 Контроль-ные работы 4-6 (ПР-2)	Экзаменацион-ные вопросы №№15-19
			Умеет	Устный опрос № 16-25 (УО-1) Тестирование №№17-25 (ПР-1) Контроль-ные работы 4-6 (ПР-2)	Экзаменацион-ные вопросы №№15-19
			Владеет	Устный опрос № 16-25 (УО-1) Тестирование №№17-25 (ПР-1) Контроль-ные работы 4-6 (ПР-2)	Экзаменацион-ные вопросы №№15-19
		ПК-19	Знает	Устный опрос № 26-30 (УО-1) Контроль-ные работы 7-9 (ПР-2)	Экзаменацион-ные вопросы №№19-24
			Умеет	Устный опрос № 26-30	Экзаменацион-ные вопросы №№19-24

				(УО-1) Контроль- ные работы 7-9 (ПР-2)	
			Владеет	Устный опрос № 26-30 (УО-1) Контроль- ные работы 7-9 (ПР-2)	Экзаменацион- ные вопросы №№19-24
4	Лабораторные работы	ПК-19	Знает	Устный опрос № 1-30 (УО-1)	Тестирование №№26-35
			Умеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1)	Тестирование №№26-35
			Владеет	Устный опрос № 1-5. (УО-1)	Тестирование №№26-35
		ПК-21	Знает	Устный опрос № 1-5 (УО-1)	Тестирование №№11-16
			Умеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1)	Тестирование №№11-16
			Владеет	Устный опрос № 1-5 (УО-1)	Тестирование №№11-16

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-1 Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профес-	Знает (пороговый уровень)	Знает основные законы физической и коллоидной химии и других естественнонаучных дисциплин	Знание основных законов органической химии и возможности их использования в профессиональной дея-	Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в своей профессиональной деятельности

сиональной деятельности			тельности	
	Умеет (продвинутый)	Знает и умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Знание основных законов физической и коллоидной химии и использование их в своей работе при проведении различных экспериментов	Способность и умение использовать основные законы физической и коллоидной химии и других естественнонаучных дисциплин в своей деятельности
	Владеет (высокий)	Использует основные законы физической и коллоидной химии и других естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Знание основных законов физической и коллоидной химии и использование их при проведении экспериментов и интерпретации полученных результатов	Способность использовать основные законы физической и коллоидной химии в своей деятельности и умение интерпретировать результаты на основе этих законов
ОПК-3 Готовностью использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	Знает (пороговый уровень)	Основные законы физической и коллоидной химии и их приложения	Знание основных законов физической и коллоидной химии	Способность выделить наиболее экологически обоснованные направления
	Умеет (продвинутый)	Применять теоретические законы химии к решению различных задач	Знание методов применения теоретических законов химии к решению различных задач	Способность делать грамотные оценки приближенных значений физико-химических величин
	Владеет (высокий)	Знаниями основ теории фундаментальных разделов физической химии, методами расчетов теплоты реакций, равновесия, скорости реакций, выхода продуктов химической реакции, свойств коллоидных систем	Знание основ теории фундаментальных разделов физической и коллоидной химии	Способность успешно проводить расчеты выхода продуктов химической реакции, свойств коллоидных систем
ПК-19 способностью	Знает (пороговый уро-	Знает, как планировать хими-	Умение планировать хи-	Способность планировать и

планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	вень)	ческий эксперимент и обработать полученные результаты	мический эксперимент и объяснить полученные результаты	провести химический эксперимент, объяснить полученные результаты
	Умеет (продвинутый)	Умеет планировать химический эксперимент, оценить погрешности и объяснить их	Планирование и проведение химического эксперимента, грамотное объяснение результатов	Способность запланировать и провести химический эксперимент, объяснить полученные результаты, оценить погрешности
	Владеет (высокий)	Владеет навыками проведения химического эксперимента, методами оценки результатов и объяснения их погрешностей	Грамотно и успешно запланированный и проведенный эксперимент. Грамотное объяснение полученных результатов.	Способность грамотно запланировать и провести эксперимент, грамотно объяснить полученные результаты и предложить условия для их улучшения.
ПК-21 Готовностью использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	Знает (пороговый уровень)	Основные свойства органических соединений и материалов на их основе и зависимость свойств органических соединений от их строения.	Знание основных свойств органических соединений и материалов на их основе	Способность использовать знание основных свойств органических соединений и материалов на их основе для решения своих профессиональных задач
	Умеет (продвинутый)	Умеет планировать экспериментальные исследования на основе знания свойств различных соединений	Знание основных свойств органических соединений и материалов на их основе и возможностей использовать эти знания в своей профессиональной деятельности	Способность и умение использовать знание основных свойств органических соединений для планирования различных экспериментов
	Владеет (высокий)	Владеет навыками очистки, определения физико-химических	Знание свойств органических соединений и путей их ис-	Способность использовать знание свойств соединений и ма-

		свойств и структуры органических соединений.	пользования для решения поставленных задач и умение объяснять полученные результаты	териалов на их основе для решения различных задач своей профессиональной деятельности
--	--	--	---	---

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины «Физическая и коллоидная химия»**

**Оценочные средства для промежуточной аттестации**

**1 Вопросы собеседований**

**Раздел I. Введение. Основы химической термодинамики**

**Раздел II. Второй закон термодинамики**

**Вопросы**

1. Сформулируйте и запишите I закон термодинамики.
2. Определите понятие “тепловой эффект химической реакции”.
3. Закон Гесса и следствия из него.
4. Дайте определение стандартных теплот сгорания и образования, интегральной и дифференциальной теплот растворения.
5. В каких случаях теплота реакции может являться функцией состояния.
6. Чем определяется знак теплового эффекта растворения? Предположите, каков знак теплового эффекта будет при растворении в воде: а) HCl (газ), б) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (конц.), в) NaF (крист.)?
7. Какие термодинамические величины определяют методом калориметрии?
8. Принцип калориметрических измерений тепловых эффектов: типы калориметров, термометр Бекмана, тепловое значение калориметра и способы его определения, учет теплообмена с окружающей средой.
9. Какие вещества используют в качестве термохимического стандарта для определения теплового значения калориметра?

**Модуль II. Фазы переменного состава**

**Раздел I. Растворы. Фазовые равновесия**

**Раздел II. Правила фаз Гиббса и его применение к гетерогенным равновесиям**

## **Вопросы**

1. Что такое правило фаз? Приведите определения следующих понятий: фаза, составляющие вещества, компоненты, число степеней свободы.
2. На чем основан термический анализ? Какие методы термического анализа вы знаете?
3. Чем объясняются скачки температуры на кривых охлаждения?
4. Что такое эвтектика? Примените правило фаз к полученной вами диаграмме плавкости. Какие изменения происходят при охлаждении систем различного состава?
5. Какие упрощения вносят при построении плоских диаграмм состояния бинарных (двухкомпонентных) систем?

## **Модуль III. Химическое равновесие**

### **Раздел I. Химическое равновесие**

#### **Вопросы**

1. Дайте определение понятия “химическое равновесие”. Динамический характер химического равновесия и его подвижность. Что такое обратимые реакции и в чем различие понятия “обратимость реакции” и “обратимость термодинамического процесса”?
2. Закон действия масс. Через какие величины можно выразить константу химического равновесия? Связь между константами равновесия, выраженными различными способами.
3. Каковы термодинамические и молекулярно-кинетические признаки равновесного состояния?
4. От чего зависит  $K_c$  и  $K_p$  реакции?

## **Модуль IV. Химическая кинетика**

### **Раздел I. Формальная кинетика**

#### **Вопросы**

1. Написать кинетические уравнения различных типов реакций.
2. Каковы основные понятия химической кинетики?
3. Какие реакции называются сложными, параллельными, последовательными?
4. В чем заключается кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов?

### **Раздел II. Зависимость константы скорости от температуры**

### **Раздел III. Теории химической кинетики**

#### **Вопросы**

1. Почему реакцию гидролиза сахарозы называют инверсией?

2. Скорость химической реакции, скорость реакции по данному веществу, связь между ними. Факторы, влияющие на скорость химической реакции.

3. Константа скорости реакции, ее физический смысл и размерность. Вывод выражений для констант скорости необратимых реакций нулевого, первого, второго и n-ного порядков.

4. Молекулярность и порядок реакции. Псевдопорядок. Экспериментальные методы определения порядка реакции.

5. Выражением какой зависимости является кинетическая кривая? Представьте графически эту зависимость для исходного вещества, если реакция имеет нулевой, первый, второй порядок.

## **Модуль V. Теории катализа**

### **Раздел I. Гомогенный и гетерогенный катализ**

#### **Вопросы**

1. Физическая и химическая адсорбция. Написать основные уравнения изотерм адсорбции.

2. Отличия гомогенного катализа от гетерогенного?

3. Что подразумевается под удельной и атомной активностью?

4. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций.

### **Раздел II. Теории катализа**

#### **Вопросы**

1. Понятие катализа. Общие принципы катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Теория промежуточных соединений.

2. Гетерогенные каталитические реакции. Основные стадии, понятие лимитирующей стадии. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Что называется, скоростью гетерогенной реакции и от чего она зависит?

3. Диффузионная и кинетическая области протекания гетерогенной каталитической реакции. Какие экспериментальные данные необходимы для установления области протекания реакции? Запишите кинетическое уравнение реакции, наиболее медленной стадией которой является диффузия исходных веществ к поверхности катализатора.

## **Модуль VI. Электрохимия**

### **Раздел I. Теория электролитов**

#### **Вопросы**

1. Основные положения теории Аррениуса.

2. Основные допущения теории Дебая-Гюккеля.

3. В чем заключается физический смысл электрофоретического и релаксационного эффектов.



4. Что такое электрохимический потенциал, равновесные электрохимические цепи и их ЭДС?

## **Раздел II. Термодинамика и кинетика электрохимических процессов.**

### **Вопросы**

1. Теория электролитической диссоциации С.Аррениуса. Закон разведения Оствальда, его физический смысл.

2. Электропроводность слабых электролитов, удельная и эквивалентная, зависимость их от концентрации и температуры.

3. Экспериментальные методы определения электропроводности электролитов (схема установки, электроды, ток). Постоянная сосуда, физический смысл и метод определения.

4. Определение электропроводности при бесконечном разведении для слабых электролитов. Формула Кольрауша.

5. Классификация электрохимических цепей. Работа (механизм работы) концентрационных и химических цепей.

