



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

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
(подпись)

Реутов В.А.  
(Ф.И.О. рук. ОП)  
05 сентября 2017 г.



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

  
(подпись)

Реутов В.А.  
(Ф.И.О. зав. каф.)  
05 сентября 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

профиль «Технология химических и нефтеперерабатывающих производств»

**Форма подготовки очная**

курс 2 семестр 3  
лекции 36 час.  
практические занятия нет  
лабораторные работы 36 час.  
в том числе с использованием МАО лек. час/пр. - /лаб. 18 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.  
в том числе с использованием МАО 18 час.  
самостоятельная работа 72 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
контрольные работы (количество) 1  
курсовая работа/курсовой проект нет  
экзамен 3 семестр

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физической и аналитической химии ШЕН, протокол № 17 от «20» июня 2017 г.

Заведующий кафедрой д.х.н., профессор Кондриков Н.Б.  
Составитель: к.б.н., доцент Мягчилов А.В.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

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

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201 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

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

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

**Course title:** Analytical chemistry and physical-chemical methods of analysis

**Basic part of Block B1.B.4.2, 7 credits**

**Instructor:** Myagchilov A.V.

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

for the successful development of the course, a student should have knowledge and skills in general and inorganic chemistry, the basics of thermodynamics, mathematics and physics, also skills and ability to work with chemical literature, electronic databases are required.

**Learning outcomes:**

- the ability and willingness to use the basic laws of natural sciences in professional activities (GPC-1);
- ability and willingness to carry out the process in accordance with the regulations and use technical means to measure the main parameters of the process, the properties of raw materials and products (PC-1);
- ability to analyze raw materials, materials and finished products, to evaluate the results of the analysis (PC-10);
- the ability to plan and conduct physical and chemical experiments, process their results and evaluate errors, put forward hypotheses and set the boundaries of their application, apply methods of mathematical analysis and modeling, theoretical and experimental research (PC-19);
- willingness to conduct standard and certification testing of materials, products and technological processes (PC-20).

**Course description:** The content of the discipline covers a range of issues related to chemical equilibrium in homogeneous and heterogeneous systems. The concept of chemical equilibrium constants, the connection of chemical equilibrium constants. Consideration of the basic laws of equilibria and the course of the reactions: acid-base, oxidation-reduction, complexation and precipitation. Analyzed the theoretical foundations of titrimetric and gravimetric methods of analysis, the basic concepts of quantitative analysis. The main methods of separation and concentration of compounds are considered. In the second part of the discipline devoted to physicochemical methods of analysis, the theoretical and practical aspects of the following methods are considered: optical, electrochemical, and chromatographic. The possibilities of using the physicochemical properties of substances and the characteristics of processes for chemical and analytical purposes are analyzed.

### **Main course literature:**

1. Gus'kova, V. P. Analiticheskaya khimiya. Fiziko-khimicheskiye metody analiza: uchebnoye posobiye / V. P. Gus'kova i dr. – Kemerovo : KemTIPP (Kemerovskiy tekhnologicheskiy institut pishchevoy promyshlennosti), 2007. – 96 s.

EBS «Elanbook.com»:

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4591](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4591)

2 Drugov, YU. S. Probopodgotovka v ekologicheskom analize : prakticheskoye rukovodstvo / YU. S. Drugov, A. A. Rodin – M. : BINOM. Laboratoriya znaniy, 2009. – 855 s.

EK NB DVFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:277664&theme=FEFU>

3. Zagoskina, N. V. Fenol'nyye soyedineniya : fundamental'nyye i prikladnyye aspekty / Rossiyskaya akademiya nauk, Institut fiziologii rasteniy; otv. red : N. V. Zagoskina, E. B. Burlakova. – M. : Nauchnyy mir, 2010. – 399 s.

EK NB DVFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:404983&theme=FEFU>

4. Zenkevich, I. G. Analiticheskaya khimiya : uchebnik dlya vuzov . v 3 t. : t. 2 . Metody razdeleniya veshchestv i gibridnyye metody analiza / I. G. Zenkevich i dr. ; pod red. L. N. Moskvina. – M. : Akademiya , 2008. – 300 s.

EK NB DVFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:416081&theme=FEFU>

5. Moskvina, L. N. Metody razdeleniya i kontsentrirovaniya v analiticheskoy khimii / L. N. Moskvina, O. V. Rodinkov. Dolgoprudnyy : Intellect : 2012. – 348 s.

EK NB DVFU:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663913&theme=FEFU>

6. Kharitonov, YU. YA. Analiticheskaya khimiya. Analitika 1. Obshchiye teoreticheskiye osnovy. Kachestvennyy analiz : uchebnik / YU. YA. Kharitonov. – 6-ye izd., ispr. i dop. – M. : GEOTAR-Media, 2014. - 688 s.

EBS «Konsul'tant studenta»:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970429341.html>

7. Kharitonov, YU. YA. Analiticheskaya khimiya. Analitika 2. Kolichestvennyy analiz. Fiziko-khimicheskiye (instrumental'nyye) metody analiza : uchebnik / YU. YA. Kharitonov. – 6-ye izd., ispr. i dop. – M. : GEOTAR-Media, 2014. - 656 s.

EBS «Konsul'tant studenta»:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970429419.html>

8. Kharitonov, YU. YA. Analiticheskaya khimiya. Kolichestvennyy analiz. Fiziko-khimicheskiye metody analiza: praktikum: uchebnoye posobiye / YU. YA. Kharitonov, D. N. Dzhabarov, V. YU. Grigor'yeva. – M. : GEOTAR-Media, 2012. - 368 s.

EBS «Konsul'tant studenta»:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970421994.html>

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

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» разработана для бакалавров 2 курса направления 18.03.01 «Химическая технология» профиль «Технологии нефтеперерабатывающих и химических производств» в соответствии с требованиями ОС ВО ДВФУ по данному направлению.

Курс «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» относится к разделу Б1.Б.4.2 базовой части учебного плана. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и лабораторные занятия (36 час.), самостоятельная работа (72 час.), из них на экзамен (36 час). Дисциплина реализуется в 3 семестре 2 курса.

Дисциплина «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Неорганическая химия», «Органическая химия», в непосредственной связи с изучением дисциплин «Физика», «Математика», «Физическая химия» и другими химическими дисциплинами.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с химическим равновесием в гомогенных и гетерогенных системах. Понятием констант химического равновесия, связи констант химического равновесия. Рассмотрением основных закономерностей равновесий и протекания реакций: кислотно-основных, окислительно-восстановительных, комплексообразования и осаждения. Анализируются теоретические основы титриметрических и гравиметрических методов анализа, основные понятия количественного анализа. Рассматриваются основные методы разделения и концентрирования соединений. Во второй части дисциплины, посвященной физико-химическим методам анализа, рассматриваются теоретические и практические аспекты следующих методов: оптических, электрохимических и хроматографических. Анализируются возможности использования физико-химических свойств веществ и характеристик процессов в химико-аналитических целях.

Для успешного освоения курса необходимы знания и умения по общей и неорганической химии, основам термодинамики, математике и физике, навыки и умение работать с химической литературой, электронными базами данных.

**Цель дисциплины:** Формирование практических и теоретических систематических знаний в области качественного и количественного анализа, исследования состава вещества современными химическими и физико-химическими методами.

### Задачи дисциплины:

- Формирование у студентов знаний о современном состоянии теории химического анализа; тенденций и направления развития аналитической химии и аналитической службы; методик определения качественного состава и количественного содержания компонентов в анализируемом объекте; об основных методах качественного и количественного анализа; об основных тенденциях в развитии методов анализа.

- Формирование химических, а также обще-познавательных умений: проводить литературный поиск методик анализа различных объектов; Выполнять самостоятельно определения отдельных компонентов в анализируемом объекте, работать на приборах, используемых в серийных аналитических определениях в лабораториях; обрабатывать результаты аналитического эксперимента; выявлять и оценивать случайные ошибки аналитического определения; использовать метрологические характеристики для представления полученного материала.

- Формирование естественнонаучного мировоззрения, навыков обработки полученных аналитических данных с помощью вспомогательных компьютерных программ (редакторы химических формул, данных хроматографии, спектроскопии и т.д.)

Курсу «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» предшествуют все необходимые для его понимания курсы бакалавриата и практические навыки. Для успешного изучения дисциплины «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: способность к самоорганизации и самообразованию; навыки работы с химической посудой, умение работать с химической литературой, электронными базами данных, умение работать с химическими программами по обработке данных физико-химического исследования вещества, проводить расчеты.

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

| Код и формулировка компетенции  | Этапы формирования компетенции |  |
|---|--------------------------------|--|
| ОПК-1<br>способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | Знает                          | основные положения теории ионных равновесий применительно к реакциям кислотно-основного, окислительно-восстановительного, осадительного и комплексометрического характера;                         |
|   | Умеет                          | проводить соответствующие расчеты и готовить растворы заданной концентрации, рассчитывать рН растворов солей, оснований, кислот;<br>готовить и стандартизировать растворы аналитических реагентов. |

|  |         |  |
|--|---------|--|
|  | Владеет | навыками приготовления растворов заданной концентрации, определения рН растворов солей, оснований, кислот;   |
| ПК-1<br>способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции  | Знает   | основные понятия и законы, лежащие в основе аналитической химии.   |
|  | Умеет   | успешное и систематическое умение подбирать, переводить и реферировать литературу по аналитической химии, обрабатывать и интерпретировать полученные в результате эксперимента данные, определять тенденции и формулировать предложения по организации работ |
|  | Владеет | успешное и систематическое применение практических навыков основами планирования, организации и проведения эксперимента, представления экспериментальных данных, регистрации и обработки результатов анализа   |
| ПК-10<br>способностью проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа  | Знает   | современные методы обработки и представления результатов анализа   |
|  | Умеет   | представлять полученные в результате анализа результаты. Обобщать и делать выводы по проделанной работе  |
|  | Владеет | навыками владения современными средствами обработки и хранения данных. Современным программы обеспечением методов статистических и метрологических расчетов.   |
| ПК-19<br>способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | Знает   | основные химические и физико-химические методы анализа, их сущность, теоретические основы; метрологические характеристики методов анализа.   |
|  | Умеет   | осуществлять химический эксперимент, анализировать и интерпретировать полученные результаты анализа.   |
|  | Владеет | основными химическими и физико-химическими методами анализа (титриметрия, гравиметрия, спектрофотометрия);<br>навыками работы на приборах для инструментального анализа.   |
| ПК-20<br>готовностью проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов  | Знает   | Сформированные и систематические знания основных принципов планирования, организации и проведения эксперимента и представления экспериментальных данных, регистрации и обработки результатов анализа   |
|  | Умеет   | Успешное и систематическое умение практически планировать, организовывать и проводить эксперимент, представлять экспериментальные данные, регистрировать и обрабатывать результаты анализа   |
|  | Владеет | Успешное и систематическое применение практических навыков основами планирования, организации и проведения эксперимента, представления экспериментальных данных, регистрации и обработки результатов анализа   |



Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» применяется следующий метод активного обучения: работа в малой группе.

