



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

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
Биоорганической химии и биотехнологии

*Степанин* Степанин В.А.  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)  
« 08 » сентября 2017 г.

*Степанин* Степанин В.А.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
« 08 » сентября 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Физическая химия  
Специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
специализация «Медицинская химия»  
Форма подготовки очная

курс 3 семестр 5, 6  
лекции 108 часов  
практические занятия 54 час.  
лабораторные работы 162 час.  
в том числе с использованием МАО лек. 70/пр.44/лаб.36 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 324 час.  
в том числе с использованием МАО 150 час.  
самостоятельная работа 180 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 72 час.  
контрольные работы 4  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен  
зачет 5,6 семестр  
экзамен 5, 6 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 12.09.2016 № 1174.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Физической и аналитической химии ШЕН протокол № 24 от « 29 » июня 2017 г.

Заведующая кафедрой Физической и аналитической химии ШЕН, д.х.н., Васильева М. С.

Составители: к.х.н., доцент Артемьянов А.П. д.х.н., профессор Кондриков Н.Б.

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

### **Specialist's degree in 04.05.01 Fundamental and Applied Chemistry Specialization "Medical Chemistry"**

**Course title: Physical Chemistry**

**Basic part of Block 1, 14 credits**

**Instructor:** Andrey Pavlovich Artemyanov

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

- Readiness for self-development, self-realization, use of the creative potential (GC -7).
- The ability to use theoretical bases of fundamental sections of mathematics and physics in professional activity (GPC-3).
- The willingness to manage a team in their professional activities, tolerant to perceive social, ethnic, religious and cultural differences (GPC-8).
- The proficiency of use of the modern equipment when carrying out scientific research (SPC-2).
- The ownership system of fundamental chemical concepts and methodological aspects of chemistry, forms and methods of scientific knowledge (SPC-3).

#### **Learning outcomes:**

- The ability to perceive, to develop and use the theoretical foundations of traditional and new sections of chemistry in solving professional problems (GPC-1).
- The proficiency chemical experiment, the main synthetic and analytical methods of preparation and research chemicals and reactions (GPC-2).

**Course description:** Contents discipline includes the following topics: chemical thermodynamics, theory of solutions, chemical equilibrium, chemical kinetics, catalysis, electrochemistry, surface phenomena.

Course "Physical Chemistry" logically and meaningfully related to such courses as: "Physics", "Mathematics", "Inorganic Chemistry". In accordance with the GEF VPO on the direction of training implementation competence approach involves extensive use of active and interactive forms of training (computer simulations, case situations) combined with extracurricular work to create and develop the professional skills of students. The share of employment spent in interactive forms, in particular lecture type classes using multimedia equipment, conducting seminars using computers to perform calculations give individual tasks and parsing, is not less than 30%.

The advantage of this complex is the presence of guidelines for laboratory work, as well as tasks for independent work in preparation for tests and exams.

### **Main course literature:**

1. Kharitonov, U. Y. Fizicheskaya khimiya: uchebnik dlya vysshego professional'nogo obrazovaniya [Physical chemistry: textbook for higher professional education].– Moskva: GEOTAR Media, 2013. – 608 p. (rus) – Access: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:695584&theme=FEFU>  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970423905.html>
2. Gorshkov, V.I. Osnovy fizicheskoy khimii: uchebnik dlya vuzov [Fundamentals of Physical Chemistry: Textbook for Universities]. - Moskva: Binom, Laboratoriya znaniy, 2010. - 407 p. (rus) – Access: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:357080&theme=FEFU>
3. Eremin V.V. Osnovy obshchey i fizicheskoy khimii: uchebnoye posobiye dlya vuzov [Fundamentals of general and physical chemistry: textbook for high schools]. - Dolgoprudny: Intellect, 2012.- 847 p. (rus) – Access: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663891&theme=FEFU>
4. Belyayev A. P., Kuchuk V. I. Fizicheskaya i kolloidnaya khimiya : uchebnik [Physical and colloid chemistry: textbook] - M. : GEOTAR-Media, 2014. - 752 p. (rus) – Access: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970427668.html>
5. Belyayev A.P. Fizicheskaya i kolloidnaya khimiya. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam: uchebnoye posobiye [Physical and colloid chemistry. A guide to practical exercises: a manual] - M. : GEOTAR-Media, 2012. - 320 p. (rus) – Access: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970422076.html>

**Form of final knowledge control: exam**

## Аннотация к рабочей программе дисциплины «Физическая химия»

Рабочая программа учебной дисциплины «Физическая химия» разработана для студентов специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, специализация «Медицинская химия» в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению. Дисциплина «Физическая химия» входит в базовую часть учебного плана: Б1.Б.4.4. Трудоемкость дисциплины составляет 14 зачетных единиц (504 часа). Дисциплина включает 108 часов лекций, 162 часа лабораторных работ, 54 часа практических занятий, 180 часов самостоятельной работы (из них 72 часа отведены на экзамен). Дисциплина реализуется в 5 и 6 семестрах и завершается экзаменом.

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

Содержание дисциплины включает следующие вопросы: химическая термодинамика, теория растворов, химическое равновесие, химическая кинетика, катализ, электрохимия, поверхностные явления.

**Цель:** дать базовые знания по физической химии и сформировать теоретический фундамент для изучения профильных химико-технологических дисциплин.

### **Задачи:**

1. Формирование знаний, умений и навыков по изучению основ химической термодинамики и их применения для расчетов энергии связи, теплоты реакции, подготовке учебных дидактических материалов к урокам по химии.

2. 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

3. 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.

Для успешного изучения дисциплины «Физическая химия» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-7).

- Способность использовать теоретические основы фундаментальных разделов математики и физики в профессиональной деятельности (ОПК-3).

- Готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-8).

- Владение навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований (ПК-2).

- Владение системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания (ПК-3).

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций (общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций)):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	Знает	Основы теории фундаментальных разделов химической науки, прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической химии.
	Умеет	Применять теоретические знания в фундаментальных разделах химической науки для выполнения профессиональных задач.
	Владеет	Способностью использовать знания в фундаментальных разделах химической науки и применять их в лаборатории и на производстве.
ОПК-2 Владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	Знает	Теоретические основы различных методов регистрации и статистической обработки результатов химических экспериментов
	Умеет	Проводить химические эксперименты, использовать методы регистрации и обработки результатов исследований.
	Владеет	Навыками экспериментальной работы, различными методами регистрации и обработки результатов исследований.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Физическая химия» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: лекции-беседы, проблемные лекции, групповой разбор расчетных и экспериментальных химических задач.

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

**5 семестр. Химическая термодинамика, фазы переменного состава, химическое равновесие (54 часа)**

**Раздел 1. Введение. Основы химической термодинамики (12ч).**

**Тема 1. Постулаты и законы химической термодинамики.**

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Термодинамические системы и термодинамический метод их описания. Термическое равновесие системы. Термодинамические переменные. Уравнение состояния идеального газа (4 ч)

**Тема 2. Теплота и работы различного рода.**

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Вычисление работы расширения для различных процессов и различных газов. Первый закон термодинамики (4 ч)

**Тема 3. Термохимия Закон Гесса и его следствия (2ч)**

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 4. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры (2 ч).**

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Раздел 2. Второй закон термодинамики (12 ч)**

**Тема 1. Второй закон термодинамики и его различные формулировки.**

Уравнение второго начала термодинамики (2 час).

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 2. Термодинамические функции и фундаментальные уравнения Гиббса(4 час).**

Энтропия как функция состояния.

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Изменение энтропии изолированной системы и направление процесса.

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 3. Фундаментальные уравнения Гиббса (6час).**

Характеристические функции.

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов.

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Химический потенциал.

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Раздел 3. Растворы. Фазовые равновесия (12 ч)**

**Тема 1. Термодинамическая теория растворов(6ч).**

Коллигативные свойства идеальных растворов

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Законы Рауля.

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Осмотические явления.

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 2.** Парциальные мольные величины и их определение из опытных данных. Уравнения Гиббса-Дюгема (2 ч).

**Тема 3.** Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах (4 ч).

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

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

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

**Раздел 5. Химическое равновесие (4 ч)**

**Тема 1.** Химические и адсорбционные равновесия.

Химическое равновесие в идеальных и неидеальных системах (2 ч).

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

**МАО – лекция - визуализация (2 часа).**

**Раздел 6.** Расчеты химических равновесий при различных температурах (8 ч)

**Тема 1.** Зависимость констант равновесия от температуры (4 ч).

**Тема 2.** Общие способы расчета химических равновесий при различных температурах (2 ч).

**Тема 3.** Точные расчеты химических равновесий при различных температурах (2 ч).

**Раздел 7. Элементы статистической термодинамики (4 ч)**

**Тема 1.** Основы линейной неравновесной термодинамики; постулаты статистической термодинамики. Микро- и макросостояние системы. Фазовые Г- и  $\mu$ -пространства. Функции распределения (2 ч)

**МАО – лекция - визуализация (2 часа).**

**Тема 2.** Сумма по состояниям, вычисления термодинамических функций, статистическая термодинамика реального газа и конденсированного состояния вещества. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы (2 ч).