6. Диффузионный потенциал. Механизм его возникновения. Правила записи цепей и электродов.

### **Критерии оценки собеседования**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы.

2. Материал понят и изучен.

3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.

4. Ответ самостоятельный, аргументированный.

#### *Отметка "Хорошо"*

1, 2, 3– аналогично отметке "Отлично".

4. Допущены 1-2 неточности.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки (например, неумение применять законы и теории к объяснению новых фактов).

2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание большей, или наиболее существенной

части учебного материала.

2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

## **2 Вопросы для практических занятий**

1. I закон термодинамики. Основные понятия термодинамики - формулировки и аналитические выражения. Расчет  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ ,  $Q$ ,  $A$  для различных термодинамических процессов.

2. Применение I закона термодинамики к химическим процессам (термохимия). Закон Гесса.

3. Зависимость тепловых эффектов от температуры. Уравнение Кирхгофа. Расчет тепловых эффектов химических реакций при различных температурах.

4. Решение задач по I закону термодинамики.

5. Контрольная работа № 1.

6. II закон термодинамики, формулировки, математическое выражение. Энтропия. Расчет изменения энтропии в различных термодинамических процессах. Расчет абсолютных значений энтропий.

7. Свободные энергии Гиббса и Гельмгольца. Критерии самопроизвольного течения процессов и равновесия в изолированных и неизолированных изотермических системах. Характеристические функции идеального газа. Расчеты изменения  $\Delta G$  и  $\Delta F$  в различных процессах.

8. Решение задач по второму закону термодинамики.

9. Контрольная работа № 2.

10. Растворы. Идеальные растворы, коллигативные свойства. Неидеальные растворы и их свойства. Термодинамика растворов, функции смешения. Парциальные молярные величины и их определение из опытных данных (для бинарных систем).

11. Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Различные виды диаграмм состояния. Законы Гиббса-Коновалова.

12. Контрольная работа № 5.

13. Химическое равновесие. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Расчет констант равновесия по термодинамическим данным. Расчет выхода продуктов химических реакций. Влияние различных факторов на степень полноты реакции и констант равновесия.

14. Зависимость констант равновесия от температуры. Расчет констант равновесия химических реакций при различных температурах (использование различных приближений для теплоемкостей реагентов, приведенных энергий Гиббса, метод Темкина-Шварцмана).

15. Контрольная работа № 4.

16. Основные понятия и определения в химической кинетике: скорость реакции, порядок, молекулярность, константа скорости химической реакции. Методы определения порядков реакции.

17. Расчеты констант скоростей и порядков реакций.

18. Кинетика сложных химических реакций (обратимые и параллельные реакции).

19. Последовательные реакции. Метод стационарных концентраций.

20. Влияние температуры на скорость химических реакций.

21. Теория активных столкновений. Бимолекулярные реакции. Применение теории к мономолекулярным реакциям.

22. Теория активированного комплекса. Статистический аспект. Расчет константы скорости.

23. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Трактровка "стерического множителя". Расчет энтропии и энтальпии активации.

24. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям. Расчет истинной энергии активации.

25. Контрольная работа по теме: "Химическая кинетика".

### **Критерии оценки практического занятия**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Ответ показывает глубокое и систематическое знание всего материала и структуры конкретного вопроса.

2. Материал понят и изучен.

3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.

4. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

#### *Отметка "Хорошо"*

1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".

4. Ответ, в целом, логически корректен, но не всегда точен и аргументирован.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Фрагментные и поверхностные знания важнейших разделов

программы.

2. Затруднения с терминологией учебной дисциплины, неполное знакомство с рекомендованной литературой.

3. Частичные затруднения с выполнением предусмотренных с программой заданий.

*Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание большей, или наиболее существенной части учебного материала.

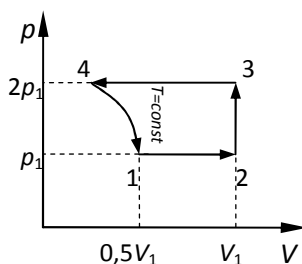
2. Неумение использовать понятийный аппарат, допущены существенные ошибки, отсутствует логическая связь в ответе.

### 3 Вопросы коллоквиумов

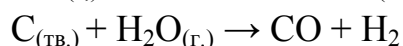
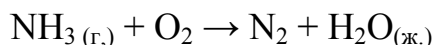
#### Вопросы к коллоквиуму 1

##### Вариант 1

1. Что является функцией состояния: внутренняя энергия, энтальпия, работа, теплота? Для доказательства используйте цикл на рисунке (газ – He, 1 моль)

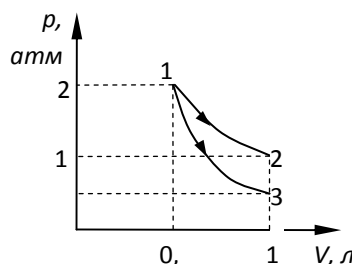


2. Определите, для каких реакций тепловой эффект возрастает с температурой:



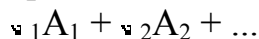
Рассчитайте также стандартный тепловой эффект и изменение внутренней энергии в этих реакциях.

3. В каком из процессов расширения  $\text{CO}_2$  механическая работа больше? В точке 1  $T = 20^\circ\text{C}$ . Процесс 1→2 совершается при  $T = \text{const}$ . Процесс 1→3 совершается очень быстро, теплообмена нет.

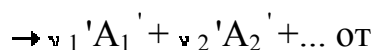


##### Вариант 2

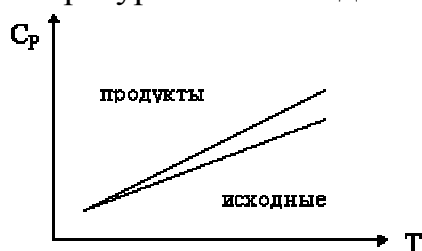
1. Изобразите зависимость теплового эффекта реакции:



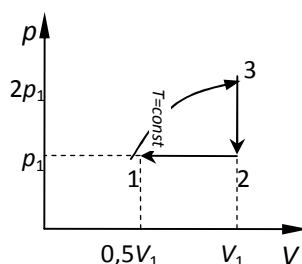
зависимость теплового эффекта



пературы, если зависимости сумм теплоемкостей исходных веществ ( $\sum \nu_i C_{P_i}$ ) и продуктов ( $\sum \nu_j C_{P_j}$ ) от температуры имеют вид:



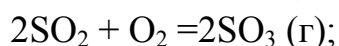
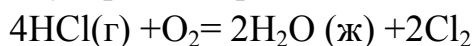
2. С 1 молем идеального газа реализован обратимый цикл, приведенный на рисунке. Что является функцией состояния: внутренняя энергия, работа, теплота? Для доказательства используйте цикл на рисунке (газ – азот)



При каких условиях **теплота процесса**  $Q$  является функцией состояния?

3. Сформулируйте **закон Гесса**.

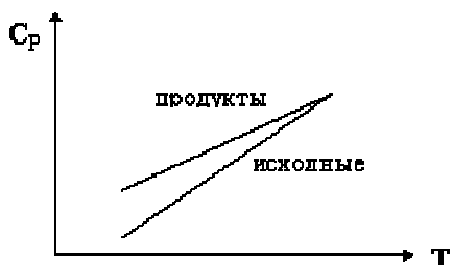
Определить разность между  $Q_p$  и  $Q_v$  при 250 С для следующих реакций:



### Вариант 3

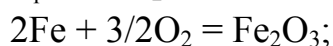
1. Изобразите зависимость теплового эффекта реакции:

$\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 + \dots \rightarrow \nu_1' A_1' + \nu_2' A_2' + \dots$  от температуры, если зависимости сумм теплоемкостей исходных веществ ( $\sum \nu_i C_{P_i}$ ) и продуктов ( $\sum \nu_j C_{P_j}$ ) от температуры имеют вид:



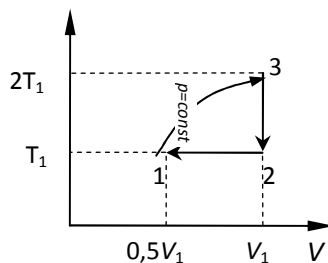
2. Закон Гесса. Стандартные состояния и стандартные энтальпии реакций. Энтальпии сгорания. Энтальпии образования.

Определить разность между  $Q_p$  и  $Q_v$  при 250 С для следующих реакций:



3. С 1 молем идеального газа реализован обратимый цикл, приведенный на рисунке.

Что является функцией состояния: внутренняя энергия, работа, теплота? Для доказательства используйте цикл на рисунке (газ – водород)



### Критерии оценки коллоквиума

#### *Отметка "Отлично"*

1. Ответ показывает глубокое и систематическое знание всего материала и структуры конкретного вопроса.
2. Материал понят и изучен.
3. Ответ изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Даны полные и правильные ответы на все задания.
5. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Могут присутствовать незначительные неточности в ответах.
5. Ответ, в целом, логически корректен, но не всегда точен и аргументирован.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Фрагментные и поверхностные знания важнейших разделов программы.
2. Затруднения с терминологией учебной дисциплины, неполное знакомство с рекомендованной литературой.
3. Частичные затруднения с выполнением предоставленных заданий.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание большей, или наиболее существенной части заданий.
2. Неумение использовать понятийный аппарат, допущены существенные ошибки, отсутствует логическая связь в ответе.

### 4 Вопросы к экзаменам

#### 4 семестр

1. Термодинамические системы и термодинамический метод их описания. Термическое равновесие системы. Термодинамические переменные.

2. Температура. Интенсивные и экстенсивные величины. Обратимые и необратимые процессы.

3. Теплота и работы различного рода. Вычисление работы расширения для различных процессов и различных газов. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия.

4. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Теплоты сгорания и теплоты образования.

5. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгоффа. Зависимость теплоемкости от температуры и расчеты тепловых эффектов реакций. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах.

6. Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Неравенство Клаузиуса и его объяснение.

7. Энтропия как функция состояния. Изменение энтропии при различных процессах. Изменение энтропии изолированной системы и направление процесса.

8. Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса и их свойства.

9. Уравнения Максвелла. Использование уравнений Максвелла для вывода различных термодинамических соотношений.

10. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов в изолированных и неизолированных системах.

11. Уравнение Гиббса-Гельмгольца и его роль в химии. Взаимосвязь работы и теплоты химического процесса.

12. Химические потенциалы, их определение, вычисление и свойства. Химический потенциал идеального и неидеального газов. Метод летучести. Различные методы вычисления летучести из опытных данных.