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

### **Модуль I. Химические методы количественного анализа (24 час.)**

#### **Раздел I. Химическое равновесие, константы химического равновесия (13 час.)**

##### **Тема 1. Химическое равновесие, константы химического равновесия для идеальных и реальных систем, связь констант равновесия (2 час.)**

Химическое равновесие. Определение констант химического равновесия для идеальных систем. Определение констант химического равновесия для реальных систем. Связь констант равновесия.

##### **Тема 2. Протолитическое равновесие в водных растворах, его количественная характеристика (2 час.)**

Протолитическое равновесие в водных растворах. Количественная характеристика протолитического равновесия.

##### **Тема 3. Вычисление рН протолитов. Буферные системы, универсальные буферные смеси (1 час)**

Расчет рН протолитических систем. Буферные системы, универсальные буферные смеси и их свойства.

##### **Тема 4. Равновесие осадок – раствор, его количественная характеристика. Факторы, влияющие на процессы осаждения-растворения. Влияние одноименного иона, рН, комплексообразования (3 час.)**

Количественная характеристика равновесия осадок-раствор. Процессы осаждения-растворения и факторы, влияющие на них (одноименный ион, рН, комплексообразование).

##### **Тема 5. Расчет условий дробного и группового осаждения и растворения осадков (1 час)**

Понятие дробного и группового осаждения и растворения осадков. Правила расчета условий дробного и группового осаждения и растворения осадков.

##### **Тема 6. Равновесие окисления – восстановления, его количественные характеристики: стандартные, реальные и формальные редокси-потенциалы (1 час)**

Равновесие процессов окисления-восстановления. Количественные характеристики кислотно-основного равновесия (стандартные, реальные и формальные редокси-потенциалы)

**Тема 7. Факторы, влияющие на редокси-потенциал системы. Константы реакций окисления - восстановления (1 час)**

Редокси-потенциал системы и факторы, влияющие на него. Расчет констант реакций окисления-восстановления.

**Тема 8. Равновесие комплексообразования, его количественная характеристика. Влияние рН на процессы комплексообразования (1 час)**

Количественная характеристика равновесия комплексообразования. Количественные характеристики устойчивости комплексных соединений - общие и ступенчатые константы устойчивости. Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии и их характеристики. Влияние рН на процессы комплексообразования.

**Тема 9. Избирательность реакций комплексообразования. Органические реагенты в реакциях комплексообразования (1 час)**

Избирательность реакций комплексообразования. Органические реагенты в реакциях комплексообразования.

**Раздел II. Титриметрические методы анализа (10 час.)**

**Тема 1. Методы редоксиметрии: возможности, ограничения, кривые титрования, индикаторы, индикаторные ошибки (2 час.)**

Методы редоксиметрии: перманганатометрия, иодометрия, хроматометрия, броматометрия, нитритометрию. Возможности, ограничения, кривые титрования, индикаторы, индикаторные ошибки.

**Тема 2. Методы протолитометрии: возможности, ограничения, кривые титрования, индикаторы, индикаторные ошибки (4 час.)**

Методы протолитометрии: ацидиметрия, алкалиметрия. Возможности, ограничения, кривые титрования, индикаторы, индикаторные ошибки.

**Тема 3. Методы комплексонометрии (4 час.)**

Методы комплексонометрии: возможности, ограничения, кривые титрования, индикаторы, индикаторные ошибки.

**Раздел III. Гравиметрические методы анализа (1 час)**

**Тема 1. Гравиметрия (1 час)**

Гравиметрия. Характеристика методов гравиметрического анализа. Условия осаждения кристаллических и аморфных осадков. Расчеты в гравиметрии

**Модуль II. Физико-химические методы анализа (12 час.)**

**Раздел I. Спектроскопические методы анализа (4 час.)**

**Тема 1. Классификация физико-химических методов анализа по способу получения аналитического сигнала (1 час)**

Классификация физико-химических методов анализа по способу получения аналитического сигнала. Методы количественных расчетов.

**Тема 2. Основы методов молекулярной спектроскопии (1 час)**

Основы методов молекулярной спектроскопии. Закон Бугера-Ламберта-Бера, спектры поглощения.

**Тема 3. Отклонения от основного закона светопоглощения (1 час)**

Отклонения от основного закона светопоглощения. Анализ многокомпонентных систем.

**Тема 4. Спектрофотометрическое титрование (1 час)**

Спектрофотометрическое титрование. Виды кривых титрования. Титрование с индикатором.

**Раздел II. Электрохимические методы анализа (8 час.)**

**Тема 1. Основы методов. Методы прямой потенциометрии (2 час.)**

Основы электрохимических методов анализа. Методы прямой потенциометрии.

**Тема 2 Потенциометрическое титрование (1 час)**

Потенциометрический метод титрования. Виды потенциометрического титрования.

**Тема 3. Кулонометрические методы (2 час.)**

Кулонометрические методы. Прямая и косвенная кулонометрия.

**Тема 4. Вольтамперометрические методы анализа (2 час.)**

Вольтамперометрические методы анализа. Методы вольтамперометрии и амперометрического титрования.

**Тема 5. Полярография (1 час)**

Полярография. Уравнение Гейровского, использование полярографии в анализе.

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

**Лабораторные работы (36 час.)**

**Лабораторная работа №1. Аналитические реакции катионов s-элементов (2 час.)**

**Лабораторная работа №2. Аналитические реакции катионов d-элементов (2 час.)**

**Лабораторная работа №3. Анализ смеси катионов d-элементов дробным методом (2 час.)**

**Интерактивная форма: работа в малых группах (4 час.)**

**Лабораторная работа №4. Аналитические реакции р-элементов и анионов (2 час.)**

**Лабораторная работа №5. Анализ смеси р- и d-элементов кислотным методом (2 час.)**

**Интерактивная форма: работа в малых группах (6 час.)**

**Контрольная работа №1. Контрольное занятие №1 (2 час.)**

**Лабораторная работа №6. Протолитометрия, количественное определение  $\text{CO}_3^{2-}$  в растворе (2 час.)**

**Интерактивная форма: работа в малых группах (4 час.)**

**Лабораторная работа №7. Дихроматометрия, количественное определение  $\text{Fe}^{2+}$  в растворе (2 час.)**

**Лабораторная работа №8. Иодиметрия, количественное определение  $\text{Cu}^{2+}$  в растворе (2 час.)**

**Интерактивная форма: работа в малых группах (4 час.)**

**Лабораторная работа №9. Комплексонометрия, количественное определение  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  при совместном присутствии (2 час.)**

**Лабораторная работа №10. Комплексонометрия. Количественное определение  $\text{Al}^{3+}$  методом обратного титрования (2 час.)**

**Лабораторная работа №11. Аргентометрия. Количественное определение  $\text{Br}^-$  в растворе (2 час.)**

**Контрольная работа №2. Контрольное занятие №2 (2 час.)**

**Лабораторная работа №12. Определение элементов в растворе методом градуировочного графика (2 час.)**

**Лабораторная работа №13. Фотометрическое титрование. Количественное определение  $\text{Fe}^{3+}$  в растворе (2 час.)**

**Лабораторная работа №14. Определение  $\text{Cl}^-$  в растворе методом прямой потенциометрии (2 час.)**

**Лабораторная работа №15. Потенциометрическое титрование хромовой кислоты (2 час.)**

**Контрольная работа №3. Контрольное занятие №3 (2 час.)**

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «аналитическая химия и физико-химические методы анализа» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

| № п/п | Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины        | Коды и этапы формирования компетенций |         | Оценочные средства  |                                |
|-------|---|---------------------------------------|---------|---|--------------------------------|
|       |   |                                       |         | текущий контроль  | промежуточная аттестация       |
| 1     | Химическое равновесие, константы химического равновесия | ОПК-1                                 | Знает   | Выполнение домашнего задания №1-6,8,10<br>Устный опрос по лабораторной работе № 1-6 (УО-1).<br>Контрольные работы 1, 2 (ПР-2)     | Экзаменационные вопросы № 1-10 |
|       |   |                                       | Умеет   | Выполнение домашнего задания №1-6, 7, 8,10<br>Устный опрос по лабораторной работе № 1-6 (УО-1).<br>Контрольные работы 1, 2 (ПР-2) | Экзаменационные вопросы № 1-10 |
|       |   |                                       | Владеет | Выполнение домашнего задания №1-6, 7, 8,10<br>Устный опрос по лабораторной работе № 1-6 (УО-1).<br>Контрольные работы 1, 2 (ПР-2) | Экзаменационные вопросы № 1-10 |

|   |                                  |                                 |         |   |                                 |
|---|----------------------------------|---------------------------------|---------|---|---------------------------------|
| 2 | Титриметрические методы анализа  | ПК-1<br>ПК-10<br>ПК-19<br>ПК-20 | Знает   | Выполнение домашнего задания №7-11<br>Устный опрос по лабораторной работе № 7-11 (УО-1).<br>Контрольная работа 2 (ПР-2)   | Экзаменационные вопросы № 11-16 |
|   |                                  |                                 | Умеет   | Выполнение домашнего задания №7-11<br>Устный опрос по лабораторной работе № 7-11 (УО-1).<br>Контрольная работа 2 (ПР-2)   | Экзаменационные вопросы № 11-16 |
|   |                                  |                                 | Владеет | Выполнение домашнего задания №7-11<br>Устный опрос по лабораторной работе № 7-11 (УО-1).<br>Контрольная работа 2 (ПР-2)   | Экзаменационные вопросы № 11-16 |
| 3 | Физико-химические методы анализа | ПК-1<br>ПК-10<br>ПК-19<br>ПК-20 | Знает   | Выполнение домашнего задания №12-15<br>Устный опрос по лабораторной работе № 12-15 (УО-1).<br>Контрольная работа 3 (ПР-2) | Экзаменационные вопросы № 17-24 |
|   |                                  |                                 | Умеет   | Выполнение домашнего задания №12-15<br>Устный опрос по лабораторной работе № 12-15 (УО-1).                                | Экзаменационные вопросы № 17-24 |

|  |  |  |         |   |                                 |
|--|--|--|---------|---|---------------------------------|
|  |  |  |         | Контрольная работа 3 (ПР-2)   |                                 |
|  |  |  | Владеет | Выполнение домашнего задания №12-15<br>Устный опрос по лабораторной работе № 12-15 (УО-1).<br>Контрольная работа 3 (ПР-2) | Экзаменационные вопросы № 17-24 |

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

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

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье. - Москва : Альянс, 2013. - 447 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:720634&theme=FEFU>

2. Гуськова, В.П. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Гуськова, Л.С. Сизова, Н.В. Юнникова [и др.]. — Электрон. дан. — Кемерово : КемТИПП (Кемеровский технологический институт пищевой промышленности), 2007. — 96 с. ил.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4591](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4591)

3. Аналитическая химия. Аналитика 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ : учебник / Ю. Я. Харитонов. - 6-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 688 с.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970429341.html>

4. Аналитическая химия. Аналитика 2. Количественный анализ.