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**6 семестр. Химическая кинетика, теория катализа, электрохимия (54 ч)**

**Раздел 8. Формальная кинетика (14 ч)**

**Тема 1.** Кинетические уравнения различных типов реакций (4 ч). Основные понятия химической кинетики. Кинетические уравнения (2 часа).

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Определение константы скорости и порядка реакции. Молекулярность элементарных реакций (2 часа).

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 2. Необратимые реакции первого, второго и третьего порядков (4 ч). Методы определения первого порядка реакции (2 часа).**

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Методы определения второго и третьего порядков реакции (2 часа).

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 3. Сложные реакции. Параллельные реакции. Последовательные реакции на примере двух необратимых реакций первого порядка (4 час).**

**Тема 4. Кинетический анализ процессов, протекающих через образование промежуточных продуктов (2 час).**

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 5. Зависимость константы скорости от температуры (2 час)**

**Раздел 9. Теории химической кинетики (10 час).**

**Тема 1. Теория соударений в химической кинетике (4 час).**

Теория соударений в применении к бимолекулярным реакциям различного типа (2 часа).

**МАО – лекция - визуализация (2 часа).**

Теория соударений в применении к мономолекулярным реакциям различного типа (2 часа).

**МАО – лекция - визуализация (2 часа).**

**Тема 2. Теория активированного комплекса (4 ч).**

Теория активированного комплекса в применении к бимолекулярным реакциям различного типа (2 часа).

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

Сопоставление результатов теории соударений и теории активированного комплекса. Мономолекулярные реакции (2 часа).

**МАО – лекция - визуализация (2 часа).**

**Тема 3. Метод переходного состояния (активированного комплекса) (2 ч). МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Раздел 10. Гомогенный и гетерогенный катализ (10 ч).**

**Тема 1. Физическая и химическая адсорбция. Основные уравнения изотерм адсорбции (2ч).**

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 2. Примеры механизмов каталитических реакций. Гомогенный катализ (2ч).**

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 3. Гетерогенный катализ. Определение скорости каталитической гетерогенной реакции. Удельная и атомная активность. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций. Нанесенные катализаторы (6 ч).**

**Раздел 11. Теории катализа (6 ч)**

**Тема 1.** Теория мультиплетов Баландина. Принципы геометрического и энергетического соответствия (2 час).

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 2.** Теория активных ансамблей. Электронные представления в гетерогенном катализе (4 час).

**Раздел 12. Теория электролитов (8 час).**

**Тема 1.** Основные положения теории Аррениуса. активности и среднего коэффициента активности. Основные допущения теории Дебая-Гюккеля. Современные представления о растворах электролитов (2 час).

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 2.** Неравновесные явления в растворах электролитов. Числа переноса и подвижности ионов. Физический смысл электрофоретического и релаксационного эффектов (2 час).

**МАО - проблемная лекция (2 часа).**

**Тема 3.** Понятие электрохимического потенциала. Равновесные электрохимические цепи и их ЭДС. Двойной электрический слой и его роль в кинетике электродных процессов (4 час).

**Раздел 13. Термодинамика и кинетика электрохимических процессов (4 час).**

**Тема 1.** Стадии электродного процесса. Уравнения диффузионной кинетики. Физический смысл энергии активации в условиях замедленного разряда (2 час).

**МАО – лекция - визуализация (2 часа).**

**Тема 2.** Ток обмена и перенапряжение (2час).

**МАО – лекция - визуализация (2 часа).**

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

**Лабораторные работы**

**5 семестр (90 часов)**

**Лабораторная работа №1 Вводное занятие (6 часов).**

**План**

1. Требования техники безопасности.
2. Требования к оформлению лабораторных работ.
3. Правила табулирования величин.
4. Правила построения графиков.
5. Лабораторное оборудование.

**Лабораторная работа №2 Определение теплоты сгорания**

**органического вещества (6 часов), с использованием метода активного обучения – групповой разбор экспериментальных задач (2 часа).**

Цель работы: определение теплоты сгорания твердого топлива при постоянном объеме и давлении.

#### **План**

1. Определение теплового значения калориметра по стандартному веществу (бензойная кислота)
2. Определение зависимости температуры реакции от времени
3. Расчет теплоты сгорания

**Лабораторная работа №3 Определение теплоты растворения соли (6 часов), с использованием метода активного обучения – групповой разбор экспериментальных задач (2 часа).**

Цель работы: Определение теплоты растворения соли.

#### **План**

1. Определение теплового значения калориметра по стандартному веществу.
2. Определение зависимости температуры растворения от времени
3. Расчет теплоты растворения

**Лабораторная работа №4 Построение диаграммы плавления бинарной смеси (6 часов), с использованием метода активного обучения – групповой разбор экспериментальных задач (1 час).**

Цель работы: Построение диаграммы плавления бинарной смеси

#### **План**

1. Приготовление сплавов
2. Определение зависимости температуры сплава от времени
3. Калибровка прибора и построение диаграммы состояния.

**Лабораторная работа №5 Термический анализ бинарных систем (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).**

Цель работы: Термический анализ бинарных систем.

#### **План**

1. Приготовление сплавов
2. Определение зависимости температуры сплава от времени
3. Калибровка прибора и построение диаграммы состояния.

**Лабораторная работа №6 Определение молярной массы растворимого вещества методом криоскопии (6 часов), с использованием метода**

**активного обучения – исследовательский метод (6 часов).**

Цель работы: Определение молярной массы растворимого вещества методом криоскопии.

**План**

1. Определение температуры кристаллизации воды.
2. Определение температуры кристаллизации раствора.
3. Расчет молярной массы растворенного вещества.

**Лабораторная работа №7** Определение молярной рефракции веществ (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).

Цель работы: Определение молярной рефракции веществ.

**План**

4. Определение молярной рефракции веществ.
5. Определение молярной рефракции смесей веществ.
6. Расчет молярной рефракции веществ.

**Лабораторная работа №8** Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе (6 часов).

Цель работы: Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе.

**План**

7. Смешивание реагентов для гомогенной реакции в растворе.
8. Титрование проб из гомогенного раствора.
9. Установление момента равновесия
10. Расчет константы равновесия

**Лабораторная работа №9** Давление насыщенного пара индивидуальных жидкостей (6 часов).

Цель работы: Изучение давления насыщенного пара индивидуальных жидкостей.

**План**

11. Калибровка барометра.
12. Создание насыщенного пара органического растворителя.
13. Измерение давления насыщенного пара индивидуальных жидкостей.

**Лабораторная работа №10** Построение диаграммы плавления бинарной смеси (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).

Цель работы: Построение диаграммы плавления бинарной смеси

План

4. Приготовление сплавов
5. Определение зависимости температуры сплава от времени
6. Калибровка прибора и построение диаграммы состояния.

**Лабораторная работа №11** Определение криоскопического коэффициента и степени электролитической диссоциации криоскопическим методом (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).

Цель работы: Определение криоскопического коэффициента и степени электролитической диссоциации криоскопическим методом.

План

14. Определение температуры кристаллизации воды.
15. Определение температуры кристаллизации раствора.
16. Расчет молярной массы растворенного вещества – слабого электролита.
17. Расчет степени диссоциации и константы ионизации слабого электролита.
18. Расчет молярной массы растворенного вещества – сильного электролита.

**Лабораторная работа №12** Применение метода ЭДС для определения термодинамических параметров химических реакций (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).

Цель работы: Применение метода ЭДС для определения термодинамических параметров химических реакций.

План

7. Измерение ЭДС химических реакций.
8. Определение зависимости температуры от ЭДС химических реакций.
9. Применение метода ЭДС для определения термодинамических параметров химических реакций: энергия Гиббса, энтропия, энтальпия.

**Лабораторная работа №13** Определение теплоты нейтрализации. (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).

Цель работы: Определение теплоты нейтрализации.

План

1. Определение теплового значения калориметра по стандартному веществу (хлорид калия)
2. Определение зависимости температуры реакции нейтрализации от времени.

3. Расчет теплоты нейтрализации для сильных кислот и сильных оснований.

**Лабораторная работа №14** Определение теплоты нейтрализации для слабых и сильных кислот (6 часов).

Цель работы: Определение теплоты нейтрализации.

План

4. Определение теплового значения калориметра по стандартному веществу (хлорид калия)
5. Определение зависимости температуры реакции нейтрализации от времени.
6. Расчет теплоты нейтрализации теплоты нейтрализации для слабых и сильных кислот.

**Лабораторная работа №15** Определение теплоты нейтрализации для слабых и сильных оснований (6 часов).

Цель работы: Определение теплоты нейтрализации.

План

1. Определение теплового значения калориметра по стандартному веществу (хлорид калия)
2. Определение зависимости температуры реакции нейтрализации от времени.
3. Расчет теплоты нейтрализации для слабых и сильных оснований.

**6 семестр (72 часа)**

**Лабораторная работа №1** Каталитическое разложение пероксида водорода на платине в различных средах.

(6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).

Цель работы: Каталитическое разложение пероксида водорода на платине в различных средах для определения констант скорости.