13. Определение понятия “раствор”. Различные способы выражения состава раствора. Смеси идеальных газов. Термодинамические свойства газовых смесей. Идеальные растворы.

14. Давление насыщенного пара жидких растворов. Закон Рауля. Идеальные жидкие растворы и их определение. Термодинамический вывод закона Рауля. Отклонения от закона Рауля.

15. Неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение по парциальным давлениям компонент.

16. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент. Симметричная и несимметричная системы отсчета.

17. Изменение температуры затвердевания и кипения растворов. Криоскопический метод определения молярной массы.

18. Осмотические явления. Уравнения Вант-Гоффа для осмотического давления, его термодинамический вывод и область применения.

19. Термодинамическая классификация растворов. Функции смешения для идеальных и неидеальных растворов. Атермические и регулярные растворы и их свойства.

20. Парциальные молярные величины, их свойства и методы определения из опытных данных (для бинарных систем). Уравнение Гиббса-Дюгема.

21. Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Различные виды диаграмм состояния. Законы Гиббса-Коновалова. Разделение веществ путем перегонки. Азеотропные смеси и их свойства.

22. Гетерогенные системы. Понятие фазы, компонента системы, числа степеней свободы. Правило фаз Гиббса и его применение.

23. Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона и его применение. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста, их вывод.

24. Двухкомпонентные системы. Различные диаграммы состояния двухкомпонентных систем и их анализ на основе правила фаз. Системы, образующие твердые растворы и химические соединения с конгруэнтной и инконгруэнтной точкой плавления. Диаграммы с точкой эвтектики.

25. Закон действия масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Химическая переменная. Термодинамический вывод закона действия масс.

26. Изотерма химической реакции, ее использование. Термодинамическая трактовка понятия о химическом сродстве и работе реакции.

27. Расчеты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций. Приведенная энергия Гиббса и ее использование для расчетов химических равновесий.

28. Расчеты выхода продуктов химических реакций различных типов. Влияние инертного газа на смещение химического равновесия.



29. Зависимость констант равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры реакции и их термодинамический вывод и использование.

30. Гетерогенные химические равновесия и особенности их термодинамического описания.

### **5 семестр**

31. Основные понятия и постулаты формальной кинетики. Прямая и обратная кинетические задачи. Параметры кинетических уравнений.

32. Молекулярность и порядок реакции. Методы определения порядка реакции. Реакции переменного порядка.

33. Уравнение Аррениуса. Способы определения опытной энергии активации и ее связь с энергиями активации элементарных процессов.

34. Кинетическое описание необратимых реакций первого порядка в закрытых системах. Время полупревращения и среднее время жизни исходных молекул.

35. Обратимая реакция первого порядка и определение ее кинетических параметров. Скорость реакции и химическое сродство.

36. Необратимые реакции нулевого и второго порядков, определение константы скорости из опытных данных. Время полупревращения (при одинаковых концентрациях компонентов).

37. Принцип квазистационарных концентраций и область его применения.

38. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Определение его кинетических параметров из опытных данных. Сопоставление со схемой Ленгмюра-Хиншельвуда в гетерогенном катализе.

39. Неразветвленные цепные реакции. Скорость темновой и фотохимической реакции образование НВг. Уравнение Боденштейна-Линдау

40. Использование адиабатического приближения для описания химической реакции частиц: поверхность потенциальной энергии, путь реакции, энергия активации.

41. Теория активированного комплекса и статический вывод основного уравнения. Взаимосвязь опытной и истинной энергии активации.

42. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Реакции в растворах. Уравнение Бренстеда-Бьеррума.

43. Теория активных соударений. Уравнение Траутца-Льюиса. Применение теории активных соударений к бимолекулярным реакциям.

44. Интерпретация предэкспоненциального множителя в статическом и термодинамическом аспектах теории активированного комплекса. Энтропия активации.

45. Мономолекулярные реакции и их описание в теории активированного комплекса (в статистическом и термодинамических аспектах), теории соударений. Схема Линдемана. Поправка Хиншельвуда.

46. Законы фотохимии. Квантовый выход. "Двухквантовые процессы". Кинетическая схема Штерна-Фольмера.

47. Основные понятия и классификации в катализе. Механизмы каталитических реакций. Особенности гетерогенно-каталитических процессов.

48. Кинетика реакций специфического кислотного катализа. Механизмы лимитирующих стадии. Функции кислотности Гаммета. Уравнение Бренстеда и его анализ.

49. Кинетика Ленгмюра-Хиншельвуда для реакций на однородной поверхности катализатора. Особенности кинетики и записи константы равновесия в адсорбционном слое (общий случай).

50. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций с диффузионными ограничениями. Внешняя диффузия (метод равнодоступной поверхности). Кинетика каталитических реакций во внутренней диффузионной области.

51. Основные положения теории Аррениуса. Причины устойчивости ионов в растворах электролитов. Энергии кристаллической решетки и сольватации ионов.

52. Теория сильных электролитов Дебая-Хюккеля: вывод формулы для потенциала ионной атмосферы в растворе 1,1-валентного электролита.

53. Первое и второе приближения теории Дебая-Хюккеля для расчета среднего ионного коэффициента активности. Современные подходы к теории сильных электролитов.

54. Удельная и эквивалентная электропроводности электронов. Подвижности отдельных ионов. Первоначальная современная формулировки закона Кольрауша.

55. Числа переноса, их зависимость от концентрации раствора. Методы определения чисел переноса. Зависимость эквивалентной электропроводности от температуры и концентрации раствора. Уравнение Онзагера.

56. Процессы диффузии и миграции в растворах электролитов. Формула Нернста-Эйнштейна. Диффузионный потенциал на границе двух разделов.

57. Разности потенциалов в электрохимических системах. Потенциалы Вольта и Гальвани. Потенциал нулевого заряда и методы его определения.

58. Электрохимический потенциал. Условия равновесия на границе электрода с раствором и в электрохимической цепи. Классификация электродов и электрохимических цепей.

59. Определение методом ЭДС энергии Гиббса, энтальпии и энтропии химической реакции.

60. Определение методом ЭДС коэффициентов активности, рН раствора и чисел переноса.

61. Электрокапиллярные явления. Модельные представления о двойном электрическом слое (модели Гельгольца, Гуи -Чапмена, Штерна и Грэма)

62. Лимитирующие стадии в электрохимических реакциях. Поляризация электрода и ток обмена.

63. Диффузионная кинетика электродных процессов: три основных уравнения, вывод уравнения поляризационной кривой для реакции типа  $O + ne = R$

64. Основные теории замедленного заряда: Вывод основного уравнения Батлера-Фольмера и его анализ. Уравнение Тафеля.

65. Химические источники тока. Термодинамические и кинетические аспекты их работы. Причины саморазряда.

### **Критерии оценки вопросов к экзамену**

#### *Отметка "Отлично"*

1. Глубокое и прочное усвоение материала, все предоставленные задания выполняются правильно.

2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.

3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.

4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".

4. Допущены 1-2 незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Знание только основного материала, но не деталей.

2. Допущены ошибки и неточности в ответах.

3. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, имеет нарушения логической последовательности.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части учебного материала.

2. Не выполнена значительная часть задания, имеются существенные ошибки.

**Образцы экзаменационных билетов**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
Высшего образования**

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**Школа естественных наук**

18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической техноло-  
гии, нефтехимии и биотехнологии

шифр, название направления подготовки

Дисциплина Физическая и коллоидная химия

Форма обучения очная

Семестр 5 2017- 2017 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

**Экзаменационный билет № 1**

1. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Реакции в растворах. Уравнение Бренстеда-Бьеррума.
2. Теория активных соударений. Уравнение Траутца-Льюиса. Применение теории активных соударений к бимолекулярным реакциям.

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_

М.П. (школы)

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**Школа естественных наук**

18.03.01 – Химическая технология

шифр, название направления подготовки

Дисциплина Физическая и коллоидная химия

Форма обучения очная

Семестр 5 2017- 2017 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

## Экзаменационный билет № 2

1. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций с диффузионными ограничениями. Внешняя диффузия (метод равнодоступной поверхности). Кинетика каталитических реакций во внутренней диффузионной области.
2. Основные положения теории Аррениуса. Причины устойчивости ионов в растворах электролитов. Энергии кристаллической решетки и сольватации ионов.

Зав. кафедрой

---

М.П. (школы)

### Критерии оценки экзаменационных билетов

#### *Отметка "Отлично"*

1. Глубокое и прочное усвоение материала, все предоставленные задания выполняются правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Выполнение только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки, неточности в ответах и недостаточно правильные формулировки.
3. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, имеет нарушения логической последовательности.

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части задания.
2. Не выполнена значительная часть задания, имеются существенные ошибки.

### Оценочные средства для текущей аттестации

## 1 Тестовые задания для текущей проверки

### Вариант 1

1. Изолированная термодинамическая система
  - 1) закрыта для массопереноса, открыта для теплопереноса
  - 2) открыта для тепло- и массопереноса
  - 3) закрыта для тепло- и массопереноса
2. Химический потенциал компонента при  $P, T = \text{const}$ , это
  - 1) полная энергия одного моль
  - 2) парциальная мольная энергия Гельмгольца
  - 3) парциальная энергия Гиббса на 1 моль
3. По закону Гиббса-Коновалова газ над раствором обогащен компонентом:
  - 1) более летучим
  - 2) менее летучим
  - 3) более легким
4. В точке фазового перехода выполняется равенство (при  $P, T = \text{const}$ )
  - 1)  $\Delta G = 0$
  - 2)  $\Delta S = 0$
  - 3)  $\Delta H = 0$

### Вариант 2

1. Независимыми термодинамическими параметрами являются
  - 1) давление и объем
  - 2) внутренняя энергия и химический потенциал
  - 3) давление и энергия Гиббса
2. Химический потенциал компонента идеальной системы с увеличением его концентрации
  - 1) увеличивается
  - 2) увеличивается, затем уменьшается
  - 3) уменьшается
3. Для работы (а) справедливо выражение:
  - 1)  $\oint \partial A = 0$
  - 2)  $\oint \partial A \geq 0$
  - 3)  $\oint \partial A \neq 0$

4. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона для фазовых переходов первого рода связывает
- 1) теплоту перехода и изменение теплоемкости
  - 2) теплоту и температуру перехода с изменением теплоемкости
  - 3) теплоту и температуру перехода с изменением объема

### **Вариант 3**

1. Экстенсивными термодинамическими параметрами являются
  - 1) масса и энтропия
  - 2) температура и масса
  - 3) температура и энтропия
2. Фундаментальное уравнение Гиббса связывает изменение энергии Гиббса с изменением величины:
  - 1)  $Q$ ,  $A$ , количества вещества
  - 2)  $P$ ,  $T$ , количества вещества
  - 3)  $P$ ,  $V$ ,  $T$
3. Механическая работа в адиабатическом процессе равна:
  - 1)  $-\Delta U$
  - 2)  $\Delta U$
  - 3)  $0$
4. Давление пара вещества над раствором с увеличением концентрации вещества
  - 1) увеличивается
  - 2) уменьшается
  - 3) не изменяется

### **Критерии оценки тестовых заданий**

*Отметка "Отлично"*

Выбраны все правильные варианты ответов.