Физико-химические (инструментальные) методы анализа : учебник / Ю. Я. Харитонов. - 6-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 656 с.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970429419.html>

5. Аналитическая химия. Количественный анализ. Физико-химические методы анализа: практикум: учебное пособие. Харитонов Ю.Я., Джабаров Д.Н., Григорьева В.Ю. 2012. - 368 с.: ил.

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970421994.html>

### **Дополнительная литература** (электронные и печатные издания)

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учебник для вузов/Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова, М.: Высш. шк., 2002. – 503 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:232054&theme=FEFU>

2. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа: Учебник для вузов/Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова, М.: Высш. шк., 2002. – 361 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:232054&theme=FEFU>

3. Основы аналитической химии. Практическое руководство : учебное пособие для вузов /Ю. А. Барбалат, Г. Д. Брыкина, А. В. Гармаш и др. ; под ред. Ю. А. Золотова. – М. Высшая школа. 2002. 463 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:4793&theme=FEFU>

4. Отто, М. Современные методы аналитической химии (в 2-х томах). Том 1. – М.: Техносфера, 2004. – 416 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:7729&theme=FEFU>

5. Золотарь, Р. Н. Методы идентификации ионов в растворах. Учебное пособие. Изд-во ДВГУ. Владивосток. 2005.0 – 89 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:231955&theme=FEFU>

6. Золотарь, Р. Н. Ионные равновесия в растворах, учебно-методическое пособие. Изд-во ДВГУ, Владивосток, 2000. – 146 с.

ЭК НБ ДВФУ:



<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:12285&theme=FEFU>

7. Золотарь, Р. Н., Л.И. Соколова. Ионные равновесия в растворах. Справочные таблицы. Учебное пособие./ Р. Н. Золотарь, Л.И. Соколова. – Изд-во ДВГУ, Владивосток. 2005. - 78 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:237183&theme=FEFU>

8. Л. И. Соколова. Тестовые задания по аналитической химии для студентов химического факультета ДВГУ: Учебное пособие. / Соколова Л. И – Владивосток.: издательство Дальневосточного университета. 2003. – 22 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:263049&theme=FEFU>

9. Маринина, Г. И. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа. Практическое руководство : учебно-методическое пособие для химического факультета /Г. И. Маринина, Е. Ф. Радаев, Н. Г. Хузятова. Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета, 2004. - 56 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:6426&theme=FEFU>

10. Ширкин Л.А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды: учебное пособие / авт.-сост.:Л.А. Ширкин; Владим. гос. ун-т. - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. - 65 с.

Единое окно доступа к информационным ресурсам онлайн:

<http://window.edu.ru/resource/344/77344>

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

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

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

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

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

5. Поисковая система печатных материалов. Сайт Scopus: <http://www.scopus.com>

### **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**

Приступить к освоению дисциплины следует в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы учебной дисциплины (РПУД). Обратите внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, результаты которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все аудиторные и самостоятельные задания необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с планом-графиком.

### **Использование материалов учебно-методического комплекса**

Для успешного освоения дисциплины следует использовать содержание разделов учебно-методического комплекса дисциплины (УМКД): рабочей программы, лекционного курса, материалов практических занятий, методических рекомендаций по организации самостоятельной работы студентов, глоссария, перечня учебной литературы и других источников информации, контрольно-измерительных материалов (тесты, опросы, вопросы зачета), а также дополнительных материалов.

### **Рекомендации по подготовке к лекционным и практическим занятиям**

Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний.

При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники. В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений само-

стоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

При подготовке к текущему контролю использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

При подготовке к промежуточной аттестации, использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

### **1. Подготовка отчета по лабораторной работе**

По каждой выполненной работе в рабочей тетради составляют отчет, руководствуясь следующими положениями:

- 1) указать название и порядковый номер лабораторной работы;
- 2) схемы, графики и таблицы чертить с соблюдением принятых стандартных условий обозначений;
- 3) отчет по каждой лабораторной работе должен содержать краткое изложение теории, цель работы, используемое оборудование и реактивы, основные выводы.

### **2. Подготовка к контрольным занятиям**

При подготовке к сдаче коллоквиумов воспользуйтесь материалами лекций и рекомендованной литературой.

### **3. Выполнение домашнего задания**

Выполнение домашней работы включает решение типовых задач из методического пособия представлены в Приложении II.

### **4. Подготовка к контрольной работе**

Подготовиться к решению расчетных задач. Решить задачи для самостоятельного решения из методического пособия. Задачи для самостоятельного решения представлены в Приложении II.

### **5. Подготовка к экзамену**

Основной формой учета (контроля) успеваемости и знаний студентов является экзамен. Экзамен предусматривает следующую цель: оценить знания студента по предмету, их прочность, развитие творческого мышления, приобретенные навыки самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их на практике и т.п. Готовиться к экзамену необходимо в течение всего учебного времени, т.е. с первого дня очередного семестра: вся работа студента на лабораторных работах - это этапы подготовки студента к

экзамену. Экзамен выставляется по результатам выполнения лабораторных работ и устного экзамена.

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

Проведение лекций с использованием мультимедийной аппаратуры для демонстрации иллюстративного материала; тестирование студентов в системе WebRate.

Имеющаяся материальная база обеспечивает выполнение занятий по курсу химическими реактивами, лабораторной посудой, учебно-научным и научным оборудованием в соответствии с реализуемой программой.

Выполнение работ по физико-химическим методам анализа обеспечивается спектрофотометрами «Юника» и «SHIMADZU-1200», по хроматографии и физическим методам исследования: газовые хроматографы с пламенно – ионизационным детектором и детектором по теплопроводности, ИК-Фурье спектрофотометр Vertex 70 с приставкой комбинационного рассеивания RAM II и ИК- микроскопом Hyperion 1000 (Bruker), ИК-Фурье спектрометр Spektrum BX (Perkin Elmer), двулучевой сканирующий спектрофотометр УФ\видимого диапазона Cintra 5 (JBC Scientific equipment), атомно-абсорбционный спектрофотометр "Shimadzu" AA-6601.



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 «Аналитическая химия и физико-химические методы  
анализа»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
профиль «Технологии химических и нефтеперерабатывающих производств»  
Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2017**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

| № п/п | Дата/ сроки выполнения, неделя | Вид самостоятельной работы                  | Примерные нормы времени на выполнение, час | Форма контроля   |
|-------|--------------------------------|---|--|------------------|
| 1     | 1                              | Подготовка отчета по лабораторной работе №1 | 1  | Письменный отчет |
| 2     | 1                              | Выполнение домашнего задания №1             | 1  | Письменный отчет |
| 3     | 2                              | Подготовка отчета по лабораторной работе №2 | 1  | Письменный отчет |
| 4     | 2                              | Выполнение домашнего задания №2             | 1  | Письменный отчет |
| 5     | 3                              | Подготовка отчета по лабораторной работе №3 | 1  | Письменный отчет |
| 6     | 3                              | Выполнение домашнего задания №3             | 1  | Письменный отчет |
| 7     | 4                              | Подготовка отчета по лабораторной работе №4 | 1  | Письменный отчет |
| 8     | 4                              | Выполнение домашнего задания №4             | 1  | Письменный отчет |
| 9     | 5                              | Подготовка отчета по лабораторной работе №5 | 1  | Письменный отчет |
| 10    | 5                              | Выполнение домашнего задания №5             | 1  | Письменный отчет |
| 11    | 6                              | Подготовка отчета по лабораторной работе №6 | 1  | Письменный отчет |
| 12    | 6                              | Выполнение домашнего задания №6             | 1  | Письменный отчет |
| 13    | 7                              | Подготовка к контрольной работе №1          | 2  | Письменный отчет |
| 14    | 8                              | Подготовка отчета по лабораторной работе №7 | 1  | Письменный отчет |
| 15    | 8                              | Выполнение домашнего задания №7             | 1  | Письменный отчет |
| 16    | 9                              | Подготовка отчета по лабораторной работе №8 | 1  | Письменный отчет |
| 17    | 9                              | Выполнение домашнего задания №8             | 1  | Письменный отчет |
| 18    | 10                             | Подготовка отчета по лабораторной           | 1  | Письмен-         |

|    |    |  |    |                  |
|----|----|--|----|------------------|
|    |    | работе №9                                    |    | ный отчет        |
| 19 | 10 | Выполнение домашнего задания №9              | 1  | Письменный отчет |
| 20 | 11 | Подготовка отчета по лабораторной работе №10 | 1  | Письменный отчет |
| 21 | 11 | Выполнение домашнего задания №10             | 1  | Письменный отчет |
| 22 | 12 | Подготовка отчета по лабораторной работе №11 | 1  | Письменный отчет |
| 23 | 12 | Выполнение домашнего задания №11             | 1  | Письменный отчет |
| 24 | 13 | Подготовка к контрольной работе №2           | 2  | Письменный отчет |
| 25 | 15 | Подготовка отчета по лабораторной работе №12 | 1  | Письменный отчет |
| 26 | 15 | Выполнение домашнего задания №12             | 1  | Письменный отчет |
| 27 | 15 | Подготовка отчета по лабораторной работе №13 | 1  | Письменный отчет |
| 28 | 15 | Выполнение домашнего задания №13             | 1  | Письменный отчет |
| 29 | 16 | Подготовка отчета по лабораторной работе №14 | 1  | Письменный отчет |
| 30 | 16 | Выполнение домашнего задания №14             | 1  | Письменный отчет |
| 31 | 16 | Подготовка отчета по лабораторной работе №15 | 1  | Письменный отчет |
| 32 | 16 | Выполнение домашнего задания №15             | 1  | Письменный отчет |
| 33 | 17 | Подготовка к контрольной работе №3           | 2  | Письменный отчет |
| 34 | 18 | Подготовка к экзамену                        | 36 | Экзамен          |

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

#### ***Выполнение домашнего задания***

Выполнение домашней работы включает решение типовых задач из методического пособия. Для решения задач необходимо ознакомиться с материалом лекции, а затем с материалами из основной и дополнительной литературы.