План

10. Измерение объема газа в реакции.
11. Проведение реакции в 3 средах.
12. Определения констант скорости в различных средах.

**Лабораторная работа №2** Изучение скорости инверсии тростникового сахара (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).

Цель работы: Изучение скорости инверсии тростникового сахара для определения констант скорости.

План

13. Измерение угла вращения раствора в реакции.
14. Проведение реакции в средах с различной кислотностью.
15. Определения констант скорости.

**Лабораторная работа №3 Изучение кинетики гидролиза сложных эфиров в щелочной среде (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).**

Цель работы: Изучение кинетики гидролиза сложных эфиров в щелочной среде и определение констант скорости.

План

16. Измерение объемов, пошедших на титрование эфира в реакции.
17. Проведение реакции в средах в щелочной среде.
18. Определения констант скорости.

**Лабораторная работа №4 Определение энергии активации (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).**

Цель работы: Определение энергии активации гидролиза сложных эфиров в кислой и щелочной средах и определение констант скорости.

План

19. Измерение объемов, пошедших на титрование эфира в реакции.
20. Проведение реакции при различных температурах.
21. Измерение объемов, пошедших на титрование эфира в реакции при различных температурах.
22. Определения констант скорости.

**Лабораторная работа №5 Определение подвижности ионов (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).**

Цель работы: Определение подвижности ионов.

План

23. Измерение смещения границы окрашенного раствора.
24. Определение подвижности ионов.

**Лабораторная работа №6 Определение чисел переноса (8 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод**

**(6 часов).**

Цель работы: Определение чисел переноса.

План

25. Измерение массы меди при переносе тока.
26. Титрование кислоты до и после опыта.
27. Определение чисел переноса ионов.

**Лабораторная работа №7 Изучение электропроводности слабых электролитов (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).**

Цель работы: Изучение электропроводности слабых электролитов.

План

28. Измерение электропроводности стандартного вещества
29. Постоянная ячейки, расчет.
30. Измерение электропроводности слабых кислот.

**Лабораторная работа №8 Изучение электропроводности сильных электролитов (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).**

Цель работы: Изучение электропроводности сильных электролитов.

План

31. Измерение электропроводности стандартного вещества
32. Постоянная ячейки, расчет.
33. Измерение электропроводности сильных кислот.

**Лабораторная работа №9 Определение активности электролитов методом ЭДС (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).**

Цель работы: Определение активности электролитов методом ЭДС

План

34. Определение потенциала электродов
35. Измерение ЭДС при разной концентрации кислот
36. Определение коэффициентов активности электролитов

**Лабораторная работа №10 Электрохимические цепи (химические цепи) (6 часов), с использованием метода активного обучения – исследовательский метод (6 часов).**

Цель работы: Определение ЭДС химических цепей.

План

37. Определение потенциала электродов
38. Измерение ЭДС при разных концентрации и составе электролитов
39. Определение ЭДС химических цепей.

**Лабораторная работа №11 Электрохимические цепи (газовые цепи) (6 часов).**

Цель работы: Определение ЭДС газовых цепей

План

1. Определение потенциала газовых электродов
2. Измерение ЭДС при разных концентрации и составе кислоты
3. Определение ЭДС химических цепей.

**Лабораторная работа №12 Определение константы (ионизации) слабых электролитов в водных растворах (6 часов)**

Цель работы: Изучение электропроводности слабых электролитов.

План

1. Измерение электропроводности стандартного вещества
2. Постоянная ячейки, расчет.
3. Измерение электропроводности слабых кислот.
4. Определение константы (ионизации) слабых кислот в водных растворах
5. Измерение электропроводности слабых оснований.
6. Определение константы (ионизации) слабых оснований в водных растворах

**ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (54 часа)  
(5 семестр, 36 часов)**

**Занятие №1 Тема: I закон термодинамики (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.**

**План:**

- a) Смысл I закона термодинамики.
- b) Основные понятия термодинамики – термодинамические параметры и функции.
- c) Расчет  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ ,  $Q$ ,  $A$  для изо-процессов.

**Занятие №2 Тема: Применение I закона термодинамики (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.**

**План:**

- a) Применение I закона термодинамики к химическим процессам (термохимия).
- b) Основные понятия термохимии.
- c) Закон Гесса.

**Занятие №3 Тема:** Зависимость тепловых эффектов от температуры (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Уравнение Кирхгофа.
- b) Расчет тепловых эффектов химических реакций при различных температурах.
- c) Уравнение Кирхгофа для качественной зависимости тепловых эффектов химических реакций при различных температурах.

**Занятие №4 Тема:** Решение задач по I закону термодинамики (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Работа изо-процесов.
- b) Закон Гесса и сложные реакции.
- c) Уравнение Кирхгофа для тепловых эффектов химических реакций при различных температурах с фазовыми переходами.

**Занятие №5 Тема:** Контрольная работа № 1 (2 часа).

**Занятие №6 Тема:** II закон термодинамики (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) II закон термодинамики, формулировки, математическое выражение.
- b) Энтропия. Расчет изменения энтропии в различных термодинамических процессах.
- c) Расчет абсолютных значений энтропий.

**Занятие №7 Тема:** Свободные энергии Гиббса и Гельмгольца (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) II закон термодинамики, формулировки, математическое выражение.
- b) Критерии самопроизвольного течения процессов и равновесия в изолированных и неизолированных изотермических системах.
- c) Характеристические функции идеального газа.

**Занятие №8 Тема:** Решение задач по второму закону термодинамики (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Свободные энергии Гиббса и Гельмгольца в различных процессах.
- b) Расчеты изменения  $\Delta G$  и  $\Delta F$  в различных процессах.

**Занятие №9 Тема:** Контрольная работа № 2 (2 часа).

**Занятие №10 Тема:** Растворы (4 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

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

**Занятие №11 Тема:** Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Различные виды диаграмм состояния.
- b) Законы Гиббса-Коновалова.

**Занятие №12 Тема:** Контрольная работа № 3 (2 часа).

**Занятие №13 Тема:** Химическое равновесие (4 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Различные виды констант равновесия и связь между ними.
- b) Расчет констант равновесия по термодинамическим данным. Расчет выхода продуктов химических реакций.
- c) Влияние различных факторов на степень полноты реакции и констант равновесия.

**Занятие №14 Тема:** Зависимость констант равновесия от температуры (4 часа).

**План:**

- a) Расчет констант равновесия химических реакций при различных температурах
- b) Использование различных приближений для теплоемкостей реагентов, приведенных энергий Гиббса
- c) Метод Темкина-Шварцмана.

**Занятие №15 Тема:** Контрольная работа № 1 (2 часа).

**(6 семестр, 18 часов)**

**Занятие №1 Тема:** Константа скорости химической реакции (2 часа).

**План:**

- a) Основные понятия и определения в химической кинетике
- b) Скорость реакции,
- c) Порядок, молекулярность,
- d) Константа скорости химической реакции.

**Занятие №2 Тема:** Расчеты констант скоростей и порядков реакций (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Константы скорости
- b) Расчеты констант скоростей и порядков реакций

**Занятие №3 Тема:** Методы определения порядков реакции (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Интегральные методы определения порядков реакции.
- b) Графический метод
- c) Дифференциальные методы определения порядков реакции.

**Занятие №4 Тема:** Кинетика сложных химических (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Кинетика сложных химических реакций - обратимые реакции.
- b) Кинетика сложных химических реакций - параллельные реакции.

**Занятие №5 Тема:** Последовательные реакции (2 часа).

**План:**

- c) Кинетика последовательных реакции.
- d) Метод стационарных концентраций.

**Занятие №6 Тема:** Влияние температуры на скорость химических реакций (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Влияние температуры на скорость химических реакций по закону Вант-Гоффа.
- b) Уравнение Аррениуса
- c) Метод расчета энергии активации

**Занятие №7 Тема:** Теория активных столкновений (2 часа).

**План:**

- a) Бимолекулярные реакции.
- b) Применение теории к бимолекулярным реакциям.
- c) Применение теории к мономолекулярным реакциям.

**Занятие №8 Тема:** Теория активированного комплекса (2 часа), с использованием метода активного обучения – групповой разбор теоретических задач.

**План:**

- a) Теория активированного комплекса, применение теории реакциям
- b) Применение теории к мономолекулярным реакциям
- c) Статистический аспект. Расчет константы скорости

**Занятие №9 Тема:** Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям (2 часа).

**План:**

1. Термодинамический аспект теории активированного комплекса, применение теории реакциям
2. Трактовка “стерического множителя”
3. Расчет энтропии и энтальпии активации.