*Отметка "Хорошо"*

Допущена 1 ошибка при решении тестового задания.

*Отметка "Удовлетворительно"*

Допущены 2 ошибки при решении тестового задания.

*Отметка "Неудовлетворительно"*

Допущено более 2-х ошибок при выполнении тестового задания.

## **2 Контрольные работы**

### Контрольная работа №1. Первый закон термодинамики

1. 2 моль идеального газа занимают объем  $V_1$  при температуре  $T_1$ . Вначале газ при постоянном объеме изменяет первоначальное давление до значения  $P_2$ , а затем изобарически возвращается к первоначальной температуре  $T_1$ . Рассчитайте  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ ,  $Q$  и  $A$  в этих процессах, а также  $T_2$  в конце изохорического процесса.

№ варианта	Газ	$V_1 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup>	$T_1$ , К	$P_2 \cdot 10^{-5}$ , Па	№ варианта	Газ	$V_1 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup>	$T_1$ , К	$P_2 \cdot 10^{-5}$ , Па
1	O <sub>2</sub>	49,20	300	3,03	15	He	16,40	1000	1,01
2	N <sub>2</sub>	20,50	250	1,01	16	He	14,35	700	4,04
3	H <sub>2</sub>	43,70	400	4,04	17	He	21,87	400	3,53
4	F <sub>2</sub>	12,30	300	3,53	18	He	24,60	300	1,51
5	O <sub>2</sub>	24,60	298	1,51	19	Ar	89,50	273	2,02
6	N <sub>2</sub>	49,20	600	0,76	20	Ar	27,33	500	1,51
7	Cl <sub>2</sub>	27,33	500	1,51	21	Ar	49,20	600	0,46
8	CO	89,50	273	2,02	22	Ne	24,60	298	2,53
9	H <sub>2</sub>	24,60	300	8,08	23	Ne	12,30	300	2,02

2. Идеальный газ, занимающий объем  $V_1$ , при давлении  $P_1$  сначала изотермически расширяется до давления  $P_2$ , а затем адиабатически сжимается до первоначального объема  $V_1$ . Рассчитайте  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ ,  $Q$  и  $A$  в этих процессах, а также  $V_2$  после изотермического расширения и  $T_2$  после адиабатического сжатия.

№ варианта	Газ	n, моль	$P_1 \cdot 10^{-5}$ , Па	$V_1 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup>	$T_1$ , К	$P_2 \cdot 10^{-5}$ , Па
1	He	2	1,01	49,20	-	0,707
2	He	2	2,02	20,50	-	1,414
3	Ne	-	1,51	43,70	400	1,010



4	Ne	-	4,04	12,30	300	2,020
5	Ar	2	1,51	24,60	-	1,010
6	Ar	2	2,02	49,20	-	0,760

### Контрольная работа № 2. Тепловой эффект реакции

1. Вычислите тепловой эффект реакции А при 298 К: а) при  $P = \text{const}$ ; б) при  $V = \text{const}$ . Тепловые эффекты образования веществ при стандартных условиях возьмите из справочника.

№ варианта	Реакция А	№ варианта	Реакция А
1	$2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{ж})}$	14	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$
2	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} + 2\text{Cl}_2$	15	$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$
3	$\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{тв})} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	16	$2\text{CO} + \text{SO}_2 = \text{S}_{(\text{ромб})} + 2\text{CO}_2$

2. Вычислите тепловой эффект реакции при температуре Т.

№ варианта	Реакция А	Т, К	Т <sub>1</sub> , К
1	$2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{г})}$	800	350
2	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} + 2\text{Cl}_2$	750	650
3	$\beta\text{-NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	455	450
4	$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$	1300	1000
5	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$	1000	900

### Контрольная работа №3. Химическое равновесие

1. Газообразные вещества А и В реагируют с образованием газообразного продукта С:

1) выразите  $K_p$  и  $K_c$  через равновесное количество вещества С, равное  $x$ , если исходные вещества А и В взяты в стехиометрических количествах при общем давлении равновесной системы  $P$  и температуре  $T$ , К;

2) рассчитайте  $K_p$  и  $K_c$  при  $T = 300$  К, если  $P = 7,5 \cdot 10^4$  Па,  $x = 0,45$ ;

3) вычислите равновесное количество вещества С при давлении в равновесной системе  $3 \cdot 10^4$  Па и 300 К;

4) рассчитайте степень превращения вещества А и В при 300 К.

№ варианта	Уравнение реакции	№ варианта	Уравнение реакции
1	$A + B = \frac{1}{2}C$	14	$3A + \frac{1}{2}B = 2C$
2	$\frac{1}{2}A + B = C$	15	$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B = 3C$
3	$3A + B = 2C$	16	$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B = C$
4	$2A + 3B = 3C$	17	$A + 3B = 3C$
5	$2A + \frac{1}{2}B = 2C$	18	$3A + B = C$
6	$3A + \frac{1}{2}B = C$	19	$A + 2B = 2C$
7	$A + 2B = C$	20	$A + 2B = 3C$
8	$A + B = 3C$	21	$A + B = 2C$

#### Контрольная работа №4. Кинетика реакций

На основании зависимости общего давления реакционной смеси от времени протекания реакции А при постоянном объеме 1 м<sup>3</sup> и температуре Т К

1. Определите концентрацию исходного вещества, моль/л.
2. Начертите график зависимости концентрации исходного вещества от времени.
3. Вычислите  $\lg C$  и  $1/C$  для всех значений времени.
4. Дайте график зависимости  $\lg C = f(t)$  и  $1/C = f(t)$ .
5. На основании характера графиков сделайте вывод относительно порядка реакции А.
6. Определите константу скорости реакции.
7. Запишите кинетическое уравнение для реакции А в дифференциальном виде (а) и в интегральном виде (б).
8. Определите количество молей исходного вещества, которое прореагировало к моменту времени  $t_1$ .
9. Определите общее давление в системе в момент времени  $t_1$ .
10. Определите время, за которое прореагирует 10 % исходного вещества.
11. Определите период полу превращения для реакции А.

#### Критерии оценки контрольных работ

### *Отметка "Отлично"*

1. Все предоставленные задания выполнены правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

### *Отметка "Хорошо"*

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Выполнение только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки, неточности в ответах и недостаточно правильные формулировки.
3. Ответы неполные, хотя и соответствуют требуемой глубине, имеются нарушения логической последовательности.

### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части задания.
2. Не выполнена значительная часть заданий, имеются существенные ошибки.

## **3 Темы индивидуальных заданий для презентаций**

1. Выбрать любой из ниже перечисленных тем (по согласованию с преподавателем) и подготовиться к презентации.
2. Составить план презентации по выбранной теме, согласованной с преподавателем.
3. Использовать активные методы обучения.

### **Темы для презентаций:**

1. Основные понятия и определения в химической кинетике: скорость реакции, порядок, молекулярность, константа скорости химической реакции. Методы определения порядков реакции.
2. Расчеты констант скоростей и порядков реакций.
3. Кинетика сложных химических реакций (обратимые и параллельные реакции).
4. Последовательные реакции. Метод стационарных концентраций.
5. Влияние температуры на скорость химических реакций.

## **Критерии оценки презентаций**

Оценка	2 балла (неуд.)	3 балла (удовл.)	4 балла (хорошо)	5 баллов (отлично)
Критерии	Содержание критериев			
Раскрытие темы	Тема не раскрыта. Отсутствует заключение	Тема раскрыта не полностью. Заключение не сделано или не обосновано.	Тема раскрыта. Проведен анализ темы. Показано использование дополнительной информации. Заключение сделано и обосновано.	Тема раскрыта полностью. Проведен анализ с привлечением дополнительной литературы и электронных источников информации. Заключение обосновано.
Представление	Представляемая информация логически не связана. Не использованы базовые профессиональные термины.	Представляемая информация не систематизирована и и/или не последовательна, базовые проф. Используются 1-2 базовых проф. термина.	Представляемая информация последовательна и не систематизирована. Используются базовые профессиональные термины.	Представляемая информация последовательна и систематизирована. Используются базовые профессиональные термины.
Оформление	Не использованы технологии Power Point. Много использовано развернутого текстового материала, который зачитывается. Больше 4-х ошибок в представляемой информации.	Использованы технологии. Power Point частично. Частично использован развернутый текстовый материал, который зачитывается. 3-4 ошибки в представляемой информации.	Использованы технологии. Power Point. Текстовый материал использован тезисно. Не более 2-х ошибок в представляемой информации.	Широко использованы технологии Power Point и др. Текстовый материал использован тезисно. Отсутствуют ошибки в информации.
Ответы на вопросы	Нет ответов на вопросы	Ответы только на элементарные вопросы	Ответы на вопросы полные и/или частично полные	Ответы на вопросы полные с приведением пояснений

Артемьянов А.П.

А 86        Сборник задач. Физико-химические свойства растворов.

– Владивосток: Изд-во Дальневост. университета, 2003. – 60с.

Контрольные работы содержат задачи для самостоятельного решения по термодинамическим, равновесным и коллигативным свойствам растворов. Все расчетные задачи снабжены ответами. Составлены в соответствии с программой курса физической химии для студентов, обучающихся по специальности 011000 – Химия. Предназначены для студентов III курса химического факультета, могут использоваться как материал для контрольных работ, семинарских занятий и коллоквиумов.