### Задачи для самостоятельного решения:

1. Сколько граммов хлористого аммония потребуется для приготовления 1,6 кг 10%-ного раствора?
2. Чему равен эквивалент серной кислоты в реакциях: а) полной нейтрализации; б) неполной нейтрализации; в) восстановления – до сернистого газа?
3. Чему равен эквивалент азотной кислоты в реакциях: а) нейтрализации; б) её восстановления до двуоксида азота; - до окиси азота; - до соединений аммиака?
4. Найти процентную концентрацию 15 N раствора аммиака, если плотность его составляет 0,9.
5. Сколько граммов 36%-ной соляной кислоты потребуется для приготовления 5,0 л 0,2 N раствора?
6. Сколько миллилитров 0,1 N раствора фосфорной кислоты можно приготовить из 10 мл. раствора, имеющего плотность 1,14?
7. Вычислите ионную силу раствора, содержащего в 1 л 0,01 моль хлорида бария и 0,1 моль нитрата калия.
8. Вычислите ионную силу раствора и активность ионов в растворе, содержащем в 1 л 0,01 моль хлорида железа (III) и 0,01 моль нитрата бария.
9. Чему равна процентная концентрация раствора, полученного растворением 7,5 г нитрата натрия в 42,5 г воды?
10. Чему равен эквивалент серной кислоты в реакциях: а) полной нейтрализации; б) неполной нейтрализации; в) восстановления – до сернистого газа?
11. Чему равен эквивалент азотной кислоты в реакциях: а) нейтрализации; б) её восстановления до двуоксида азота; - до окиси азота; - до соединений аммиака?
12. Сколько граммов азотной кислоты (плотность 1,4) потребуется для приготовления 3000 мл 2,00 N раствора?
13. Сколько граммов 36%-ной соляной кислоты потребуется для приготовления 5,0 л 0,2 N раствора?
14. Сколько миллилитров 0,1 N раствора фосфорной кислоты можно приготовить из 10 мл. раствора, имеющего плотность 1,14?
15. Вычислите ионную силу раствора, содержащего в 1 л 0,01 моль хлорида кальция и 0,1 моль сульфата натрия.
16. Вычислите ионную силу и активность ионов в растворе, содержащем в 1 л 0,001 моль сульфата натрия.
17. Рассчитать pH:
  - а) 0.2 M раствора муравьиной кислоты;
  - б) 0,1 M раствора мышьяковой кислоты;
  - в) 0,01 M раствора фосфата натрия;



- г) 0,01 М раствора гидрофосфата натрия;
- д) 0,1 М раствора цианида натрия;
- е) 0,01 М раствора ацетата аммония;
- ж) 0,02 М раствора хлорида аммония.

18. Сколько миллилитров серной кислоты ( $\rho = 1,835 \text{ г/см}^3$ ) требуется для приготовления 2,5 л 0,2 н. раствора?

19. Нормальность раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  была установлена по карбонату кальция, содержащему 91,90%  $\text{CaCO}_3$  без примеси других оснований. К навеске 0,6724 г добавили 29,87 мл кислоты и избыток ее оттитровали 10,27 мл раствора  $\text{NaOH}$  (1 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эквивалентен 1,024 мл  $\text{NaOH}$ ). Вычислить нормальность  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaOH}$ .

20. До какого объема нужно довести раствор, в котором содержится 1,530 г  $\text{NaOH}$ , чтобы на титрование 20,00 мл раствора израсходовать 14,70 мл  $\text{HCl}$  ( $T_{\text{HCl}} = 0,003800$ )?

21. Построить кривые титрования и подобрать индикаторы для титрования: 0,1 М  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0,1 н. раствором  $\text{NaOH}$ .

22. Рассчитать индикаторную ошибку титрования 0,01 н.  $\text{HCl}$  0,01 н. раствором  $\text{NaOH}$  с фенолфталеином ( $pT=9$ ).

23. Пробу соли аммония в 1,000 г обработали избытком концентрированного раствора  $\text{NaOH}$ . Выделившийся аммиак был поглощен 50,00 мл 1,0720 н.  $\text{HCl}$ . Избыток кислоты был оттитрован 25,40 мл раствора  $\text{NaOH}$  ( $T_{\text{NaOH}} = 0,004120$ ). Вычислить процентное содержание  $\text{NH}_3$  в образце.

24. Вычислить нормальность и титр раствора  $\text{HCl}$ , если на титрование 0,4217 г буры израсходовано 17,50 мл этой кислоты.

25. Навеску 0,5341 г щелочи, содержащей 92%  $\text{NaOH}$  и 8% индифферентных примесей, растворили в мерной колбе емкостью 100 мл. Определить нормальность и титр  $\text{HCl}$ ,  $T_{\text{HCl/NaOH}}$ , если на титрование 15,00 мл раствора  $\text{NaOH}$  израсходовали 19,50 мл кислоты.

26. Построить кривые титрования и подобрать индикаторы для титрования: 0,3 н.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$  0,3 н. раствором  $\text{HCl}$ .

27. Вычислить индикаторную ошибку титрования 0,2 н.  $\text{HCl}$  0,2 н. раствором  $\text{NaOH}$  с метиловым красным ( $pT=5$ ).

28. Определить постоянную жесткость воды, если к 100 мл исследуемой воды прибавили 20,00 мл раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ( $T_{\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{CaO}} = 0,003000$ ) и после фильтрования осадка карбонатов кальция и магния избыток  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  оттитровали 17,30 мл раствора  $\text{HCl}$  (20,00 мл раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эквивалентны 21,00 мл раствора  $\text{HCl}$ ).

29. Проба для анализа представляет собой смесь х. ч.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и х. ч.  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Для нейтрализации 0,1000 г этой смеси до  $\text{CO}_2$  израсходовали 22,00 мл

раствора HCl. Определить нормальность кислоты, если содержание  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в смеси 37,00%.

30. Рассчитать нормальную концентрацию дихромата калия в растворе и его титр, если в 500,0 мл раствора содержится 1,2230 г соли.

31. Вычислить массу навески дихромата калия, необходимую для приготовления 250,0 мл раствора с нормальной концентрацией 0,1000 моль/л.

32. В каком объеме раствора содержится 0,2783 г бромата калия, если нормальная концентрация соли в этом растворе равна 0,0500 моль/л.

33. Образец металлического железа массой 1,0132 г растворили в серной кислоте и получили 250,0 мл раствора. Аликвотную долю объемом 10,00 мл оттитровали раствором дихромата калия с нормальной концентрацией 0,0750 моль/л. Вычислить массовую долю примесей в % в образце железа, если на титрование было затрачено 9,58 мл раствора титранта.

### **Требования к представлению и оформлению расчетных задач**

Решение задач проводится студентами индивидуально и оценивается по пятибалльной системе.

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

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

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

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

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

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

#### *Оформление решенных задач.*

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;

- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

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

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

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

### **Критерии оценки выполнения расчетных задач**

Оценка «Отлично»

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

Оценка «Хорошо»

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

Оценка «Удовлетворительно»

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

В) Неточности в ответах нескольких этапов задачи.

Г) Грамотное оформление.

Оценка «Неудовлетворительно»

А) Программа не выполнена полностью.

Б) Ответы неверны на всех этапах задачи.

В) Неграмотное оформление.



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

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы  
анализа»  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
профиль «Технологии химических и нефтеперерабатывающих и производств»  
Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2017**

## Паспорт ФОС

| Код и формулировка компетенции  | Этапы формирования компетенции |  |
|---|--------------------------------|--|
| ОПК-1 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности  | Знает                          | основные положения теории ионных равновесий применительно к реакциям кислотно-основного, окислительно-восстановительного, осадительного и комплексометрического характера;   |
|   | Умеет                          | проводить соответствующие расчеты и готовить растворы заданной концентрации, рассчитывать рН растворов солей, оснований, кислот;<br>готовить и стандартизировать растворы аналитических реагентов.   |
|   | Владеет                        | навыками приготовления растворов заданной концентрации, определения рН растворов солей, оснований, кислот;   |
| ПК-1 способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции  | Знает                          | основные понятия и законы, лежащие в основе аналитической химии.   |
|   | Умеет                          | успешное и систематическое умение подбирать, переводить и реферировать литературу по аналитической химии, обрабатывать и интерпретировать полученные в результате эксперимента данные, определять тенденции и формулировать предложения по организации работ |
|   | Владеет                        | успешное и систематическое применение практических навыков основами планирования, организации и проведения эксперимента, представления экспериментальных данных, регистрации и обработки результатов анализа   |
| КП-10 способностью проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа  | Знает                          | современные методы обработки и представления результатов анализа   |
|   | Умеет                          | представлять полученные в результате анализа результаты. Обобщать и делать выводы по проделанной работе  |
|   | Владеет                        | навыками владения современными средствами обработки и хранения данных. Современным программным обеспечением методов статистических и метрологических расчетов.   |
| ПК-19 способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | Знает                          | основные химические и физико-химические методы анализа, их сущность, теоретические основы; метрологические характеристики методов анализа.   |
|   | Умеет                          | осуществлять химический эксперимент, анализировать и интерпретировать полученные результаты анализа.   |
|   | Владеет                        | основными химическими и физико-химическими методами анализа (титриметрия, гравиметрия, спектрофотометрия);<br>навыками работы на приборах для инструментального анализа.   |

|  |         |  |
|--|---------|--|
| ПК-20 готовностью проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов | Знает   | Сформированные и систематические знания основных принципов планирования, организации и проведения эксперимента и представления экспериментальных данных, регистрации и обработки результатов анализа         |
|  | Умеет   | Успешное и систематическое умение практически планировать, организовывать и проводить эксперимент, представлять экспериментальные данные, регистрировать и обрабатывать результаты анализа                   |
|  | Владеет | Успешное и систематическое применение практических навыков основами планирования, организации и проведения эксперимента, представления экспериментальных данных, регистрации и обработки результатов анализа |

| № п/п | Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины        | Коды и этапы формирования компетенций |         | Оценочные средства  |                                |
|-------|---|---------------------------------------|---------|---|--------------------------------|
|       |   |                                       |         | текущий контроль  | промежуточная аттестация       |
| 1     | Химическое равновесие, константы химического равновесия | ОПК-1                                 | Знает   | Выполнение домашнего задания №1-6,8,10<br>Устный опрос по лабораторной работе № 1-6 (УО-1).<br>Контрольные работы 1, 2 (ПР-2)     | Экзаменационные вопросы № 1-10 |
|       |   |                                       | Умеет   | Выполнение домашнего задания №1-6, 7, 8,10<br>Устный опрос по лабораторной работе № 1-6 (УО-1).<br>Контрольные работы 1, 2 (ПР-2) | Экзаменационные вопросы № 1-10 |
|       |   |                                       | Владеет | Выполнение домашнего  | Экзаменационные вопросы № 1-10 |