4. Мономолекулярные реакции.
5. Теория активированного комплекса в применении к мономолекулярным реакциям.
6. Расчет истинной энергии активации.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физическая 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 разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Введение. Основы химической термодинамики Раздел 2. Второй закон термодинамики Раздел 3. Растворы. Фазовые равновесия Раздел 4. Правила фаз Гиббса и его применение к гетерогенным равновесиям Раздел 5. Химическое равновесие Раздел 6. Расчеты химических равновесий при различных температурах. Раздел 7. Элементы статистической термодинамики.	ОПК-1	Знает	Проверка готовности к лабораторным работам. Собеседование (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№1-30 (5 семестр)
			Умеет	Проверка домашних заданий и отчетов по лабораторным работам (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)	
			Владеет	Проверка отчета по лабораторным работам (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2) Коллоквиум (УО-2)	
2	Раздел 8. Формальная кинетика. Раздел 9. Теории химической кинетики Раздел 10. Гомогенный и гетерогенный катализ Раздел 11. Теории катализа Раздел 12. Теория электролитов Раздел 13. Термодинамика и кинетика электрохимических процессов.	ОПК-2	Знает	Проверка готовности к лабораторным работам. Собеседование (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№1-35 (6 семестр)
			Умеет	Проверка домашних заданий и отчетов по лабораторным работам (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)	
			Владеет	Проверка домашних заданий и отчетов по лабораторным	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, 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. Харитонов, Ю. Я. Физическая химия: учебник для высшего профессионального образования / Ю. Я. Харитонов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 608с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:695584&theme=FEFU>  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970423905.html>
2. Горшков, В. И. Основы физической химии: учебник для вузов / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 407с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:357080&theme=FEFU>
3. Еремин, В. В. Основы общей и физической химии : учебное пособие для вузов / В. В. Еремин, А. Я. Борщевский. - Долгопрудный: Интеллект, 2012.- 847 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663891&theme=FEFU>
4. 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>
5. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям: учебное пособие / Под ред. А.П. Беляева М. : ГЭОТАР- Медиа, 2012. - 320 с.: ил.  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970422076.html>

### **Дополнительная литература**

1. Бонд, А. М. Электроаналитические методы. Теория и практика / А. М. Бонд, Д. Инцельт, Х. Калерт. Под ред. Ф. Шольц; пер. с англ. под ред. В. Н. Майстренко. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 326 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:253266&theme=FEFU>
2. Еремин, В. В. Основы физической химии: учебное пособие в 2-х частях / В. В. Еремин, И. А. Успенская, С. И. Каргов, Н. Е. Кузьменко, В. В.

Лунин. 2-е изд., перераб. и доп. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 320 с. <http://www.chem.msu.ru/rus/books/2013/eremin-phys-chem/welcome.html>

3. Кубасов, А. А. Химическая кинетика и катализ. Часть I. Статистически равновесная феноменологическая кинетика / А. А. Кубасов. – М.: Изд-во ДВГУ, 2004. – 143 с.

<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/kubasov/welcome.html>

4. Кубасов, А. А. Химическая кинетика и катализ. Часть 2. Теоретические основы химической кинетики / А. А. Кубасов. – М.: Изд-во ДВГУ, 2005. – 155 с.

<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/kubasov/welcome.html>

5. 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>

6. Физическая и коллоидная химия. Руководство к практическим занятиям: учебное пособие / Под ред. А.П. Беляева 2012. - 320 с.: ил <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970422076.html>

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

1. <http://e.lanbook.com/>
2. <http://www.studentlibrary.ru/>
3. <http://znanium.com/>
4. <http://www.nelbook.ru/>

#### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Платформа электронного обучения Blackboard ДВФУ  
[https://bb.dvfu.ru/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?content\\_id=159675\\_1&course\\_id=4959\\_1](https://bb.dvfu.ru/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?content_id=159675_1&course_id=4959_1)

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

### **Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины**

Время, отведённое на самостоятельную работу, должно быть использовано обучающимся планомерно в течение семестра.

Планирование – важнейшая черта человеческой деятельности. Для организации учебной деятельности эффективным вариантом является

использование средств, напоминающих о стоящих перед вами задачах, и их последовательности выполнения. В роли таких средств могут быть ИТ-технологии (смартфоны, планшеты, компьютеры и т.п.), имеющие приложения/программы по организации распорядка дня/месяца/года и сигнализирующих о важных событиях, например, о выполнении заданий по дисциплине «Физическая химия».

Регулярность – первое условие поисков более эффективных способов работы. Рекомендуется выбрать день/дни недели для регулярной подготовки по дисциплине «Физическая химия», это позволит морально настроиться на выполнение поставленных задач, подготовиться к ним и выработать правила выполнения для них, например, сначала проработка материала лекций, чтение первоисточников, затем выделение и фиксирование основных идей. Рекомендуемое среднее время два часа на одно занятие.

### **Описание последовательности действий, обучающихся при изучении дисциплины**

В соответствии с целями и задачами дисциплины студент изучает на занятиях и дома разделы лекционного курса, готовится к практическим и лабораторным занятиям, проходит контрольные точки текущей аттестации, включающие разные формы проверки усвоения материала (собеседование, коллоквиумы и др.).

Освоение дисциплины включает несколько составных элементов учебной деятельности:

1. Внимательное чтение рабочей программы учебной дисциплины (помогает целостно увидеть структуру изучаемых вопросов). В ней содержится перечень контрольных испытаний для всех разделов и тем, включая экзамен; указаны сроки сдачи заданий, предусмотренных учебной программой курса дисциплины «Физическая химия».

2. Неотъемлемой составной частью освоения курса является посещение лекций и их конспектирование. Глубокому освоению лекционного материала способствует предварительная подготовка, включающая чтение предыдущей лекции, работу с учебниками.

3. Регулярная подготовка к практическим занятиям и активная работа на них, включающая:

- повторение материала лекции по теме;
- знакомство с планом занятия и списком основной и дополнительной литературы, с рекомендациями по подготовке к занятию;
- изучение научных сведений по данной теме в разных учебных пособиях;
- чтение первоисточников и предлагаемой дополнительной литературы;

– посещение консультаций с целью выяснения возникших сложных вопросов при подготовке к практическим занятиям.

4. Подготовка к экзамену и зачету (в течение семестра), повторение материала всего курса дисциплины.

### **Рекомендации по работе с литературой**

Изучение дисциплины следует начинать с проработки тематического плана лекций, уделяя особое внимание структуре и содержанию темы и основных понятий. Изучение «сложных» тем следует начинать с составления логической схемы основных понятий, категорий, связей между ними. Целесообразно прибегнуть к классификации материала, в частности при изучении тем, в которых присутствует большое количество незнакомых понятий, категорий, теорий, концепций, либо насыщенных информацией типологического характера.

При работе с литературой обязательно выписывать все выходные данные по каждому источнику. Можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц). Ищите аргументы «за» или «против» идеи автора.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Используйте основные установки при чтении научного текста:

1. информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);

2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);

4. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методiku, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Для работы с научными текстами применяйте следующие виды чтения:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотрное – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Основным для студента является изучающее чтение – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в профессиональной области.

При работе с литературой можно использовать основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

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

Лекционная аудитория (экран проекционный SENSSCREEN ES-431150 150\* настенно-потолочный моторизированный, покрытие Matte White, 4:3, размер рабочей поверхности 305\*229 , проектор BenQ MW 526 E).

Химические лаборатории с вытяжными шкафами, водоснабжением, муфельные печи, сушильные шкафы, рН-метры, нагревательные приборы, химическая посуда, реактивы. Дистиллятор. Амперметр МА-11/5 -3 шт. Амперметр М-104 -3 шт. Баня комбинированная - 2 шт. Весы аналитические WA-31. Весы электронные лабораторные HR-200. Весы технические ВЛР-200/01 – 2 шт. Гальванометр М-198/1. Генератор звуковой ЗГ-1 – 2 шт. Источник тока 2744. Источник тока ПМТ-70. Источник тока ПМА-70, перистальтический насос, осциллополюрограф, каталитические реакторы.

Калориметрическая установка.

Лабораторная установка “Граница растворимости в тройной смеси жидкости”.

Лабораторная установка “Кинетика инверсии сахарозы”.

Лабораторная установка “Константы диссоциации” - 2 шт.

Лабораторная установка “Определение энтальпии нейтрализации” с компьютерным управлением.

Лабораторная установка “Повышение точки кипения”.

Лабораторная установка “Понижение точки замерзания”.

Лабораторная установка “Равновесное распределение”.

Лабораторная установка “Скорость миграции ионов”

Лабораторная установка “Скорость реакции и энергия активации кислотного гидролиза этилацетата”.

Магазин сопротивления Р-33 – 3 шт. Мешалка ММ-2а - 2 шт. Мешалка магнитная ММ-5 – 3 шт.

Мост реохордный Р-38 - 2 шт. Насос Камовского. Печка для плавления сплавов – 2 шт.

Потенциометр ППТВ. Потенциометр Р-37/1 - 2 шт. Рефрактометр ИРФ-454 Б2М Термостат НБЕ. Термостат универсальный U-10 - 3 шт. Сахариметр СУ-1. Стабилизатор напряжения П-36/3 – 2 шт. Электронный потенциометр ЭПП-09 – 2 шт. Модуль “Термический анализ”. Модуль “Термостат калориметр”. Модуль “Электрохимия”. Универсальный контролер.

Для самостоятельной работы используется читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox.

Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C). Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками.