А 1805000000

ББК 24.5

180(03)–2003

© Артемьянов А.П., 2003

© Издательство Дальневосточного  
университета, 2003

## Теоретическое введение и основные формулы

Давление насыщенного пара компонента идеального жидкого раствора рассчитывается по закону Рауля:

$$p_1 = p_1^0 x_1 \quad (1)$$

где  $p_1^0$  — давление насыщенного пара над чистым жидким компонентом ( $p_1^0$  является справочной величиной). Формула (1) справедлива только в том случае, если данный компонент является летучим неэлектролитом. Закон Рауля в данном виде может быть использован для расчета давления пара каждого из летучих компонентов раствора. Общее давление пара над раствором равно сумме парциальных давлений:

$$P_{\text{общ}} = p_1 + p_2 + \dots + p_i \quad (2)$$

где  $p_1, p_2, \dots, p_i$  — парциальные давления пара летучих компонентов раствора.

Если же растворенное вещество является нелетучим неэлектролитом, то закон Рауля в случае бинарного раствора удобнее представить в виде:

$$p_1 = p_1^0 (1 - x_2) \quad \text{или}$$

где  $p_1$  — давление насыщенного пара летучего растворителя (например, воды) над раствором,

$p_1^0$  — давление насыщенного пара над чистым жидким растворителем,

$x_2$  — мольная доля растворенного нелетучего вещества.

**Задача 1.** Покажите, что для раствора бензола в толуоле с массовой долей бензола 7,8% при 30°C выполняется первый закон Гиббса-Коновалова. Давление насыщенного пара чистого бензола при 30°C равно 120,2 мм рт.ст., чистого толуола — 36,7 мм рт.ст.

**Решение.** Согласно первому закону Гиббса-Коновалова пар над раствором обогащен более летучим компонентом, т.е. веществом, добавление которого повышает общее давление пара. В данном случае таким веществом является бензол, имеющий более высокое давление насыщенного пара. Рассчитаем состав пара над раствором. Поскольку бензол и толуол являются ближайшими органическими гомологами, раствор можно считать идеальным и использовать закон Рауля для летучих неэлектролитов. Согласно формуле (1), давление пара каждого из компонентов раствора равно

$$p_1 = p_1^0 x_1;$$

$$p_2 = p_2^0 x_2$$

(1-бензол, 2 - толуол) .

Рассчитаем мольные доли компонентов в растворе:

масса бензола в 100 г раствора равна 7,8 г, тогда количество моль бензола составляет  $n_1 = 7,8 / 78 = 0,10$  моль, количество моль толуола  $n_2 = 92,2 / 92 = 1,01$  моль. Мольные доли в растворе равны

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{0,1}{0,1 + 1,01} = 0,091 ;$$

$$x_2 = 1 - 0,091 = 0,909$$

Находим давление паров бензола и толуола

$$p_1 = 120,2 \cdot 0,091 = 10,94 \text{ мм рт.ст.}; \quad p_2 = 36,7 \cdot 0,909 = 33,36 \text{ мм рт.ст.}$$

Общее давление пара над раствором:

$$P_{\text{общ}} = 10,94 + 33,36 = 44,30 \text{ мм рт.ст.}$$

Мольная доля бензола в парах равна

Мольная доля бензола в парах больше мольной доли бензола в растворе (0,091), следовательно, первый закон Гиббса-Коновалова выполняется.

**Задача 2.** Рассчитайте давление пара при температуре 15<sup>0</sup>С над водным раствором глюкозы с массовой долей 18%.

**Решение.** Глюкоза – нелетучий неэлектролит, поэтому давление пара над раствором будет создаваться парами летучего растворителя, т.е. воды. Следовательно, можно воспользоваться формулой (3), из которой выразим давление паров воды

$$p_1 = p_1^0 (1 - x_2)$$

Давление насыщенного пара чистой воды  $p_1^0$  при 15<sup>0</sup>С находим в справочнике [2] , оно составляет 12,79 мм рт.ст. При расчете мольной доли глюкозы  $x_2$  учтем, что в 100г раствора содержится 18г глюкозы и 82г воды ( 0,10 и 4,56 моль, соответственно), тогда

$$x_2 = 0,10 / (0,10 + 4,56) = 0,018$$

$$\text{Получаем } p_1 = 12,79 \cdot (1 - 0,018) = 12,56 \text{ мм рт.ст.}$$

Для количественного описания жидких бинарных растворов используются диаграммы состояния в координатах температура – состав раствора (состав раствора может быть выражен в массовых или мольных долях) (рис.1). Точки на нижней кривой *пст* соответствуют составу жидкой фазы в гетерогенном равновесии жидкость – пар при данной температуре. Точки на верхней кривой *пат* соответствуют составу пара в этом же равновесии при той же температуре.

Расчет количества равновесных фаз основан на правиле рычага.

Если состав раствора на диаграмме выражен в массовых долях (или в масс. %), то в выражении для правила рычага вместо количества моль записывают соответствующие массы фаз:

$$\frac{m_{ж}}{m_{пар}} = \frac{ab}{bc}, \quad \frac{m_{ж}}{m_{общ}} = \frac{ab}{ac}, \quad \frac{m_{пар}}{m_{общ}} = \frac{bc}{ac}$$

**Задача 3.** Имеется 1 кг раствора вещества А (молярная масса  $M_A=32$  г/моль) в веществе В (молярная масса  $M_B=58,7$  г/моль). Массовая доля вещества А в растворе равна 56%. Определить массу и состав фаз, образующихся в данной системе при температуре 60°C. Диаграмма состояния системы приведена на рис 1.

**Решение.** Состав раствора на диаграмме выражен в мольных долях, поэтому по правилу рычага можно рассчитать количества моль пара и жидкости в равновесии. Вначале находим количество моль каждого компонента в растворе:

Масса А равна

$$m_A = \frac{1000 \cdot 56\%}{100\%} = 560 \text{ г, отсюда } \nu_A = \frac{560}{32} = 17,5 \text{ моль}$$

Тогда для В

$$m_B = 1000 - 560 = 440 \text{ г, } \nu_B = 440/58,7 = 7,5 \text{ моль.}$$

Мольная доля А в растворе равна

$$x_A = \frac{\nu_A}{\nu_{общ}} = \frac{17,5}{25} = 0,7 \text{ (состав раствора соответствует точке } b).$$

По правилу рычага находим количество моль пара

$$\frac{\nu_{пар}}{\nu_{общ}} = \frac{bc}{ac} = \frac{0,86 - 0,7}{0,86 - 0,43} = 0,372$$

(здесь длины отрезков для удобства выражены через величины мольных долей).

Отсюда

$$\nu_{пар} = \nu_{общ} \cdot 0,372 = 25 \cdot 0,372 = 9,302 \text{ моль.}$$

Масса жидкости равна  $432 + 129 = 561$  г.

(Проверка: общая масса жидкости и пара равна  $561 + 439 = 1000$  г, т.е. равна массе исходной смеси - 1 кг)



**Задача 4. а).** Рассчитайте массу и состав фаз, образующихся при нагревании до  $70^{\circ}\text{C}$  200 г раствора вещества А в веществе В, в котором масса вещества А равна 80 г. Диаграмма состояния приведена на рис. II. **б).** Какую массу одного из компонентов системы необходимо добавить к исходному раствору, чтобы полученная смесь перегонялась без изменения состава? **в).** Каков состав первого пузырька пара, образующегося при нагревании исходного и полученного растворов?

**Решение.**

**а).** Для того, чтобы воспользоваться приведенной диаграммой состояния, рассчитываем массовую долю вещества А в растворе, поскольку на диаграмме состояния состав выражен в массовых процентах.

$$\omega(A) = \frac{80}{200} \cdot 100\% = 40\%$$

Фигуративной точкой, соответствующей состоянию исходного раствора при  $70^{\circ}\text{C}$  является точка  $b$ . Вычисляем количество фаз по правилу рычага, которое в данном случае, когда состав раствора выражен в массовых процентах, можно записать как отношение массы фаз в виде:

$$\frac{m_{\text{пар}}}{m_{\text{общ}}} = \frac{bc}{ac}$$

Находим по диаграмме состав пара, он соответствует точке  $a$ : содержание вещества А в паре 20%, следовательно, содержание вещества В в паре 80%.

Рассчитываем массу жидкой фазы:

$$m_{\text{жидк}} = m_{\text{общ}} - m_{\text{пар}} = 200 - 56,1 = 143,9 \text{ г}$$

Состав жидкой фазы соответствует точке  $c$  на диаграмме: 48% вещества А и 52% вещества В.

**б).** Жидкий раствор перегоняется без изменения состава, когда состав жидкой фазы и пара одинаков. Такие растворы называются азеотропами. Согласно второму закону Гиббса-Коновалова состав пара и раствора совпадает в точках экстремумов на диаграммах состояния, следовательно, это фигуративные точки азеотропов. Состав азеотропа в данном случае соответствует точке  $A$  на диаграмме (60% вещества А). Поскольку в исходном растворе содержание вещества А меньше (массовая доля А равна 40%), поэтому к 200 г исходного раствора необходимо добавить вещество А для получения азеотропного раствора с массовой долей А, равной 60%. Рассчитаем добавляемую массу А из соотношения:

$$60\% = \frac{80 + x}{200 + x} \cdot 100\%,$$

где  $x$  – добавляемая масса А,

$(200 + x)$  – полученная масса азеотропа.

Получаем  $x = 100$ , т.е. 100г вещества А необходимо добавить к исходному раствору для получения азеотропа.

в). Начало закипания исходного раствора соответствует точке  $k$  на диаграмме. Температура начала закипания равна  $58^{\circ}\text{C}$ , а состав пара находим по координатам точки  $p$ , лежащей на кривой пара. Это и будет состав первого пузырька пара ( массовая доля А в паре равна 13%).

Такие свойства разбавленных растворов неэлектролитов как понижение температуры кристаллизации  $\Delta T_{кр}$ , повышение температуры кипения  $\Delta T_{кип}$  и осмотическое давление  $\pi$  описываются соотношениями:

$$\Delta T_{кр} = Km_2 \quad (4)$$

$$\Delta T_{кип} = Em_2 \quad (5)$$

$$\pi = cRT \quad (6)$$

где  $K$  – криоскопическая константа растворителя,

$E$  – эбулиоскопическая константа растворителя,

$m_2$  – моляльная концентрация растворенного неэлектролита, которая рассчитывается по формуле:

$$m_2 = \frac{n_2 \cdot 1000}{g_1} \quad (7)$$

где  $n_2$  – количество моль растворенного вещества,

$g_1$  – масса растворителя (г).

$c$  – молярная концентрация растворенного неэлектролита.