|   |                                 |                                 |         |  |                                 |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------|--|---------------------------------|
|   |                                 |                                 |         | <p>задания №1-6, 7, 8,10</p> <p>Устный опрос по лабораторной работе № 1-6 (УО-1).</p> <p>Контрольные работы 1, 2 (ПР-2)</p>            |                                 |
| 2 | Титриметрические методы анализа | ПК-1<br>ПК-10<br>ПК-19<br>ПК-20 | Знает   | <p>Выполнение домашнего задания №7-11</p> <p>Устный опрос по лабораторной работе № 7-11 (УО-1).</p> <p>Контрольная работа 2 (ПР-2)</p> | Экзаменационные вопросы № 11-16 |
|   |                                 |                                 | Умеет   | <p>Выполнение домашнего задания №7-11</p> <p>Устный опрос по лабораторной работе № 7-11 (УО-1).</p> <p>Контрольная работа 2 (ПР-2)</p> | Экзаменационные вопросы № 11-16 |
|   |                                 |                                 | Владеет | <p>Выполнение домашнего задания №7-11</p> <p>Устный опрос по лабораторной работе</p>   | Экзаменационные вопросы № 11-16 |



|   |   |                                 |         |   |   |
|---|---|---------------------------------|---------|---|---|
|   |   |                                 |         | № 7-11<br>(УО-1).<br>Контроль-<br>ная работа<br>2 (ПР-2)  |   |
| 3 | Физико-<br>химические<br>методы анализа | ПК-1<br>ПК-10<br>ПК-19<br>ПК-20 | Знает   | Выполне-<br>ние<br>домашнего<br>задания<br>№12-15<br>Устный<br>опрос по<br>лабораторн<br>ой работе<br>№ 12-15<br>(УО-1).<br>Контроль-<br>ная работа<br>3 (ПР-2) | Экзаменацион-<br>ные вопросы<br>№ 17-24 |
|   |   |                                 | Умеет   | Выполне-<br>ние<br>домашнего<br>задания<br>№12-15<br>Устный<br>опрос по<br>лабораторн<br>ой работе<br>№ 12-15<br>(УО-1).<br>Контроль-<br>ная работа<br>3 (ПР-2) | Экзаменацион-<br>ные вопросы<br>№ 17-24 |
|   |   |                                 | Владеет | Выполне-<br>ние<br>домашнего<br>задания<br>№12-15<br>Устный<br>опрос по<br>лабораторн<br>ой работе<br>№ 12-15<br>(УО-1).<br>Контроль-<br>ная работа<br>3 (ПР-2) | Экзаменацион-<br>ные вопросы<br>№ 17-24 |

**Шкала оценивания уровня сформированности компетенций**

| Код и формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенции |   | критерии  | показатели  |
|--|--------------------------------|---|---|---|
| ОПК-1 способностью и готовностью использовать основные законы естественных дисциплин в профессиональной деятельности   | знает (пороговый уровень)      | Основные методики определения соединений различных классов                                | Знает основные принципы применения конкретной методики для анализа отдельных классов соединений         | Способность различать типы химических реакций, используемых в конкретном методе анализа. Способность написать уравнение химических реакций, лежащих в основе того или иного метода. |
|  | умеет (продвинутый)            | Обосновывать применение метода анализа к конкретному классу соединений                    | Знает отличительные особенности применения аналитических методов в соответствии с конкретным механизмом | Способен осуществлять на практике приемы различных типов титрования (прямого и обратного). Проводить определение с использованием серийных аналитических приборов.                  |
|  | владеет (высокий)              | Базовыми знаниями, необходимыми для интерпретации полученных результатов                  | Владеет теорией ионных равновесий и основами теории химического анализа                                 | Способен применять теоретические знания к анализу конкретного объекта. Владеет основными приемами пробоподготовки и пробоотбора.  |
| ПК-1 способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции | знает (пороговый уровень)      | Особенности исследований в области аналитической химии                                    | Знает основные правила поведения при работе в лаборатории аналитической химии                           | Способен использовать основы негативного воздействия химических соединений на организм. Знает основные требования техники безопасности при работе в химической лаборатории.         |
|  | умеет (продвинутый)            | Проводить самостоятельно подготовительные этапы аналитического исследования и определения | -Умение выполнить приготовление растворов с заданной концентрацией<br>-Умение                           | Способен осуществлять различные приемы и методики качественного и количественного анализа.  |

|  |                           |   |  |  |
|--|---------------------------|---|--|--|
|  |                           |   | выполнить определение основных химических показателей объекта (влажность, зольность, рН)   | Умеет рассчитывать конечный результат определения, используя результаты прямых и косвенных измерений.  |
|  | владеет (высокий)         | Навыками выполнения анализа химическими и физико-химическими методами         | Владение всеми изученными химическими и физико-химическими методами анализа                | Способен использовать способами приготовления реактивов и вспомогательных материалов для проведения анализа. Владеет основными аналитическими методиками. Владеет приемами и навыками обработки результатов аналитического эксперимента. |
| ПК-10 способностью проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа | знает (пороговый уровень) | Основные закономерности методов химического анализа различных классов веществ | Знание инструментальной базы современных методов анализа                                   | Способен использовать основные приемы химического анализа (титриметрия, гравиметрии). Знает основные приемы работы на приборах для физико-химических методов анализа.  |
|  | умеет (продвинутый)       | Выбирать наиболее рациональный метод осуществления анализа                    | Умение осуществлять выполнение важнейших этапов проподготовки и анализа различных объектов | Способен выполнять пробоподготовку (экстракция, концентрирование, разложение проб). Умеет проводить очистку анализируемых смесей веществ. Умеет самостоятельно выполнять расчеты по результатам анализа.                                 |
|  | владеет (высокий)         | Приемами и навыками работы на современном аналитическом оборудовании          | Владение основными приемами обслуживания серийного аналитического оборудования             | Способен пользоваться навыками выбора условий работы аналитических приборов. Владеет навыками калибровки   |

|  |                              |   |  |  |
|--|------------------------------|---|--|--|
|  |                              |   |  | приборов.<br>Владеет способностью градуировки прибора и оценки правильности получаемых инструментальными методами результатов.   |
| ПК-19<br>способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | знает<br>(пороговый уровень) | Основные методы анализа и возможность их применения в анализе конкретного объекта | Знает классификацию методов анализа и отличительные особенности основных химических и физико-химических методов анализа, | Способность различать типы химических реакций, используемых в конкретном методе анализа.<br>Способность написать уравнение химических реакций, лежащих в основе того или иного метода. |
|  | умеет<br>(продвинутый)       | Навыками выполнения анализа химическими и физико-химическими методами             | Владение всеми изученными химическими и физико-химическими методами анализа  | Способен пользоваться основными аналитическими методиками.<br>Владеет приемами и навыками обработки результатов аналитического эксперимента.   |
|  | владеет<br>(высокий)         | Владеть знаниями, необходимыми для интерпретации полученных результатов           | Владеет теорией ионных равновесий и основами теории химического анализа  | Способен применять теоретические знания к анализу конкретного объекта.<br>Владеет основными приемами пробоподготовки и пробоотбора.  |
| ПК-20<br>готовностью проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов  | знает<br>(пороговый уровень) | Основные методы анализа и возможность их применения в анализе конкретного объекта | Знает классификацию методов анализа и отличительные особенности основных химических и физико-химических методов анализа, | Способность отнести метод анализа к определенной группе методов.<br>Оценить возможность применения конкретного метода к анализируемому объект .  |
|  | умеет<br>(продвинутый)       | Умеет самостоятельно выбирать метод анализа и                                     | Умеет на основе знаний о чувстви-  | Способен оценить основные показатели методики.   |

|  |                   |   |   |  |
|--|-------------------|---|---|--|
|  |                   | обосновывать его применение   | тельности определенных методов анализа выбрать приемлемый для конкретного объекта                                   | Умение использовать варианты пробоподготовки для реализации методики.  |
|  | владеет (высокий) | Основными аналитическими методами и методиками. Теорией методов химического анализа | Владеет теоретическими основами и практическими навыками химических, физико-химических и физических методов анализа | Способен проводить пробоподготовку. Владеет навыками проведения основных химических и физико-химических методов анализа. Владеет теоретическими основами важнейших физических методов анализа (ИК, ЯМР, масс-спектроме |

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

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

#### **1 Вопросы к экзамену**

1. Предмет аналитической химии. Классификация методов аналитической химии по способу формирования аналитического сигнала.

2. Химическое равновесие. Идеальные и реальные системы, параметры идеальности системы. Активность, общая и равновесные концентрации. Термодинамическая, концентрационная и условная константы равновесия, их связь.

3. Протолитическое равновесие. Основные положения теории Бренстеда–Лоури. Константы кислотности и основности протолитов, их связь с константой автопротолиза растворителя. Кислотно–основные равновесия в водных

растворах, шкала рН водных растворов протолитов.

4. Вычисление рН в водных растворах протолитов. сильных кислот оснований), слабых кислот (оснований), гидролизующихся солей, амфолитов.

5. Буферные системы. Расчет рН буферных систем. Буферная емкость.

6. Гетерогенные системы. Произведение растворимости – константа равновесия раствор – осадок. Термодинамическое, концентрационное произведение растворимости, их связь.

7. Растворимость осадков. Связь произведения растворимости и растворимости. Факторы, влияющие на растворимость осадков.

8. Управление процессами дробного и группового осаждения и растворения осадков.

9. Реакции окисления–восстановления в аналитической химии. Стандартные, реальные и формальные редоксипотенциалы. Факторы, влияющие на редоксипотенциал систем. Константа реакции окисления–восстановления.

10. Равновесие комплексообразования. Термодинамические и условные константы образования комплексов, их связь. Избирательность реакций комплексообразования.

11. Химические методы количественного анализа. Гравиметрия, основные понятия, вычисления.

12. Титриметрия, основные понятия, вычисления и классификация методов титриметрического анализа. Характеристика кривых титрования. Выбор индикатора.

13. Методы кислотно–основного титрования. Возможности и ограничения метода. Характеристика кривых титрования. Выбор индикатора. Титрование сильных и слабых кислот.

14. Методы редоксиметрии. Основные понятия, классификация, расчеты. Индикаторы в методах окисления–восстановления, выбор индикатора.

15. Характеристика основных методов редоксиметрического титрования: перманганатометрия, дихроматометрия, иодометрия (возможности методов, ограничения, характеристики титрантов, установочные вещества, способы титрования).