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 химия»  
Специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
специализация «Медицинская химия»  
Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2017**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
5 семестр				
1	В течение семестра	Подготовка к выполнению лабораторных работ	5	Опрос/собеседование перед началом занятия (УО-1). Принятие отчета о выполнении лабораторной работы (ПР-6).
2	В течение семестра	Решение расчетных химических задач	8	Контрольная работа (ПР-2)
3	В течение семестра	Подготовка к коллоквиуму	8	Коллоквиум (УО-2).
4	В течение семестра	Подготовка к тестированию.	6	Тест-контроль (ПР-1).
5	17 -18 неделя	Подготовка к сдаче экзамена	45	Экзамен
6 семестр				
6	В течение семестра	Подготовка к выполнению лабораторных работ	20	Опрос/собеседование перед началом занятия (УО-1). Принятие отчета о выполнении лабораторной работы (ПР-6).
7	В течение семестра	Решение расчетных химических задач	20	Контрольная работа (ПР-2)
8	В течение семестра	Подготовка к коллоквиуму	20	Коллоквиум (УО-2).
9	В течение семестра	Подготовка к тестированию.	21	Тест-контроль (ПР-1).
10	17-18 неделя	Подготовка к экзамену	27	Экзамена

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

В соответствии с целями и задачами дисциплины студент изучает на занятиях и дома разделы лекционного курса, готовится к практическим занятиям, проходит контрольные точки текущей аттестации, включающие разные формы проверки усвоения материала (опрос, коллоквиумы и др.). Самостоятельная работа включает подготовку к лабораторным и практическим занятиям (работа с литературой, проработка тем лекционных занятий), в том числе подготовку к собеседованиям, коллоквиумам, тестированию и контрольным работам. Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от

цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

### **Подготовка к практическим занятиям**

Самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим занятиям (собеседование, групповая дискуссия) включает в себя проработку тематического плана лекций, уделяя особое внимание структуре и содержанию темы и основных понятий. Изучение «сложных» тем следует начинать с составления логической схемы основных понятий, категорий, связей между ними. Целесообразно прибегнуть к классификации материала, в частности при изучении тем, в которых присутствует большое количество незнакомых понятий, категорий, теорий, концепций, либо насыщенных информацией типологического характера.

В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях. При этом учесть рекомендации преподавателя. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем. Необходимо решить задачи по теме практического занятия (Приложение 2). Целесообразно составить план-конспект своего выступления по вопросам практического занятия.

Требования к содержанию плана-конспекта:

1. План должен соответствовать теме, адекватно и достаточно полно отражать содержание ответа;
2. Пункты плана должны быть связаны внутренней логикой (второй пункт вытекает из первого, третий из второго и т.д.);
3. Части плана должны быть соразмерены.

Технология составления плана:

1. Прочитайте рекомендованную преподавателем литературу, определяя микротемы, которые раскрывают вопрос.
2. Разделите прочитанное на части.
4. Дайте краткое наименование каждой части.
5. Проверьте получившийся план, скорректируйте его, учитывая требования.
6. Определите, достаточно ли адекватно передает структуру и содержание ответа составленный план.
7. В случае необходимости дополните или сократите план.

### **Критерии оценивания устных ответов на практических занятиях**

• 100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных физико-химических процессов, отличается глубиной и полнотой раскрытия

темы; студент владеет терминологическим аппаратом; умеет объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения. Ответы аргументированы, проиллюстрированы примерами. Показано свободное владение монологической речью. Ответ логичен и последователен.

- 85-76 - баллов - показаны прочные знания основных процессов, тема раскрыта полностью. Студент владеет терминологическим аппаратом; умеет объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры. Владеет монологической речью. Допущены одна - две неточности в ответе.

- 75-61 - балл - показано знание основных процессов иммунологии, однако информация, содержащаяся в ответе не достаточно глубокая и полная. Навыки анализа явлений, умения давать аргументированные ответы и приводить примеры сформированы недостаточно. Ответ содержит несколько ошибок. Студент не способен привести пример развития ситуации или проследить связь с другими аспектами изучаемой области. Недостаточно свободно владеет монологической речью, логичностью и последовательностью ответа.

- 60-50 баллов - тема ответа не раскрыта, обнаружено незнание процессов изучаемой предметной области, основных вопросов теории. Навыки анализа явлений, процессов отсутствуют. Отсутствуют логичность и последовательность изложения материала.

### **Подготовка к контрольной работе**

При подготовке к контрольной работе воспользуйтесь материалами лекций, рекомендованной литературой и методическими пособиями. Используйте методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям. Составьте план-конспект ответов на каждый вопрос контрольной работы.

### **Критерии оценивания контрольной работы:**

#### **Отметка "Отлично"**

1. Глубокое и систематическое знание всего программного материала.
2. Отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области.
3. Логически корректное и убедительное изложение ответа.
4. Допущены ошибки по невнимательности (оговорки, описки).

#### **Отметка "Хорошо"**

1. Существенных ошибок нет.
2. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

3. Допущены 1-2 несущественные ошибки или неполное объяснение.

#### **Отметка "Удовлетворительно"**

1. Допущено не более одной существенной ошибки, записи неполны, неточности.

2. Затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины.

#### **Отметка "Неудовлетворительно"**

1. Незнание, либо отрывочное представление данной проблеме в рамках учебно-программного материала.

2. Допущены существенные ошибки.

Из оценок за каждый вопрос выводится средняя итоговая оценка за письменную работу.

#### **Подготовка к коллоквиумам**

При подготовке к коллоквиумам рекомендуется изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой. При этом учесть рекомендации преподавателя. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем.

#### **Критерии оценивания коллоквиума**

##### **Отметка "Отлично"**

1. Дан полный и правильный ответ на основе изученных теорий.

2. Материал понят и изучен.

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

4. Ответ самостоятельный.

##### **Отметка "Хорошо"**

1, 2, 3, 4 – аналогично отметке "Отлично".

5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

##### **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.

### **Подготовка к лабораторным работам**

Самостоятельная работа студентов по подготовке к лабораторным работам включает в себя: проработку и анализ теоретического материала, составление плана выполнения лабораторной работы, описание проделанной работы (тексты, таблицы, схемы и т.п.).

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирования эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных.

Для подготовки к лабораторным работам необходимо составлять конспект предстоящей лабораторной работы, которую предстоит выполнить.

Конспект представляет собой краткую письменную запись содержания лабораторной работы, предназначенную для последующего восстановления информации с различной степенью полноты. Как и любой другой конспект, конспект лабораторной работы должен удовлетворять следующим требованиям: систематичность, логичность, связность текста. Если в целом записи не отражают логики полного текста, если между отдельными частями записей нет смысловой связи, то такие выдержки не представляют никакой информационной ценности при выполнении работ, то есть конспектом как таковым не является. В конспект включаются не только основные положения, но и доводы, их обосновывающие, конкретные факты и примеры, но без их подробного описания.

Ценность конспекта состоит в том, что студент волен вести записи так, как ему удобно. То есть не существует строго регламентированной последовательности как таковой, однако при этом существуют определенные способы ведения конспектов с соблюдением последовательности.

Наглядные и удобные конспекты, составляемые самостоятельно являются неотъемлемой частью подготовки к лабораторному занятию.

### **Структура отчета по лабораторной работе**

Отчеты по лабораторным работам представляются в письменном виде в рабочей тетради.

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

Структурно отчет по лабораторной работе комплектуется по следующей схеме:

- *Титульный лист* – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме;
- *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).

Самостоятельная работа студентов по изучению отдельных тем дисциплины включает поиск учебных пособий по данному материалу, проработку и анализ теоретического материала, самоконтроль знаний по данной теме с помощью контрольных вопросов и заданий.

#### **Задание на дом к лабораторным занятиям №1-5**

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие к практическим занятиям и подготовить ответы на вопросы по законам термодинамики

Задачи для самостоятельного решения представлены в Приложении 1.

#### **Задание на дом к лабораторным занятиям №6-13**

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие, подготовить ответы на вопросы по теории систем переменного состава

#### **Задание на дом к лабораторным занятиям №14-17**

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие, подготовить ответы на вопросы по теории кинетики реакций

Задачи для самостоятельного решения представлены в Приложении 1.

#### **Задание на дом к лабораторным занятиям №17-30**

Просмотреть материал лекций, учебники и методическое пособие, подготовить ответы на вопросы по теории электрохимических процессов.

Задачи для самостоятельного решения представлены в Приложении 1.

Методическое пособие к лабораторным работам находится в Приложении 3.

Подготовиться к решению расчетных задач. Решить задачи для самостоятельного решения из методического пособия:

## 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  $\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$ ,  $27^\circ\text{C}$  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  $\text{CH}_3\text{COH} (\text{г}) = \text{CH}_4 (\text{г}) + \text{CO} (\text{г})$  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°C, 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.

### Вопросы к лабораторным занятиям

#### 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 коллигативными? 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 №8-12.

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?

Лабораторные работы №12-16,30.

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.

Лабораторная работа №25.

1. Дайте определение идеального раствора. Каковы его основные признаки и при каких условиях он образуется?
2. Чем обусловлены положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля. Приведите примеры различных типов бинарных жидких неограниченно смешивающихся растворов.
3. Законы Коновалова-Гиббса. Поясните эти законы на диаграммах состав - температура кипения и состав - давление.
4. Можно ли рассчитать состав пара, находящегося в равновесии с идеальным раствором?
5. В чем состоит и для чего используется “правило рычага”?