Если  $c$  выражена в моль/л, то при  $R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$  осмотическое давление в формуле (6) имеет размерность кПа. Поэтому, когда в задаче требуется определить концентрацию растворенного вещества по величине осмотического давления раствора, то давление необходимо перевести в кПа (получим концентрацию в моль/л) или в Па (концентрация будет в моль/м<sup>3</sup>)

**Задача 5.** Давление пара над водным раствором мочевины при  $20^{\circ}\text{C}$  равно 17,19 мм рт.ст. Вычислить температуру кипения и осмотическое давление этого раствора.

**Решение.** Находим молярную долю мочевины в растворе по формуле (3) для нелетучих неэлектролитов. Давление пара чистой воды при  $20^{\circ}\text{C}$  по справочнику [2] составляет 17,54 мм рт. ст., тогда

$$x_2 = \frac{17,54 - 17,19}{17,54} = 0,02$$

Примем количество моль воды в растворе  $n_1$  равным 1 моль и рассчитаем количество моль мочевины  $n_2$ :

$$x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}, \text{ отсюда}$$

$$n_2 = n_1 \frac{x_2}{1 - x_2} = 1 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,0204 \text{ моль}$$

Если количество моль воды 1 моль, то масса воды равна  $g_1 = 18$  г и объем воды при плотности  $1 \text{ г/см}^3$  составляет  $18 \text{ см}^3$  или  $0,018$  л. Отсюда находим моляльность и молярность раствора мочевины :

$$m_2 = \frac{0,0204 \cdot 1000}{18} = 1,13 \text{ моль/кг},$$

$$c_2 = 0,0204 / 0,018 = 1,13 \text{ моль/л}$$

Тогда

$$\Delta T_{\text{кип}} = E m_2 = 0,514 \cdot 1,13 = 0,31^\circ\text{C},$$

отсюда температура кипения раствора

$$T_{\text{кип}} = 100^\circ\text{C} + 0,31 = 100,31^\circ\text{C}$$

(константу  $E$  для воды находим в справочной таблице на стр.40 этого задачника)

$$\pi = cRT = 1,13 \cdot 8,31 \cdot 293 = 2751,4 \text{ кПа}.$$

Если по условию задачи криоскопическая или эбулиоскопическая константы растворителя неизвестны и требуется их рассчитать, то можно воспользоваться соотношениями:

$$E = \frac{RT_{\text{кип}}^2 M}{\Delta H_{\text{исп}} \cdot 1000}, \quad (8)$$

$$K = \frac{RT_{\text{пл}}^2 M}{\Delta H_{\text{пл}} \cdot 1000} \quad (9),$$

где  $\dot{M}$  – молярная масса растворителя (г/моль),

$T_{\text{кип}}$  и  $T_{\text{пл}}$  – температуры кипения и плавления растворителя (К),

Дж/моль), (приведены в справочниках).

Когда в растворах протекают процессы диссоциации или ассоциации молекул растворенных веществ, приведенные выше формулы становятся непригодными, поскольку реальное количество частиц в растворе отличается от первоначального. Для описания свойств таких систем вводится изотонический коэффициент  $i$ , учитывающий влияние процессов диссоциации или ассоциации на отклонение от свойств растворов, где подобные процессы не наблюдаются. По физическому смыслу изотонический коэффициент равен отношению реального числа частиц растворенного вещества в растворе к первоначальному числу частиц.

Свойства растворов в данном случае описываются уравнениями:

$$\Delta T_{кр} = iK m_2 \quad (10)$$

$$\Delta T_{кип} = iE m_2 \quad (11)$$

$$\pi = icRT \quad (12)$$

Изотонический коэффициент в растворах электролитов связан со степенью диссоциации  $\alpha$ :

$$i = 1 + \alpha(n - 1), \text{ или } \alpha = \frac{i - 1}{n - 1} \quad (13)$$

где  $n$  – количество ионов, образующихся при диссоциации одной молекулы электролита.

Когда растворенное вещество диссоциирует, то  $i > 1$ , и, напротив, при ассоциации молекул  $i < 1$ .

Оценить, в каком состоянии – диссоциированном или ассоциированном, находятся молекулы вещества в растворе, можно, если рассчитать молекулярную массу растворенного вещества с помощью формул (4), (5), (6), т.е. без использования изотонического коэффициента  $i$ . В этом случае расчет молярной массы дает заниженное значение при диссоциации молекул, и, наоборот, при ассоциации молекул в растворе рассчитанная молярная масса получается завышенной.

В полярных растворителях растворенные вещества с полярными молекулами являются электролитами, а вещества с неполярными молекулами чаще проявляют свойства неэлектролитов. В малополярных растворителях растворенные вещества с полярными молекулами обычно находятся в частично ассоциированном состоянии.

**Задача 6.** Водный раствор трифторуксусной кислоты с массовой долей кислоты 10% кристаллизуется при  $-2,54^{\circ}\text{C}$ . Покажите, что данное вещество в водном растворе не является слабым электролитом.

**Решение.** Рассчитаем степень диссоциации  $\alpha$  кислоты по формуле (13).

Для этого находим изотонический коэффициент, используя формулу (10):

$$i = \frac{\Delta T_{кр}}{K m_2}$$

Моляльную концентрацию трифторуксусной кислоты  $m_2$  находим, предполагая массу раствора 100 г. Тогда масса кислоты 10 г, количество моль кислоты  $10/114 = 0,087$  моль, масса воды 90 г. Моляльность кислоты равна

$$m_2 = \frac{0,087 \cdot 1000}{90} = 0,967 \text{ моль / кг};$$

$$i = \frac{2,54}{1,86 \cdot 0,967} = 1,4; \text{ где}$$

$$\Delta T_{кр} = 0^{\circ}\text{C} - (-2,54)^{\circ}\text{C} = 2,54^{\circ}\text{C}$$

Находим  $\alpha$  по формуле (13), причем  $n = 2$ , т.к. при диссоциации кислоты образуется два иона:



Получаем

$$\alpha = \frac{1,4 - 1}{2 - 1} = 0,4 \text{ или } 40\%.$$

Следовательно, трифторуксусная кислота в водном растворе приближается по свойствам к сильным электролитам.

**Задача 7.** Раствор, содержащий 4,40 г пировиноградной кислоты  $\text{CH}_3\text{--CO--COOH}$  в 100 г бромбензола кристаллизуется при  $-32,98^{\circ}\text{C}$ . В каком состоянии – диссоциированном или ассоциированном, находятся молекулы пировиноградной кислоты в растворе.

**Решение.** Находим молярную массу пировиноградной кислоты  $M_2$  в растворе по понижению температуры кристаллизации раствора.

Температура кристаллизации чистого бромбензола по справочнику [1] равна  $\Delta T_{кр}^0 = -30,82^{\circ}\text{C}$  или 242,33К. Рассчитаем криоскопическую константу бромбензола, поскольку ее нет в справочной таблице на стр.49.

Согласно формуле (9)

$$K = \frac{R(T_{кр}^0)^2 M}{1000 \cdot \Delta H_{кр}} = \frac{8,31 \cdot 242,33^2 \cdot 157,03}{1000 \cdot 10620} = 7,22$$

(здесь молярная теплота плавления бромбензола  $\Delta H_{ie} = 10620$  Дж/моль по справочнику [1], молярная масса бромбензола  $M = 157,03$  г/моль).

Понижение температуры кристаллизации раствора равно

$$\Delta T_{e\delta} = T^0 - T;$$

$$\Delta T_{e\delta} = -30,82 - (-32,98) = 2,16^\circ\text{C}$$

Рассчитаем молярную концентрацию кислоты по формуле (4):

$$m_2 = \frac{\Delta T_{e\delta}}{K},$$

$$m_2 = 2,16 / 7,22 = 0,30 \text{ моль/кг.}$$

Отсюда из формулы (7) находим молярную массу пировиноградной кислоты в растворе:

$$M_2 = \frac{g_2 \cdot 1000}{m_2 g_1} = \frac{4,40 \cdot 1000}{0,30 \cdot 100} = 147 \text{ г/моль}$$

(здесь  $g_1$  – масса растворителя, т.е. бромбензола;  $g_2$  – масса пировиноградной кислоты). Полученное значение больше истинной молярной массы пировиноградной кислоты (88 г/моль), следовательно, ее молекулы в растворе образуют ассоциаты.

### **Вариант 1**

**Задание 1.** Какая масса кофеина ( $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2\text{N}_4$ ) растворена в 200 мл воды, если давление пара раствора на 0,1 % ниже давления пара чистой воды?

**Задание 2.** Используя приведенную на рис. 1 диаграмму, определите температуру начала кипения смеси, содержащей 80 г вещества А и 120 г вещества В, а также состав пара, равновесного с жидкостью указанного состава при  $115^\circ\text{C}$ . При какой температуре исходная смесь полностью испарится? Каков состав последней капли жидкости? Рассчитать массу пара и жидкости при  $115^\circ\text{C}$ . Определите массу компонента А в растворе при  $115^\circ\text{C}$ .

**Задание 3.** При какой температуре начнет замерзать раствор, содержащий 250 г воды и 0,5 г аспирина (ацетилсалициловой кислоты –  $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_4\text{COOH}$ )?

**Задание 4.** При  $20^\circ\text{C}$  осмотическое давление раствора, в 100 мл которого содержится 6,33 г красящего вещества крови - гематина, равно 243,4 кПа. Определить молекулярную массу гематина.

**Задание 5.** При  $100^\circ\text{C}$  давление пара раствора, содержащего 0,05 моль сульфата натрия в 450 г воды равно 100,8 кПа. Определить кажущуюся степень диссоциации сульфата натрия.

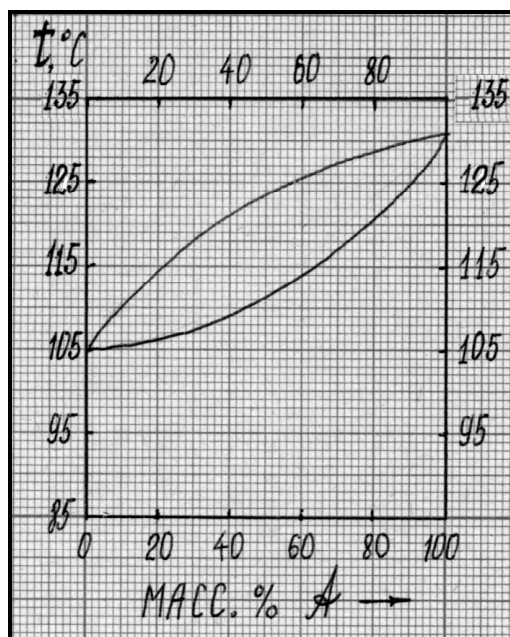


Рисунок 1 – Диаграмма состояния системы А – В

## Вариант 2

**Задание 1.** Давление пара в комнате над чистой водой 24 мм рт.ст. Каким будет давление пара над поверхностью воды в стакане, если в воду (160 мл) добавить 20 г сахара ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ).