16. Комплексонометрия. Возможности метода. Комплексоны. Выбор условий комплексонометрического определения металлов. Металлохромные индикаторы и принцип их работы. Примеры практического применения метода комплексонометрии в анализе.

17. Спектроскопические методы анализа. Классификация спектроскопических методов анализа. Электромагнитное излучение и его взаимодействие с веществом.

18. Методы молекулярной спектроскопии. Молекулярная абсорбционная спектроскопия в видимой области. Основные законы светопоглощения. Основные фотометрические величины, их взаимосвязь. Молекулярный коэффициент поглощения, его значения в спектрофотометрии.

19. Количественный фотометрический анализ. Фотометрические реакции, требование к ним. Методы определения концентрации вещества в растворах.

20. Спектрофотометрическое титрование. Выбор условий титрования, виды кривых титрования.

21. Электрохимические методы анализа. Классификация методов. Потенциометрический анализ. Классификация электродов в потенциометрии.

22. Прямая потенциометрия и потенциометрическое титрование. Способы нахождения концентрации вещества в потенциометрическом анализе.

22. Кулонометрические методы. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Законы Фарадея.

23. Методы вольтамперометрии. Полярография. Качественный и количественный полярографический анализ.

24. Амперометрическое титрование. Выбор условий титрования, виды кривых титрования.

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

#### *Отметка "Отлично"*

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

2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.

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

4. Ответ самостоятельный.

#### *Отметка "Хорошо"*

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

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

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

1. Знание только основного материала, но не деталей.

2. Допущены ошибки и неточности в ответах.

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

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части учебного

материала.

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

## **2 Примеры экзаменационных билетов**

### **Экзаменационный билет № 1**

1. Химическое равновесие. Константы химического равновесия. Связь констант.

2. Методы комплексонометрического титрования в аналитической химии. Установочные вещества. Рабочие растворы. Индикаторы.

### **Экзаменационный билет № 2**

1. Вычисление рН в водных растворах протолитов. Вычисление рН сильных и слабых кислот и оснований.

2. Методы окислительно-восстановительного титрования в аналитической химии. Установочные вещества. Рабочие растворы. Индикаторы.

### **Экзаменационный билет № 3**

1. Вычисление рН в водных растворах протолитов. Вычисление рН гидролизующихся солей и амфолитов.

2. Метод осадительного титрования. Установочные вещества, рабочие растворы. Определение количественного содержания бромид-иона в растворе.

## **Критерии оценки экзаменационных билетов**

### *Отметка "Отлично"*

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

2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.

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

4. Ответ самостоятельный.

### *Отметка "Хорошо"*

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

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



### *Отметка "Удовлетворительно"*

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

### *Отметка "Неудовлетворительно"*

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

## **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа е» проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется преподавателем.

### **1 Вопросы контрольных занятий**

#### **Контрольное занятие №1**

1. Предмет аналитической химии. Классификация методов аналитической химии по способу формирования аналитического сигнала.
2. Химическое равновесие. Идеальные и реальные системы, параметры идеальности системы. Активность, общая и равновесные концентрации. Термодинамическая, концентрационная и условная константы равновесия, их связь.
3. Протолитическое равновесие. Основные положения теории Бренстеда – Лоури. Константы кислотности и основности протолитов, их связь с константой автопротолиза растворителя. Кислотно – основные равновесия в водных растворах, шкала рН водных растворов протолитов.
4. Вычисление рН в водных растворах протолитов. сильных кислот (оснований), слабых кислот (оснований), гидролизующихся солей, амфолитов.
5. Буферные системы. Расчет рН буферных систем. Буферная емкость.
6. Гетерогенные системы. Произведение растворимости – константа рав-

новесия раствор – осадок. Термодинамическое, концентрационное произведение растворимости, их связь.

7. Растворимость осадков. Связь произведения растворимости и растворимости. Факторы, влияющие на растворимость осадков.

8. Аналитические реакции катионов s-, p-, d- элементов и некоторых анионов. Анализ смеси катионов d- элементов дробным методом.

### **Контрольное занятие №2**

1. Реакции окисления–восстановления в аналитической химии. Стандартные, реальные и формальные редоксипотенциалы. Факторы, влияющие на редоксипотенциал систем. Константа реакции окисления–восстановления.

2. Равновесие комплексообразования. Термодинамические и условные константы образования комплексов, их связь.

3. Химические методы количественного анализа. Гравиметрия, основные понятия, вычисления.

4. Титриметрия, основные понятия, вычисления и классификация методов титриметрического анализа. Характеристика кривых титрования. Выбор индикатора.

5. Методы кислотно–основного титрования. Возможности и ограничения метода. Характеристика кривых титрования. Выбор индикатора. Титрование сильных и слабых кислот.

6. Методы редоксиметрии. Основные понятия, классификация, расчеты. Индикаторы в методах окисления–восстановления, выбор индикатора.

7. Характеристика основных методов редоксиметрического титрования: перманганатометрия, дихроматометрия, иодометрия (возможности методов, ограничения, характеристики титрантов, установочные вещества, способы титрования).

8. Комплексонометрия. Возможности метода. Комплексоны. Выбор условий комплексонометрического определения металлов. Металлохромные индикаторы и принцип их работы. Примеры практического применения метода комплексонометрии в анализе.

### **Контрольное занятие № 3**

1. Спектроскопические методы анализа. Классификация спектроскопических методов анализа. Электромагнитное излучение и его взаимодействие с веществом.

2. Методы молекулярной спектроскопии. Молекулярная абсорбционная спектроскопия в видимой области. Основные законы светопоглощения. Ос-

новые фотометрические величины, их взаимосвязь. Молекулярный коэффициент поглощения, его значения в спектрофотометрии.

3. Количественный фотометрический анализ. Фотометрические реакции, требование к ним. Методы определения концентрации вещества в растворах.

4. Спектрофотометрическое титрование. Выбор условий титрования, виды кривых титрования.

5. Электрохимические методы анализа. Классификация методов. Потенциометрический анализ. Классификация электродов в потенциометрии.

6. Прямая потенциометрия и потенциометрическое титрование. Способы нахождения концентрации вещества в потенциометрическом анализе.

7. Кулонометрические методы. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Законы Фарадея.

8. Методы вольтамперометрии. Полярография. Качественный и количественный полярографический анализ.

9. Амперометрическое титрование. Выбор условий титрования, виды кривых титрования.

### **Критерии оценки вопросов контрольных занятий**

#### *Отметка "Отлично"*

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

2. Материал понят и изучен.

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

4. Ответ самостоятельный, аргументированный.

#### *Отметка "Хорошо"*

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

4. Допущены 1-2 неточности.

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

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

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

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

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

2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после

уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

## 2 Контрольные работы

### Вариант 1

1. Какую навеску технического железного купороса, содержащего  $\approx 50\%$  соли закиси железа, нужно взять для определения в образце содержания  $\text{FeSO}_4$  методом отдельных навесок, применяя  $\approx 0,05$  н. раствор перманганата калия и бюретку емкостью 50 мл?

2. Сколько граммов хлора содержит 1 л хлорной воды ( $\text{Cl}_2$ ) если на титрование йода, выделенного из йодида калия 20 мл ее, затрачено 4,34 мл 0,0568 н. раствора тиосульфата натрия?

3. Навеска мрамора 0,2834 г растворена в 30,0 мл 0,3933 н. раствора соляной кислоты. На титрование избытка кислоты израсходовано 14,1 мл 0,4409 н. раствора гидроксида натрия. Вычислить массовую долю примесей в образце.

4. Чему равен окислительно-восстановительный потенциал системы  $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$  при  $[\text{MnO}_4^-] = 0,01 \text{ M}$ ;  $[\text{Mn}^{2+}] = 0,01 \text{ M}$ ,  $[\text{H}^+] = 0,01 \text{ M}$ .

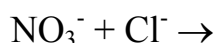
### Вариант 2

1. Рассчитайте концентрацию (%) магния в воде, если на титрование 100,00 мл воды трилоном Б с хромогеном черным до синей окраски пошло 19,20 мл 0,1012 н. раствора трилона Б.

2. Железную проволоку растворили в кислоте без доступа воздуха. На титрование полученного раствора расходуется 30 мл  $\approx 0,1$  н. раствора перманганата. Какова была навеска проволоки?

3. Для установки титра раствора перманганата калия приготовлен раствор из 1,5020 г  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в мерной колбе емкостью 250 мл. На титрование 25 мл этого раствора расходуется 23,7 мл раствора перманганата калия. Вычислить нормальность и титр перманганата калия.

4. Определить направление и среду протекания окислительно-восстановительной реакции в системе:



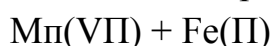
### Вариант 3

1. В мерной колбе вместимостью 250,0 мл приготовили раствор анализируемого вещества, содержащего гидроксид калия. На титрование 50,0 мл этого раствора затрачено 38,5 мл 0,0503 М раствора серной кислоты. Вычислить массу гидроксида калия в растворе.

2. К подкисленному раствору пероксида водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  прибавили избыток раствора йодида калия и несколько капель молибдата аммония (катализатор). На титрование выделившегося йода затратили 22,4 мл 0,1012 н. раствора тиосульфата натрия. Сколько граммов пероксида водорода содержалось в растворе?

3. Вычислить массу навески оксалата натрия, чтобы на ее титрование расходовалось 4 мл 0,0500 н. раствора перманганата калия.

4. Определить направление и среду протекания окислительно-восстановительной реакции в системе:



#### Вариант 4

1. На титрование 0,1150 г х.ч. карбоната натрия израсходовано 30,0 мл раствора соляной кислоты (индикатор метиловый оранжевый). Вычислить для соляной кислоты: а) нормальность; б) титр раствора кислоты.

2. Рассчитать навеску технической щавелевой кислоты, содержащей  $\approx 80\%$   $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , для анализа на содержание основного продукта с помощью  $\approx 0,2$  н. раствора перманганата калия методом отдельных навесок, пользуясь бюреткой на 50 мл.

3. В мерной колбе вместимостью 250 мл приготовили раствор анализируемого образца, содержащего железо (II). На титрование 25,0 мл этого раствора пошло 17,2 мл 0,0520 н. раствора дихромата калия. Вычислить массу сульфата железа (II) в образце.

4. Рассчитать равновесный потенциал системы:



при pH 1; 2; 3.

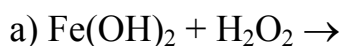
#### Вариант 5

1. Сколько миллиграммов ртути содержится в 50,0 мл раствора, если после добавления избытка комплексоната магния ( $\text{Na}_2\text{MgЭДТА}$ ) затрачено 19,8 мл 0,05 М раствора комплексона III.