Лабораторные работы №26-30.

1. Какие соотношения связывают изменения термодинамических функций  $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta S$ ?

2. С изменением какой термодинамической функции связана ЭДС гальванического элемента?
3. Каким образом, измеряя ЭДС гальванического элемента, можно рассчитать термодинамические функции реакций?
4. Напишите уравнение реакции, протекающей в гальваническом элементе.
5. Как связаны температурный коэффициент гальванического элемента и теплота процесса гальваническом элементе?
6. Можно ли ЭДС гальванического элемента измерять при помощи вольтметра? Если нет, то почему?
7. С какой из термодинамических величин связан температурный коэффициент ЭДС? Можно ли ее вычислять на основании таблиц стандартных величин для реакции, протекающей в стандартных условиях?
8. Может ли эндотермическая реакция быть источником работы в гальваническом элементе? Когда гальванический элемент работает с нагреванием, когда с охлаждением?
9. 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?

### **Структура отчета по лабораторной работе**

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).

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

*Оценивание лабораторных работ* проводится по критериям:

Полнота и качество выполненных заданий;

Теоретическое обоснование полученного результата;

Качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;

Отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием темы.

*Оценивание презентации по предложенной теме* проводится по критериям:

Определены цели и задачи работы;

Показана физико-химическая сущность процессов;

Правильно подобраны примеры применения методов физической химии;

Правильно оформлен документ.



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

---

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине «Физическая химия»  
Специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
Специализация «Медицинская химия»  
Форма подготовки очная

Владивосток  
2017

## Паспорт оценочных средств по дисциплине «Физическая химия»

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач (ОПК-1)	Знает	Основы теории фундаментальных разделов химической науки, прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической химии.
	Умеет	Применять теоретические знания в фундаментальных разделах химической науки для выполнения профессиональных задач.
	Владеет	Способностью использовать знания в фундаментальных разделах химической науки и применять их в лаборатории и на производстве.
Владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2)	Знает	Теоретические основы различных методов регистрации и статистической обработки результатов химических экспериментов
	Умеет	Проводить химические эксперименты, использовать методы регистрации и обработки результатов исследований.
	Владеет	Навыками экспериментальной работы, различными методами регистрации и обработки результатов исследований.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел 1. Введение. Основы химической термодинамики Раздел 2. Второй закон термодинамики Раздел 3. Растворы. Фазовые равновесия Раздел 4. Правила фаз Гиббса и его применение к гетерогенным равновесиям Раздел 5. Химическое равновесие Раздел 6. Расчеты химических равновесий при различных температурах. Раздел 7. Элементы статистической термодинамики.	ОПК-1	Знает	Проверка готовности к лабораторным работам. Собеседование (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№1-30 (5 семестр)
	Умеет	Проверка домашних заданий и отчетов по лабораторным работам (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)			
	Владеет	Проверка отчета по лабораторным работам (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2) Коллоквиум (УО-2)			
2	Раздел 8. Формальная кинетика. Раздел 9. Теории химической кинетики Раздел 10. Гомогенный и гетерогенный катализ Раздел 11. Теории катализа Раздел 12. Теория электролитов Раздел 13. Термодинамика и кинетика электрохимических процессов.	ОПК-2	Знает	Проверка готовности к лабораторным работам. Собеседование (УО-1). Тестирование (ПР-1).	Экзаменационные вопросы №№1-35 (6 семестр)
	Умеет	Проверка домашних заданий и отчетов по лабораторным работам (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)			
	Владеет	Проверка домашних заданий и отчетов по лабораторным работам (ПР-6) Контрольная работа (ПР-2)			

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач (ОПК-1)	знает (пороговый уровень)	основы теории фундаментальных разделов химической науки, прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической химии.	знать смысл и значения специальных терминов, встречающихся в фундаментальных разделах химии.	знает формулировки основных законов и правил, составляющих основы теории фундаментальных разделов химии.
	умеет (продвинутой)	применять теоретические знания в фундаментальных разделах химической науки для выполнения профессиональных задач.	уметь применить теоретические знания в области химии и химической технологии при выполнении научно-исследовательской и производственной деятельности.	способность использовать знания основ теории фундаментальных разделов химии в профессиональной деятельности. Умение использовать современные методы расчетов кинетических и термодинамических параметров реакции.
	владеет (высокий)	способностью использовать знания в фундаментальных разделах химической науки и применять их в лаборатории и на производстве.	владеть навыками термодинамических, кинетических расчетов.	способность провести расчеты кинетических и термодинамических параметров реакции.
Владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций (ОПК-2)	знает (пороговый уровень)	Теоретические основы различных методов регистрации и статистической обработки результатов химических экспериментов	Иметь представления о различных методах регистрации и статистической обработки результатов химических экспериментов.	Способность сформулировать основные принципы методов регистрации и правила статистической обработки результатов химических экспериментов.
	умеет (продвинутой)	Проводить химические эксперименты, использовать методы регистрации и обработки результатов исследований.	Уметь применить на практике знания правил проведения химических экспериментов и использовать методы регистрации и обработки результатов исследований.	Способность использовать на практике знания правил проведения химических экспериментов, методов регистрации и обработки результатов исследований.
	владеет (высокий)	Навыками экспериментальной работы, различными методами регистрации и обработки результатов исследований.	Владеть опытом экспериментальной работы и различными методами регистрации и обработки результатов исследований.	Способность спланировать и выполнить эксперимент, использовать соответствующий метод регистрации и обработки результатов исследований.

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**I. Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

**Экзамен** (Средство промежуточного контроля) – Вопросы к экзамену, образцы билетов.

**Зачет** – Вопросы к зачету.

### **Вопросы к экзаменам по физической химии**

#### **Вопросы к экзамену (5 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 мольные 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.

### **Вопросы к экзамену по физической химии (6 семестр)**

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

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

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

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

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

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

7. Принцип квазистационарных концентраций и область его применения.

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

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

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

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

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

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

14. Интерпретация предэкспоненциального множителя в статическом и термодинамическом аспектах теории активированного комплекса. Энтропия активации.
15. Мономолекулярные реакции и их описание в теории активированного комплекса (в статистическом и термодинамических аспекта, теории соударений. Схема Линдемана. Поправка Хиншельвуда.
16. Законы фотохимии. Квантовый выход. "Двухквантовые процессы". Кинетическая схема Штерна-Фольмера.
17. Основные понятия и классификации в катализе. Механизмы каталитических реакций. Особенности гетерогенно-каталитических процессов.
18. Кинетика реакций специфического кислотного катализа. Механизмы лимитирующие стадии. Функции кислотности Гаммета. Уравнение Бренстеда и его анализ.
19. Кинетика Ленгмюра-Хиншельвуда для реакций на однородной поверхности катализатора. Особенности кинетики и записи константы равновесия в адсорбционном слое (общий случай).
20. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций с диффузионными ограничениями. Внешняя диффузия (метод равнодоступной поверхности). Кинетика каталитических реакций во внутренней диффузионной области.
21. Основные положения теории Аррениуса. Причины устойчивости ионов в растворах электролитов. Энергии кристаллической решетки и сольватации ионов.
22. Теория сильных электролитов Дебая-Хюккеля: вывод формулы для потенциала ионной атмосферы в растворе 1,1-валентного электролита.
23. Первое и второе приближения теории Дебая-Хюккеля для расчета среднего ионного коэффициента активности. Современные подходы к теории сильных электролитов.
24. Удельная и эквивалентная электропроводности электронов. Подвижности отдельных ионов. Первоначальная современная формулировки закона Кольрауша.
25. Числа переноса, их зависимость от концентрации раствора. Методы определения чисел переноса. Зависимость эквивалентной электропроводности от температуры и концентрации раствора. Уравнение Онзагера.
26. Процессы диффузии и миграции в растворах электролитов. Формула Нернста-Эйнштейна. Диффузионный потенциал на границе двух разделов.
27. Разности потенциалов в электрохимических системах. Потенциалы Вольта и Гальвани. Потенциал нулевого заряда и методы его определения.

28. Электрохимический потенциал. Условия равновесия на границе электрода с раствором и в электрохимической цепи. Классификация электродов и электрохимических цепей.
29. Определение методом ЭДС энергии Гиббса, энтальпии и энтропии химической реакции.
30. Определение методом ЭДС коэффициентов активности, рН раствора и чисел переноса.
31. Электрокапиллярные явления. Модельные представления о двойном электрическом слое (модели Гельгольца, Гуи - Чапмена, Штерна и Грэма)
32. Лимитирующие стадии в электрохимических реакциях. Поляризация электрода и ток обмена.
33. Диффузионная кинетика электродных процессов: три основных уравнения, вывод уравнения поляризационной кривой для реакции типа  $O + ne = R$
34. Основные теории замедленного заряда: Вывод основного уравнения Батлера-Фольмера и его анализ. Уравнение Тафеля.
35. Химические источники тока. Термодинамические и кинетические аспекты их работы. Причины саморазряда.