**Задание 2.** Смешали 47,1 г бромбензола ( $C_6H_5Br$ ) и 22,5 г хлорбензола ( $C_6H_5Cl$ ). Определите: **а)** температуру начала кипения смеси и состав пара в начале кипения; **б)** состав фаз при температуре на  $2^\circ C$  выше начала температуры кипения; **в)** при какой температуре смесь полностью испарится; **г)** как изменится температура начала кипения, если к смеси добавить бромбензол. На сколько изменится масса хлорбензола в парах, при возрастании температуры от  $150^\circ C$  до  $155^\circ C$ ? Диаграмма состояния раствора приведена на рис.5.

**Задание 3.** В радиатор автомобиля залили 10 л воды и прибавили 2 л этиленгликоля ( $\rho=1,109$  г/мл). При какой самой низкой температуре можно оставлять автомобиль на открытом воздухе зимой?

**Задание 4.** Раствор дуриловой кислоты в ацетоне, 1 мл которого содержит 0,0148 г этой кислоты, изотоничен с 0,09 М водным раствором сахара (при  $20^\circ C$ ). Вычислите молекулярную массу дуриловой кислоты.

**Задание 5.** Раствор, содержащий 0,71 г гидрофосфата натрия ( $Na_2HPO_4$ ) в 200 г воды, кристаллизуется при  $-0,11^\circ C$ . Определить кажущуюся степень диссоциации гидрофосфата натрия.

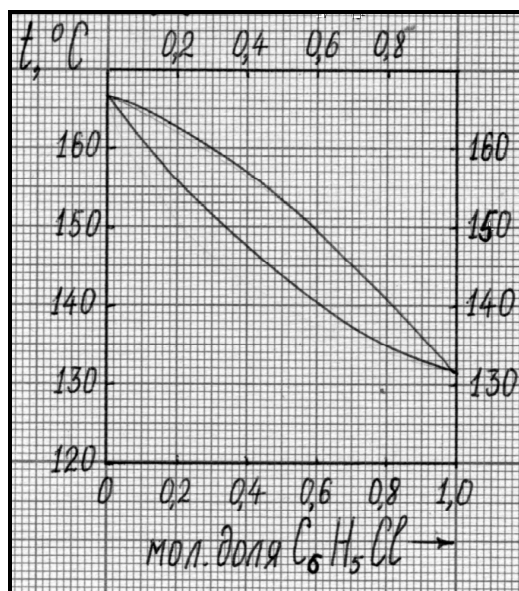


Рисунок 2 – Диаграмма состояния системы  $C_6H_5Cl - C_6H_5Br$



### Вариант 3

**Задание 1.** Рассчитать общее давление пара при  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  над 678 г смеси бромбензола и иодбензола, если в смеси содержится 188,4 г бромбензола. Определите мольную долю бромбензола в парах. При  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  давление пара чистого бромбензола равно 60 мм рт. ст., чистого иодбензола – 22 мм рт. ст.

**Задание 2.** Смешали 172 г гексана и 216 г пентана. Укажите: **а)** температуру начала кипения смеси; **б)** состав фаз при температуре на  $50\text{C}$  выше температуры начала кипения; **в)** температуру, когда исчезает последняя капля жидкости и состав последней капли жидкости; **г)** какова масса гексана в растворе и в паре при температуре на  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше температуры начала кипения. Диаграмма состояния раствора приведена на рис. 3.

**Задание 3.** 1,06%-ный раствор кумаровой кислоты в этаноле кипит при температуре  $78,47\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вычислите молярную массу кумаровой кислоты.

**Задание 4.** Осмотическое давление раствора миндальной кислоты в уксусной кислоте при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  равно 2,403 атм. Найдите давление пара этого раствора, если давление чистой уксусной кислоты при этой температуре равно 12 мм рт.ст. (плотность раствора примите равной плотности чистой уксусной кислоты 1,372 г/мл).

**Задание 5.** В медицинской практике используют раствор хлорида натрия изотоничный крови человека. Это так называемый физиологический раствор (0,9 % хлорида натрия). Рассчитайте осмотическое давление крови (плотность раствора хлорида натрия приблизительно равна 1 г/мл; степень диссоциации хлорида натрия 100%).

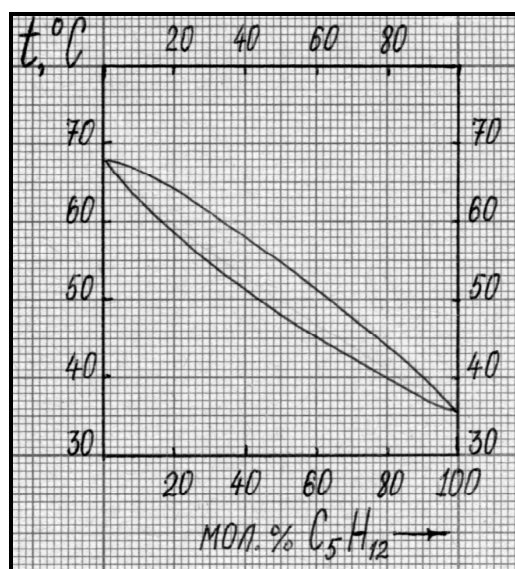


Рисунок 3 – Диаграмма состояния системы  $\text{C}_5\text{H}_{12} - \text{C}_6\text{H}_{14}$

#### Вариант 4

**Задание 1.** Чему равно внешнее давление, если водный раствор, в котором мольная доля мальтозы равна 0,043, начинает кипеть при 101 °С. Для чистой воды при 101 °С давление пара составляет 105 кПа. (При решении задачи учесть, что условием закипания раствора является равенство давления пара над раствором внешнему давлению).

**Задание 2.** На рис. 7 приведена диаграмма состояния для системы диэтиловый эфир - четыреххлористый углерод ( $C_2H_5OC_2H_5 - CCl_4$ ). **а)** при какой температуре закипит раствор, содержащий 60 % четыреххлористого углерода? Каков при этом будет состав пара? **б)** Что из себя будет представлять система, если 53 г раствора, содержащего 22,2 г эфира, нагреть до 65 °С. Указать состав фаз. Какие массы четыреххлористого углерода находятся в растворе и в парах при 65 °С? **в)** Каков характер отклонений от закона Рауля в данной системе?

**Задание 3.** Давление пара водного раствора маннита при 28 °С равно 28,01 мм рт.ст. Давление пара воды при той же температуре 28,07 мм рт.ст. Каковы температуры замерзания и кипения этого раствора?

**Задание 4.** Осмотическое давление раствора, содержащего 1,00 г фермента химотрипсина в 100 мл воды равно 994 Па при 27 °С. Вычислите молярную массу химотрипсина.

**Задание 5.** Вычислите температуру замерзания раствора, содержащего 7,308 г хлорида железа (III) в 250 г воды, если при 20 °С осмотическое давление этого раствора  $1,408 \cdot 10^6$  Па (плотность раствора  $\sim 1$  г/см<sup>3</sup>). Какова эффективная степень диссоциации хлорида железа (III) в этом растворе?

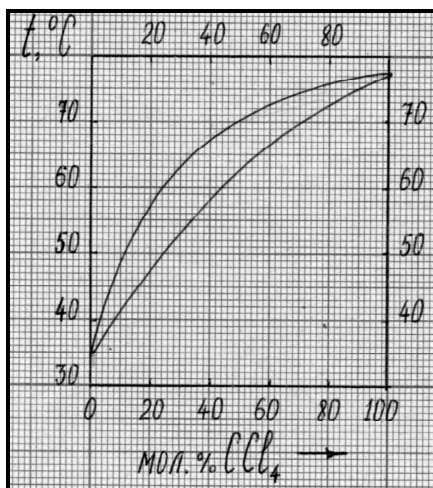


Рисунок 4 – Диаграмма состояния системы  $CCl_4 - C_2H_5OC_2H_5$

### Вариант 5

**Задание 1.** При  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  давление паров воды равно  $17,535\text{ мм рт. ст.}$ . Вычислить давление паров над раствором, содержащим  $9\text{ г}$  глюкозы в  $180\text{ г}$  воды при той же температуре.

**Задание 2.** Определить температуру начала закипания раствора, приготовленного смешением  $30\text{ г}$  вещества А и  $20\text{ г}$  вещества В (диаграмма состояния системы приведена на рис. 2). При какой температуре смесь полностью испарится? Каков состав последней капли жидкости? Рассчитайте массу компонента В в растворе и в парах над раствором при температуре  $450\text{ К}$ .

**Задание 3.** Раствор, содержащий  $0,345\text{ г}$  ацетанилида  $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONHC}_2\text{H}_5$  в  $25\text{ г}$  фенола, кристаллизуется при температуре  $40,24\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определить криоскопическую постоянную и теплоту плавления фенола, если температура плавления его равна  $41,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Задание 4.** Осмотическое давление концентрированного раствора сахарозы в воде при  $370\text{C}$  равно  $50\text{ атм.}$  Чему равно давление пара этого раствора, если давление пара чистой воды при этой температуре равно  $46,648\text{ мм рт. ст.}$ ?

**Задание 5.** Какова должна быть концентрация (моль/л) раствора глюкозы, чтобы этот раствор был при  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  изотоничен с раствором, содержащим  $0,1\text{ моль/л}$  хлорида кальция, если степень диссоциации соли при указанной температуре составляет  $75,2\text{ \%}$ ?

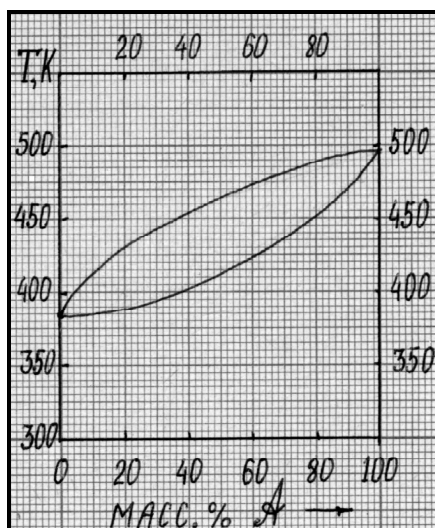


Рисунок 5 – Диаграмма состояния системы А – В

### Вариант 6

**Задание 1.** При температуре 298 К давление паров воды равно 23,756 мм рт. ст. Рассчитайте давление паров над водным раствором, содержащим 12 г мочевины  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  (нелетучий неэлектролит) в 180 г воды.