2. Навеску мрамора 0,2106 г растворили в 30,0 мл соляной кислоты с  $T = 0,028710$  г/мл. На титрование избытка кислоты израсходовали 14,1 мл 0,8818 н. раствора гидроксида натрия. Найдите массовую долю некарбонатных примесей в образце.

3. Какую навеску белильной извести, содержащей около 25% активного хлора, следует взять для анализа на содержание активного хлора если используется  $\approx 0,2$  н. раствор тиосульфата и бюретка на 25 мл?

4. Определить направление и среду протекания реакций:



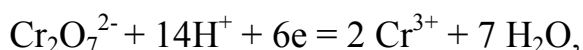
### Вариант 6

1. Рассчитать концентрацию магния (% , г/л) в воде, если при титровании 100 мл воды раствором комплексона III при pH 9,7 с хромогеном черным Т до синей окраски пошло 19,2 мл 0,1012 н. раствора комплексона III.

2. На титрование йода, выделившегося в результате реакции между медью (II), содержащейся в 0,9978 г медной руды, и йодидом калия, затратили 12,1 мл 0,1006 н. раствора тиосульфата натрия. Вычислить массовую долю меди в руде.

3. 0,1510 г хлората калия растворили и обработали 100,0 мл 0,09852 н. раствора оксалата натрия. На титрование оксалата натрия израсходовали 48,6 мл 0,0532 н. раствора перманганата калия. Определить массовую долю  $\text{KClO}_3$  в образце.

4. Определите окислительно-восстановительный потенциал системы:



$$\alpha(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 1\text{ M}, \alpha(\text{Cr}^{3+}) = 0,1\text{ M}, \alpha(\text{H}^+) = 10^{-5}\text{ M}$$

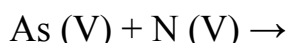
### Вариант 7

1. Какой объем 0,1000 н. раствора перманганата пойдет на титрование: а) 0,1500 г оксалата натрия; б) навески 0,3000 г руды содержащей по массе 53% железа?

2. Для установки титра раствора тиосульфата взята навеска 0,2468 г х.ч. дихромата калия и растворена в мерной колбе емкостью 500 мл. На титрование 25,0 мл этого раствора после прибавления соляной кислоты и йодида калия расходуется 25,1 мл раствора тиосульфата натрия. Вычислить: а) нормальность; б) титр.

3. На титрование раствора, полученного растворением 0,2584 г безводной соды, расходуется 21,3 мл раствора серной кислоты. Вычислить для серной кислоты: а) нормальность; б) титр.

4. Определить направление и среду протекания окислительно-восстановительных реакций в системах:



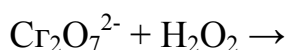
### Вариант 8

1. Навеска 0,4425 г нитрита натрия растворена в мерной колбе емкостью 250 мл. На титрование 25,00 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с  $T = 0,01520$  г/мл пошло 20,00 мл раствора  $\text{NaNO}_2$ . Сколько процентов  $\text{NaNO}_2$  содержит образец?

2. Определить массовую долю серной кислоты в электролите, если при растворении 5,0000 г его в мерной колбе на 250,0 мл и титровании аликвоты 20,0 мл расходуется 18,7 мл раствора гидроксида натрия с титром по серной кислоте 0,004900 г.

3. 2,1510 г хлората калия растворили в мерной колбе на 250 мл. 25 мл полученного раствора обработали 45,0 мл раствора соли Мора 0,1320 н. На титрование избытка соли Мора израсходовали 17,5 мл 0,1200 н. раствора перманганата калия. Определить массовую долю хлората калия в образце.

4. Определить направление и среду протекания окислительно-восстановительных реакций в системах:



### Критерии оценки контрольных работ

#### *Отметка "Отлично"*

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

#### *Отметка "Хорошо"*

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

#### *Отметка "Удовлетворительно"*

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

#### *Отметка "Неудовлетворительно"*

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



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

---

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы  
анализа»

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**  
профиль «Технологии нефтеперерабатывающих и химических производств»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2017**



**Лабораторная работа № 1.** Аналитические реакции катионов s-элементов (5 час.)

Цель: познакомить студентов с основными качественными реакциями s-элементов. В работе представлены аналитические реакции следующих катионов:  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ , а также иона  $NH_4^+$ , аналитические свойства которого близки к свойствам иона  $K^+$

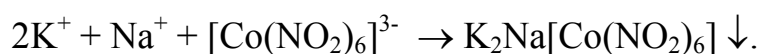
**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

**Ход занятия:** Студенты самостоятельно, с использованием методических указаний выполняют основные качественные реакции катионов s-элементов.

Примеры методик выполнения работы:

Реакции ионов калия

1. Гексанитрокобальтиат натрия  $Na_3[Co(NO_2)_6]$  в нейтральном или уксуснокислом растворе дает желтый кристаллический осадок двойной соли гексанитрокобальтиата калия-натрия:

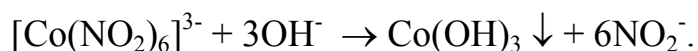


При избытке ионов калия образуется осадок  $K_3[Co(NO_2)_6]$ . В присутствии ионов серебра чувствительность реакции повышается, так как при этом выпадает менее растворимая соль  $K_2Ag[Co(NO_2)_6]$ .

Предел обнаружения ионов в отсутствие ионов серебра 4 мкг, в присутствии ионов серебра – 1 мкг калия. В сильнокислой среде осадок может не выпасть, так как при этом образуется крайне нестойкая кислота  $H_3[Co(NO_2)_6]$ , разлагающаяся в момент выделения по реакции:



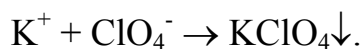
В щелочной среде выпадает бурый осадок  $Co(OH)_3$ :



Выполнение реакции. К 2-3 каплям нейтрального или уксуснокислого раствора соли калия прибавляют 3 капли водного свежеприготовленного реактива. В присутствии ионов калия выпадает желтый осадок. При осаждении из разбав-

ленных растворов выпадение осадка можно ускорить нагреванием смеси и потерением стеклянной палочкой о стенки пробирки.

2. Хлорная кислота  $\text{HClO}_4$  в нейтральных растворах солей калия осаждает белый кристаллический осадок перхлората калия  $\text{KClO}_4$ :

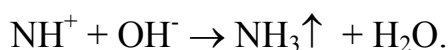


Этой реакции не мешают другие катионы I группы, но чувствительность ее ниже чувствительности предыдущей реакции.

Выполнение реакции. К 2-3 каплям раствора соли калия прибавить 2-3 капли реактива. Для ускорения выпадения осадка нужно потереть стеклянной палочкой о стенки сосуда или прибавить этилового спирта, понижающего растворимость осадка.

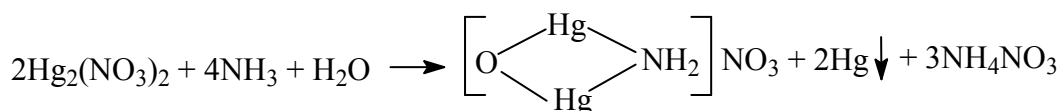
#### Реакции ионов аммония

1. Едкие щелочи при нагревании с солями аммония выделяют аммиак:



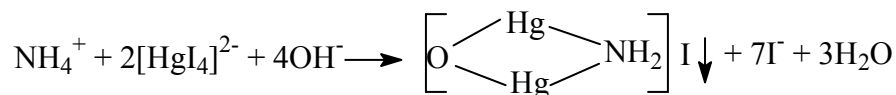
Присутствие аммиака можно обнаружить по запаху, посинению влажной красной лакмусовой бумажки или почернению фильтровальной бумаги, смоченной раствором нитрата ртути (I). Предел обнаружения 0,05 мкг аммония.

Реакция взаимодействия аммиака с нитратом ртути (I) идет по уравнению:



Выполнение реакции. В пробирку помещают 2-3 капли исследуемого раствора и столько же 2 М раствора едкой щелочи. Смесь нагревают и к отверстию пробирки подносят влажную лакмусовую бумагу или полоску фильтровальной бумаги, смоченную раствором нитрата ртути (I).

2. Реактив Несслера  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$  образует с растворами солей аммония характерный красно-бурый осадок имидоидида ртути (II):



Очень малые количества солей аммония вместо красно-бурого осадка дают желто-оранжевое окрашивание. Реакция чрезвычайно чувствительна, предел обнаружения 0,25 мкг иона аммония. Реакции мешают ионы, дающие со щелочью окрашенные осадки ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  и др.).

Выполнение реакции. К 2-3 каплям раствора  $\text{NH}_4^+$  прибавляют 4-5 капель реактива (реактив берут в избытке, так как осадок растворим в избытке солей аммония).

#### Реакции ионов магния

1. Гидрофосфат натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  в присутствии  $\text{NH}_4\text{OH}$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$  с ионами магния образует белый кристаллический осадок двойной соли магния и аммония:  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Соль аммония добавляют для предупреждения выпадения осадка  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Предел обнаружения 30 мкг магния.

Выполнение реакции. К 2-3 каплям раствора  $\text{Mg}^{2+}$  прибавляют 2-3 капли раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 2-3 капли 2М раствора  $\text{HCl}$  и 3-4 капли раствора  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . При этом осадок не должен выпадать. К прозрачному раствору прибавляют каплю фенолфталеина и по каплям 6М раствор аммиака до тех пор, пока раствор не приобретет не исчезающую розовую окраску. В присутствии ионов магния выпадает белый кристаллический осадок.

**Лабораторная работа № 2.** Аналитические реакции катионов d-элементов (5 час.)

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

**Цель занятия:** познакомить студентов с основными качественными реакциями d-элементов.

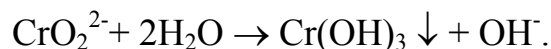
**Ход выполнения работы:** студенты выполняют работу индивидуально по приведенным в методических указаниях методикам.

Примеры методик выполнения работы:

#### Реакции ионов хрома

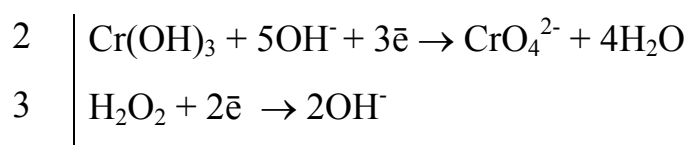
1. Едкие щелочи дают с  $\text{Cr}^{3+}$  осадок  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  серо-фиолетового цвета (или серо-зеленого), обладающий амфотерными свойствами. Кислые свойства  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  выражены довольно слабо. Это проявляется в том, что для растворе-

ния  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  требуется большой избыток щелочи, и в том, что хромиты щелочных металлов легко гидролизуются водой, поэтому кипячением щелочного раствора хромита, особенно после разбавления его водой, можно снова полностью выделить гидроксид хрома:



Гидроксид хрома начинает осаждаться при pH 4,3-4,6 и растворяется при pH 11-12. 4. Окисление Cr(III) до Cr(VI) может быть осуществлено как в кислой, так и в щелочной среде различными окислителями. В щелочной среде образуются  $\text{CrO}_4^{2-}$ -ионы, а в кислой –  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ионы.