**Образцы экзаменационных билетов**  
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ**  
**ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное**  
**учреждение**  
**высшего образования**  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
**Школа естественных наук**

ООП 04.05.01

шифр, название направления подготовки

Дисциплина Физическая химия

Форма обучения очная

Семестр 5 2017- 2018 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.
  3. Задача.
- Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

М.П. (школы)

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение**

**высшего образования**

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**Школа естественных наук**

ООП 04.05.01

шифр, название направления подготовки

Дисциплина Физическая химия

Форма обучения очная

Семестр 5 2017- 2018 учебного года

Реализующая кафедра: Физической и аналитической химии

**Экзаменационный билет № 1**

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)

**Вопросы к зачету**

1. В чем смысл I закона термодинамики.
2. Тепловой эффект химической реакции.
3. Закон Гесса и следствия из него.
4. Определение стандартных теплот сгорания и образования, интегральной и дифференциальной теплот растворения.
5. Теплота реакции как функция состояния.
6. Знак теплового эффекта растворения. 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

9. Какие вещества используют в качестве термодинамического стандарта для определения теплового значения калориметра.
10. Что такое правило фаз? Приведите определения следующих понятий: фаза, составляющие вещества, компоненты, число степеней свободы.
11. На чем основан термический анализ? Какие методы термического анализа вы знаете?
12. Чем объясняются скачки температуры на кривых охлаждения?
13. Что такое эвтектика? Примените правило фаз к полученной вами диаграмме плавкости. Какие изменения происходят при охлаждении систем различного состава?
14. Какие упрощения вносят при построении плоских диаграмм состояния бинарных (двухкомпонентных) систем?
15. Что представляют собой диаграммы состояния? Каким системам они соответствуют?
16. 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?
17. Что называется криоскопической постоянной? Как можно экспериментально определить и теоретически рассчитать ее величину?
18. 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?
19. Какие свойства растворов называются коллигативными? Перечислите их и напишите соответствующие уравнения.
20. Назовите методы определения молярных масс неэлектролитов и степени диссоциации, основанные на изучении свойств разбавленных растворов.
21. Изотонический коэффициент Вант-Гоффа, методы его определения. От чего зависит величина изотонического коэффициента?
22. 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”?
23. Закон действия масс. Через какие величины можно выразить константу химического равновесия? Связь между константами равновесия, выраженными различными способами.

24. Каковы термодинамические и молекулярно-кинетические признаки равновесного состояния?
25. От чего зависит  $K_c$  и  $K_p$  реакции?
26. Сформулируйте принцип смещения химического равновесия.
27. Дайте определение понятия “фазовый переход”. Приведите примеры.
28. 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.
29. Что называется давлением насыщенного пара чистой жидкости? От чего оно зависит?
30. Как по зависимости  $P = f(T)$  определить при заданной температуре тепловой эффект испарения?
31. Понятие катализа. Общие принципы катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Теория промежуточных соединений.
32. 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?
33. 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.
34. Дайте определение идеального раствора. Каковы его основные признаки и при каких условиях он образуется?
35. Чем обусловлены положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля. Приведите примеры различных типов бинарных жидких неограниченно смешивающихся растворов.
36. Законы Коновалова-Гиббса. Поясните эти законы на диаграммах состав - температура кипения и состав - давление.
37. Можно ли рассчитать состав пара, находящегося в равновесии с идеальным раствором?
38. В чем состоит и для чего используется “правило рычага”?
39. Какие соотношения связывают изменения термодинамических функций  $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta S$ ?
40. С изменением какой термодинамической функции связана ЭДС гальванического элемента?
41. Каким образом, измеряя ЭДС гальванического элемента, можно рассчитать термодинамические функции реакций?

42. Напишите уравнение реакции, протекающей в гальваническом элементе.
43. Как связаны температурный коэффициент гальванического элемента и теплота процесса гальваническом элементе?
44. Можно ли ЭДС гальванического элемента измерять при помощи вольтметра? Если нет, то почему?
45. С какой из термодинамических величин связан температурный коэффициент ЭДС? Можно ли ее вычислять на основании таблиц стандартных величин для реакции, протекающей в стандартных условиях?
46. Может ли эндотермическая реакция быть источником работы в гальваническом элементе? Когда гальванический элемент работает с нагреванием, когда с охлаждением?
47. 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?

**II. Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

### Примерный перечень оценочных средств (ОС)

#### I. Устный опрос

1. Собеседование (УО-1) (Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.) - Вопросы по темам/разделам дисциплины.

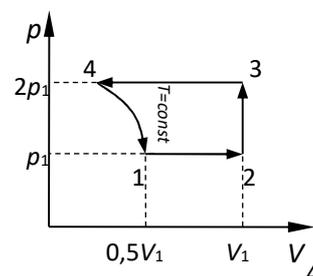
2. Коллоквиум (УО-2) (Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.)- Вопросы по темам/разделам дисциплины.

3. Групповая дискуссия (УО-4) – вопросы для групповой дискуссии.

#### 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)

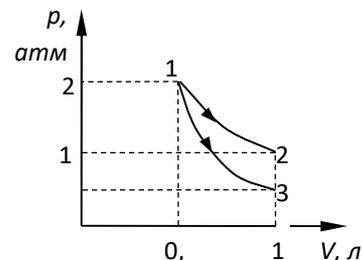


2. Определите, для каких реакций тепловой эффект возрастает с температурой:



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

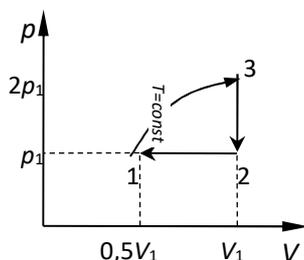
1. Изобразите зависимость теплового эффекта реакции:

$\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 + \dots \rightarrow \nu_1' A_1' + \nu_2' A_2' + \dots$  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. С 1 молем идеального газа реализован обратимый цикл, приведенный на рисунке.

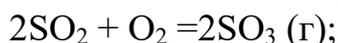
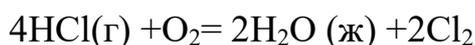
Что является функцией состояния: внутренняя энергия, работа, теплота? Для доказательства используйте цикл на рисунке (газ – азот)



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

3. Сформулируйте **закон Гесса**.

Определить разность между  $Q_p$  и  $Q_v$  при  $250^\circ\text{C}$  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:



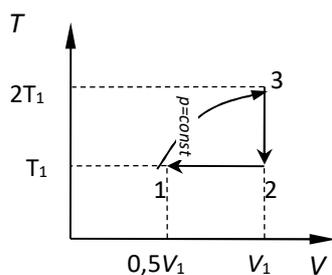
2. Закон Гесса. Стандартные состояния и стандартные энтальпии реакций. Энтальпии сгорания. Энтальпии образования.

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)



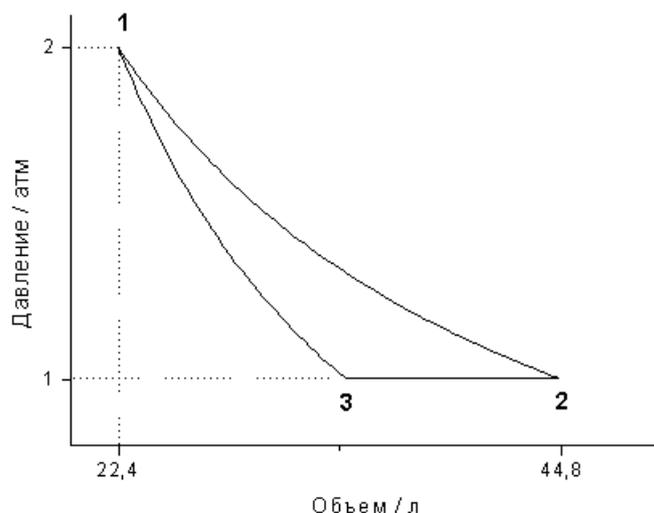
### Вариант 4

1. Изменение теплоты в зависимости от температуры и объема в некоторой системе описывается уравнением:

$$\delta Q = C \cdot dT + \left( \frac{RT}{V} \right) dV$$

( $C$  и  $R$  - постоянные). Является ли теплота функцией состояния в данном случае? Ответ обоснуйте.

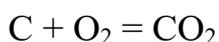
2. Один моль идеального одноатомного газа вступает в следующий замкнутый цикл:



Процесс  $1 \rightarrow 2$  - изотермический,  $3 \rightarrow 1$  - адиабатический. Рассчитайте объемы состояний 2 и 3, а также температуры состояний 1, 2 и 3, считая стадии  $1 \rightarrow 2$  и  $3 \rightarrow 1$  обратимыми. Рассчитайте работу, теплоту,  $\Delta U$  и  $\Delta H$  для каждой стадии, а также во всем цикле.

3. Сформулируйте следствия из *закона Гесса*.