**Задание 2.** Определите, при какой температуре начинает кипеть смесь из 22,5 г хлорбензола и 47,1 г бромбензола. При какой температуре смесь полностью испарится? Каков состав фаз при температуре 150 °С? Рассчитайте массы веществ в паре при температуре 150 °С. Диаграмма состояния системы приведена на рис.5.

**Задание 3.** Раствор, содержащий 0,4896 г камфоры в 21,38 г ацетона, кипит при температуре 56,55 °С. Температура кипения чистого ацетона равна 56,30°С, молекулярная масса камфоры равна 152 г/моль. Определите эбулиоскопическую постоянную и теплоту испарения ацетона.

**Задание 4.** Рассчитайте осмотическое давление раствора, содержащего 0,624 г мочевины в 400 г воды при 25 °С.

**Задание 5.** Водный раствор, содержащий в 100 г воды 1,010 г  $\text{KNO}_3$ , закипает при 100,095 °С. Определить степень диссоциации  $\text{KNO}_3$ .

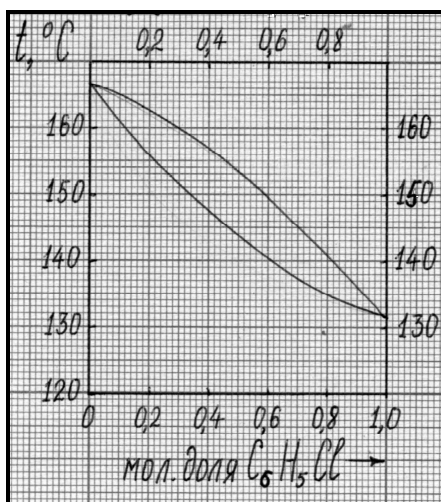


Рисунок 6 – Диаграмма состояния системы  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} - \text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$

### Вариант 7

**Задание 1.** Давление паров диэтилового эфира при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  равно  $537\text{ мм рт. ст.}$  Рассчитайте давление пара раствора, содержащего  $2\text{ г}$  бензальдегида в  $100\text{ г}$  эфира при этой температуре.

**Задание 2.** Определите температуру начала закипания смеси из  $86,33\text{ г}$  диэтилового эфира и  $77\text{ г}$  четыреххлористого углерода. При какой температуре смесь полностью испарится и каков состав последней капли жидкости? Рассчитайте массы пара и жидкости при температуре  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Диаграмма состояния системы приведена на рис. 7.

**Задание 3.** Температура затвердевания чистого бензола равна  $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура кристаллизации раствора, содержащего  $0,2487\text{ г}$  камфоры в  $30,55\text{ г}$  бензола равна  $5,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите молекулярную массу камфоры.

**Задание 4.** Осмотическое давление концентрированного водного раствора сахара при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  равно  $100\text{ атм.}$  Определите массу сахара в  $1\text{ л}$  этого раствора.

**Задание 5.** Дихлоруксусная кислота обратимо диссоциирует в водных растворах. Водные растворы, содержащие  $0,1$  и  $0,01$  моль/л дихлоруксусной кислоты, имеют соответственно температуры замерзания  $-0,278\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-0,033\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Чему равна степень диссоциации дихлоруксусной кислоты в каждом из этих растворов?

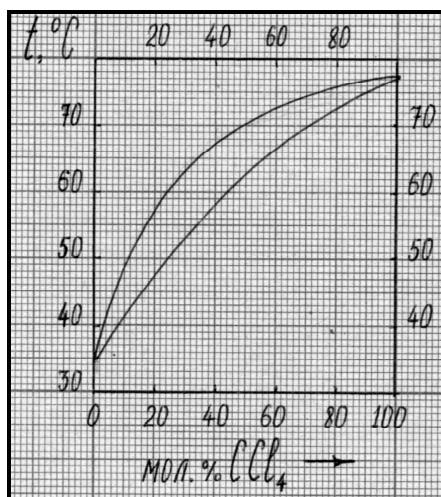


Рисунок 7 – Диаграмма состояния системы  $\text{CCl}_4 - \text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$

### Вариант 8

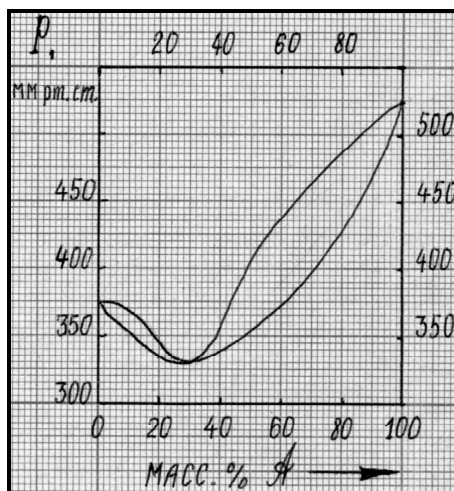
**Задание 1.** Раствор гликокола, содержащий 1,5 г гликокола в 100 г воды, имеет давление пара такое же, как и 6,35 % раствор сахара ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). Определить молекулярную массу гликокола, приняв, что это нелетучий неэлектролит.

**Задание 2. а)** Укажите давление, соответствующее началу кипения жидкости, содержащей 120 г вещества А и 80 г вещества В, и состав первого пузырька пара, равновесного с жидкостью этого состава. Диаграмма состояния системы приведена на рис. 8. Каким будет состав фаз, находящихся в равновесии, если это давление увеличить на 50 мм рт. ст.? **б)** Определить массы вещества А в парах и в жидкости при давлении 425 мм рт. ст. **в)** Какого из компонентов и сколько необходимо добавить к исходной смеси, чтобы она перегонялась без изменения состава?

**Задание 3.** Нафталин плавится при  $80,100^{\circ}C$ . При растворении 0,1110 г антрахиловой кислоты ( $M=137,12$  г/моль) в 20 г нафталина температура плавления смеси стала равной  $79,82^{\circ}C$ . Вычислить криоскопическую константу нафталина.

**Задание 4.** При  $00^{\circ}C$  давление пара воды равно 4,579 мм рт. ст., а давление пара разбавленного раствора мочевины равно 4,509 мм рт. ст. Вычислите осмотическое давление этого раствора при  $37^{\circ}C$ .

**Задание 5.** Раствор, содержащий 1,141 г трифторуксусной кислоты в 0,1 кг бензола, кристаллизуется на  $0,2530^{\circ}C$  ниже, чем чистый бензол. Раствор, содержащий столько же трифторуксусной кислоты в 0,1 кг воды, кристаллизуется на  $0,270^{\circ}C$  ниже, чем чистая вода. В каком состоянии, диссоциированном или ассоциированном находится кислота в этих растворах. Определите степень диссоциации трифторуксусной кислоты и количество молекул трифторуксусной кислоты в ассоциате.



### **Вариант 9**

**Задание 1.** Давление пара над чистой ртутью при данной температуре 709 мм рт.ст. Сколько золота нужно растворить в 50 г ртути, чтобы давление пара ртути понизилось от 709 до 700 мм рт.ст.?

**Задание 2.** На рис. 3 приведена диаграмма состояния системы гексан - пентан ( $C_6H_{14}$  -  $C_5H_{12}$ ). **а)** Определите, что будет представлять из себя смесь 43 г гексана и 36 г пентана при температурах 45 °С, 50 °С, 65 °С. Укажите состав фаз при этих температурах. **б)** Каков состав первого пузырька пара и последней капли жидкости при нагревании смеси вышеуказанного состава? **в)** Рассчитайте массы пентана в парах и в жидкости, если исходную смесь нагреть до 50 °С.

**Задание 3.** Этиленгликоль в качестве антифриза используют в смеси с водой для заполнения радиаторов автомобилей. Какой объем этиленгликоля ( $\rho=1,109$  г/см<sup>3</sup>) посоветовали бы Вы залить в радиатор, содержащий 5 кг воды, если по метеопрогнозу ночью ожидается понижение температуры до -10°С?

**Задание 4.** Сколько граммов глюкозы нужно добавить к 500 г воды, чтобы полученный раствор был изотоничен плазме крови? Плазма крови замерзает при -0,56°С. Плотности растворов в задаче принять ~1 г/мл.

**Задание 5.** При какой температуре будет кипеть и замерзать морская вода? Состав морской воды: хлорид натрия 20 г/л, сульфат магния 3 г/л, хлорид магния 2 г/л. Плотность морской воды 1,05 г/мл. Степень диссоциации солей принять 100%, для хлорида магния – 95%.

### **Вариант 10**

**Задание 1.** При 140 °С давление паров хлорбензола ( $C_6H_5Cl$ ) равно 939 мм рт.ст., а давление пара бромбензола ( $C_6H_5Br$ ) - 97 мм рт.ст. Приняв, что эти вещества образуют идеальный раствор, определить состав раствора, кипящего при 140 °С (внешнее давление 1 атм) и состав равновесного с ним пара. При решении задачи необходимо учесть, что раствор кипит, когда общее давление пара над раствором и внешнее давление одинаковы

**Задание 2.** На рис. 6 приведена диаграмма состояния системы уксусная кислота - вода. **а)** Применимы ли к этой системе законы идеальных растворов? Сравните энергии взаимодействия частиц А-А, А-В, В-В в этой системе. **б)** Какая масса кислоты переходит в пар, если нагреть 1 кг 60% раствора уксусной кислоты до температуры на 3 °С выше температуры начала кипения этого раствора?

**Задание 3.** Температура замерзания разбавленного водного раствора уротропина -1 °С. Давление пара чистой воды при этой температуре 4,216 мм рт.ст. Определить давление пара раствора уротропина.

**Задание 4.** Почему при купании в пресной воде, если долго находиться под водой с открытыми глазами, в глазах ощущается дискомфорт? Рассчитайте осмотическое давление воды на глаз при 20 °С, если условный состав тканевой жидкости ~0,9 % водный раствор хлорида натрия. Принять плотность раствора 1 г/мл, степень диссоциации 100 %.

**Задание 5.** Будут ли различаться по температуре кипения растворы глицерина и сульфата калия одинаковой молярной концентрации (допустим, 0,005 моль/кг). Ответ подтвердите расчетами