Определить разность между  $Q_p$  и  $Q_v$  при  $200^\circ \text{C}$  для следующих реакций:



### Вариант 5

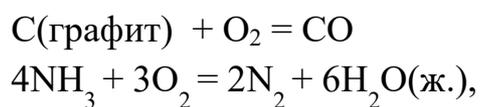
1. Один моль ксенона, находящийся при  $25^\circ \text{C}$  и 2 атм, расширяется адиабатически: а) обратимо до 1 атм, б) обратимо до 0,5 атм. Какой будет конечная температура в каждом случае? Рассчитайте работу в этих процессах.

2. Газ, расширяясь от 10 до 16 л при постоянном давлении 101,3 кПа, поглощает 126 Дж теплоты. Определите изменение внутренней энергии и энтальпии газа.

Объясните, почему для любой термодинамической системы  $C_p > C_v$ .

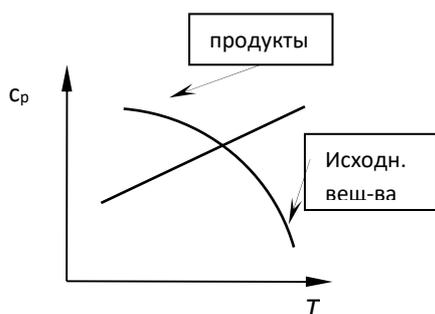
3. Закон Гесса и его следствия. Энтальпии сгорания. Энтальпии образования.

Определить разность между  $Q_p$  и  $Q_v$  при  $200^\circ \text{C}$  для следующих реакций:



4. 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 ( $\sum \nu_i C_{Pi}$ ) и продуктов ( $\sum \nu_j C_{Pj}$ ) от температуры имеют вид:



### Вопросы к собеседованию

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?
12. Что такое правило фаз? Приведите определения следующих понятий: фаза, составляющие вещества, компоненты, число степеней свободы.
13. На чем основан термический анализ? Какие методы термического анализа вы знаете?
14. Чем объясняются скачки температуры на кривых охлаждения?
15. Что такое эвтектика? Примените правило фаз к полученной вами диаграмме плавкости. Какие изменения происходят при охлаждении систем различного состава?
16. Какие упрощения вносят при построении плоских диаграмм состояния бинарных (двухкомпонентных) систем?
17. Что представляет собой треугольник Таммана и для определения какой величины он служит?
18. Что представляют собой диаграммы состояния? Каким системам они соответствуют?
19. 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?

20. Что называется криоскопической постоянной? Как можно экспериментально определить и теоретически рассчитать ее величину?
21. 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?
22. Какими соображениями необходимо руководствоваться при выборе растворителя для криоскопического метода определения молярной массы растворенного вещества?
23. Какие свойства растворов называются коллигативными? Перечислите их и напишите соответствующие уравнения.
24. Назовите методы определения молярных масс неэлектролитов и степени диссоциации, основанные на изучении свойств разбавленных растворов.
25. Изотонический коэффициент Вант-Гоффа, методы его определения. От чего зависит величина изотонического коэффициента?
26. Что такое поляризация и поляризуемость вещества? Какова связь между ними?
27. Назовите основные составляющие поляризации вещества.
28. Каковы особенности поляризации вещества в полях высокой частоты?
29. Что называется рефракцией вещества, от чего она зависит, какова ее размерность? Методы ее экспериментального определения?
30. Какую информацию о веществе можно получить, зная величину его молярной рефракции?
31. 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”?
32. Закон действия масс. Через какие величины можно выразить константу химического равновесия? Связь между константами равновесия, выраженными различными способами.
33. Каковы термодинамические и молекулярно-кинетические признаки равновесного состояния?
34. От чего зависит  $K_c$  и  $K_p$  реакции?
35. Сформулируйте принцип смещения химического равновесия.
36. Дайте определение понятия “фазовый переход”. Приведите примеры.
37. 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.

38. Что называется давлением насыщенного пара чистой жидкости? От чего оно зависит?
39. Как по зависимости  $P = f(T)$  определить при заданной температуре тепловой эффект испарения?
40. Понятие катализа. Общие принципы катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Теория промежуточных соединений.
41. 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?
42. 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.
43. Дайте определение идеального раствора. Каковы его основные признаки и при каких условиях он образуется?
44. Чем обусловлены положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля. Приведите примеры различных типов бинарных жидких неограниченно смешивающихся растворов.
45. Законы Коновалова-Гиббса. Поясните эти законы на диаграммах состав - температура кипения и состав - давление.
46. Можно ли рассчитать состав пара, находящегося в равновесии с идеальным раствором?
47. В чем состоит и для чего используется “правило рычага”?
48. Какие соотношения связывают изменения термодинамических функций  $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta S$ ?
49. С изменением какой термодинамической функции связана ЭДС гальванического элемента?
50. Каким образом, измеряя ЭДС гальванического элемента, можно рассчитать термодинамические функции реакций?
51. Напишите уравнение реакции, протекающей в гальваническом элементе.
52. Как связаны температурный коэффициент гальванического элемента и теплота процесса гальваническом элементе?
53. Можно ли ЭДС гальванического элемента измерять при помощи вольтметра? Если нет, то почему?
54. С какой из термодинамических величин связан температурный коэффициент ЭДС? Можно ли ее вычислять на основании таблиц стандартных величин для реакции, протекающей в стандартных условиях?

55. Может ли эндотермическая реакция быть источником работы в гальваническом элементе? Когда гальванический элемент работает с нагреванием, когда с охлаждением?

56. 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?

### **Вопросы для групповой дискуссии**

1. Принцип калориметрических измерений тепловых эффектов: типы калориметров, термометр Бекмана, тепловое значение калориметра и способы его определения, учет теплообмена с окружающей средой.
2. Какие реакции пригодны для термодимических измерений?
3. Что такое правило фаз? Приведите определения следующих понятий: фаза, составляющие вещества, компоненты, число степеней свободы.
4. На чем основан термический анализ? Какие методы термического анализа вы знаете?
5. Что представляет собой треугольник Таммана и для определения какой величины он служит?
6. Что представляют собой диаграммы состояния? Каким системам они соответствуют?
7. 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?

## **II. Письменные работы**

1. Тест (ПР-1) (Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося) - Фонд тестовых заданий.

2. Контрольная работа (ПР-2)(Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу) - Комплект контрольных заданий по вариантам.

3. Лабораторная работа (ПР -6) (Средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу) - Комплект лабораторных заданий представлен в приложении 3.

4. Творческие задания (ПР-13).

### **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 ( A ) 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**

5. ЭКСТЕНСИВНЫМИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) масса и энтропия
- 2) температура и масса
- 3) температура и энтропия

6. ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ГИББСА СВЯЗЫВАЕТ ИЗМЕНЕНИЕ ЭНЕРГИИ ГИББСА С ИЗМЕНЕНИЕМ ВЕЛИЧИНЫ:

- 1)  $Q, A$ , количества вещества
- 2)  $P, T$ , количества вещества
- 3)  $P, V, T$

7. МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА В АДИАБАТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ РАВНА:

- 1)  $-\Delta U$
- 2)  $\Delta U$
- 3) 0

8. ДАВЛЕНИЕ ПАРА ВЕЩЕСТВА НАД РАСТВОРОМ С УВЕЛИЧЕНИЕМ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВА

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

**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.

№ вариант а	Газ	$V_1 \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup>	$T_1$ , К	$P_2 \cdot 10^{-5}$ , Па	№ вариант а	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

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.

№ вариант	Реакция А	№ вариант	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	$2\text{CO} + \text{SO}_2 = \text{S}_{(\text{ромб})} + 2\text{CO}_2$

1. 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

На основании зависимости общего давления реакционной смеси от времени протекания реакции А при постоянном объеме  $1 \text{ м}^3$  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 полупревращения для реакции А.

#### Темы индивидуальных творческих заданий для презентаций

Выбрать любой из ниже перечисленных тем (по согласованию с преподавателем) и подготовиться к презентации. Составить план презентации по выбранной теме, согласованной с преподавателем.

#### 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 знаний умений и навыков при текущей проверке

*I. Оценка устных ответов:*

**Отметка "Отлично"**

1. Дан полный и правильный ответ на основе изученных теорий.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

**Отметка "Хорошо"**

- 1, 2, 3, 4 – аналогично отметке "Отлично".
5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию учителя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

**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.

*II. Оценка умения решать задачи:*

**Отметка "Отлично"**

1. В решении и объяснении нет ошибок.
2. Ход решения рациональный.
3. Если необходимо, решение произведено несколькими способами.
4. Допущены ошибки по невнимательности (оговорки, описки).

**Отметка "Хорошо"**

1. Существенных ошибок нет.
2. Допущены 1-2 несущественные ошибки или неполное объяснение, или использование 1 способа при заданных нескольких.

**Отметка "Удовлетворительно"**

1. Допущено не более одной существенной ошибки, записи неполны, неточности.
2. Решение выполнено с ошибками в математических расчетах.

**Отметка "Неудовлетворительно"**

1. Решение осуществлено только с помощью учителя.

2. Допущены существенные ошибки.

3. Решение и объяснение построены не верно.

*III. Оценка письменных работ:*

Критерии те же. Из оценок за каждый вопрос выводится средняя итоговая оценка за письменную работу.