а). Окисление в щелочной среде. Чаще всего его проводят действием  $\text{H}_2\text{O}_2$  или  $\text{Na}_2\text{O}_2$  по реакции:



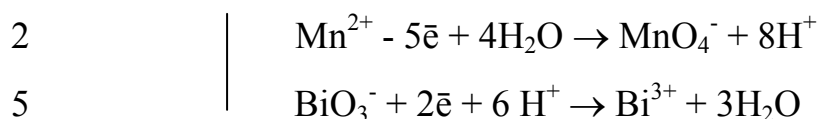
Реакции железа (III)

1. Ферроцианид калия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  образует с  $\text{Fe}^{3+}$  темно-синий осадок «берлинской лазури»:  $4\text{Fe}^{3+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3\downarrow$ .
2. Щелочи разлагают «берлинскую лазурь» с выделением  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Анионы  $\text{F}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$  связывают  $\text{Fe}^{3+}$  в прочные комплексы и поэтому мешают этой реакции.
3. Гидрофосфат натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  образует с  $\text{Fe}^{3+}$  бледно-желтый осадок  $\text{FePO}_4$ :  

$$\text{Fe}^{3+} + 2\text{HPO}_4^{2-} \rightarrow \text{FePO}_4\downarrow + \text{H}_2\text{PO}_4^-$$

Осадок растворим в сильных кислотах, но не растворим в уксусной кислоте.

4. Окисление висмутатом натрия  $\text{NaBiO}_3$  протекает по уравнению:



Выполнение реакции. В пробирку помещают 3-4 капли 6М раствора  $\text{HNO}_3$ , 5-6 капель воды, после чего вносят 1-2 кристаллика  $\text{NaBiO}_3$ . Смесь тщательно перемешивают и вводят стеклянную палочку, смоченную исследуемым раствором. В присутствии  $\text{Mn}^{2+}$  наблюдается малиновая окраска  $\text{MnO}_4^-$ -иона. Эта реакция чрезвычайно чувствительна и удобна для дробного обнаружения  $\text{Mn}^{2+}$ .

**Лабораторная работа № 3.** Анализ смеси катионов d-элементов дробным методом (5 час.)

**Цель работы:** познакомить студентов с методом дробного анализа катионов.

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

**Ход выполнения работы:** студенты получают у преподавателя индивидуальную задачу. Проводят самостоятельно определение, ознакомившись предварительно с методическими указаниями и разобрав с преподавателем ход выполнения работы.

Краткое описание работы: *Предварительные испытания.* 1. Обращают внимание на окраску раствора, так как аквакомплексы ряда катионов имеют характерную окраску.

2. Если в анализируемой смеси имеется осадок, испытывают его отношение к кислотам (2М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 2М  $\text{HCl}$ ), растворяют в подходящей кислоте и полученный раствор присоединяют к основному.

*Обнаружение  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ .* Эти катионы необходимо обнаруживать из первоначального раствора, поскольку в ходе анализа происходит изменение степени окисления железа. 1. Реакция  $\text{Fe}^{2+}$  с  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . 2. Реакция  $\text{Fe}^{3+}$  с  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . 3. Реакция  $\text{Fe}^{3+}$ . К 1-2 каплям испытуемого раствора добавляют 1-2 капли 4М  $\text{HCl}$ , 2 капли 15%-ного раствора  $\text{NH}_4\text{SCN}$ , несколько капель воды и экстрагируют изоамиловым спиртом. В присутствии  $\text{Fe}^{3+}$  органический слой окрашивается в красный цвет.

*Обнаружение  $\text{Co}^{2+}$ .* К 2-3 каплям испытуемого кислого раствора добавляют раствор  $\text{NaAc}$  для создания рН 4-5, немного сухой соли  $\text{NH}_4\text{F}$  для связы-

вания  $\text{Fe}^{3+}$  в комплекс, сухой соли  $\text{NH}_4\text{SCN}$  и экстрагируют изоамиловым спиртом. В присутствии  $\text{Co}^{2+}$  органический слой окрашивается в синий цвет.

*Обнаружение  $\text{Mn}^{2+}$ .* К 1-2 каплям исследуемого раствора добавляют 1-2 капли концентрированной  $\text{HNO}_3$ , несколько капель воды, несколько крупинок  $\text{NaBiO}_3$ , взбалтывают и центрифугируют. В присутствии  $\text{Mn}^{2+}$  раствор окрашивается в фиолетово-красный цвет перманганат-иона.

*Обнаружение  $\text{Cr}^{3+}$ .* К 3-4 каплям испытуемого раствора прибавляют 3-4 капли 30%-ной  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 3-4 капли  $\text{NaAc}$  и избыток (12 капель) 5%-ного ЭДТА. Содержимое нагревают на водяной бане. В присутствии  $\text{Cr}^{3+}$  появляется фиолетовая окраска комплекса с ЭДТА.

*Обнаружение  $\text{Ni}^{2+}$ .* К 1-2 каплям исследуемого раствора добавляют  $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  для связывания  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$ , водный раствор  $\text{NH}_3$  до запаха и 1-2 капли раствора диметилглиоксима. В присутствии  $\text{Ni}^{2+}$  образуется характерный осадок внутрикомплексной соли ало-красного цвета.

**Лабораторная работа №4.** Аналитические реакции р-элементов (5 час.).

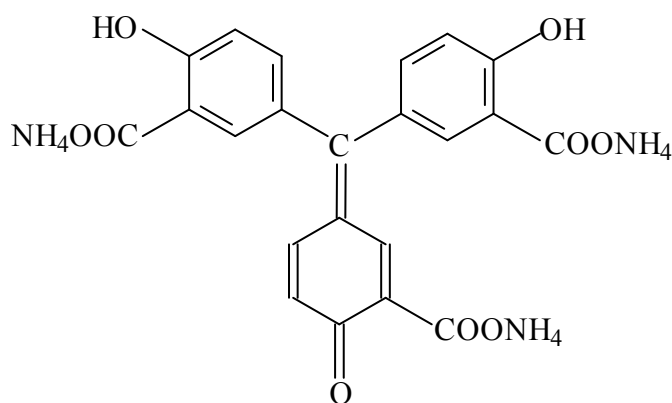
**Цель работы:** Ознакомить студентов с реакциями р-элементов.

**Ход выполнения работы:** студенты выполняют работу индивидуально по приведенным в методических указаниях методикам.

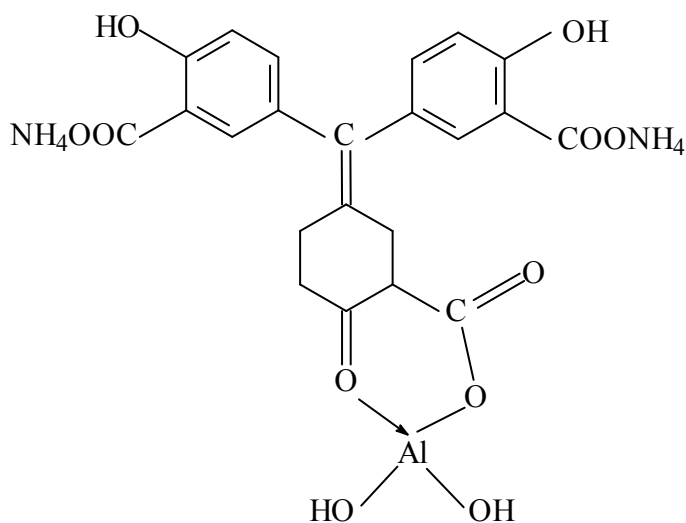
Примеры методик выполнения работы:

#### Реакции ионов алюминия

##### 1. Алюминон

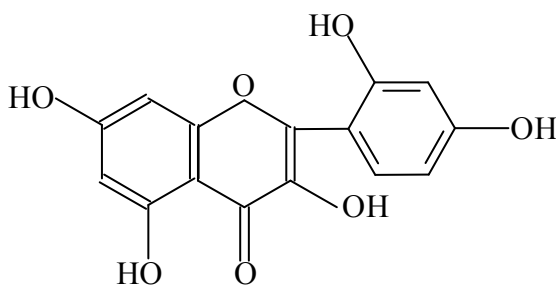


образует с  $\text{Al}(\text{OH})_3$  соединение красного цвета:



Выполнение реакции. К 3-5 каплям раствора  $\text{Al}^{3+}$  прибавляют 2-3 капли 2М раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 3-5 капель 0,1%-ного алюминона. Нагревают смесь на кипящей водяной бане, тщательно перемешивают, прибавляют 2М раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$  до щелочной реакции и 2-3 капли раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . В присутствии  $\text{Al}^{3+}$ , в зависимости от его концентрации, выделяется красный осадок, или раствор окрашивается в красный цвет. Реакции мешают ионы  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ .

## 2. Морин



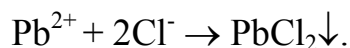
в нейтральном или уксуснокислом растворе образует с  $\text{Al}^{3+}$  сильно флуоресцирующее соединение зеленого цвета состава  $(\text{C}_{15}\text{H}_9\text{O}_7)_3\text{Al}$ .

Выполнение реакции. К 2-3 каплям исследуемого раствора прибавляют раствор 2М  $\text{NaOH}$  до сильнощелочной реакции (проба на лакмус); раствор нагревают до кипения и центрифугируют (в случае, если выпадает осадок). К 1-2 каплям центрифугата на капельной пластинке прибавляют 2М раствор

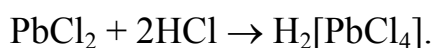
CH<sub>3</sub>COOH до кислой реакции и каплю насыщенного раствора морина в метиловом спирте. В присутствии алюминия наблюдается зеленая флуоресценция.

### Реакции ионов свинца

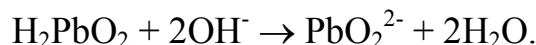
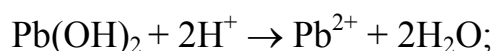
1. Разбавленная HCl выделяет из растворов солей Pb<sup>2+</sup> белый хлопьевидный осадок хлорида:



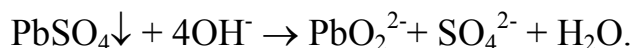
Осаждение неполное вследствие значительной растворимости соли (1 г на 100 г воды при 25°C). В горячей воде осадок растворяется полностью, после охлаждения выделяются игольчатые кристаллы PbCl<sub>2</sub>. В избытке HCl хлорид свинца растворяется с образованием комплекса состава:



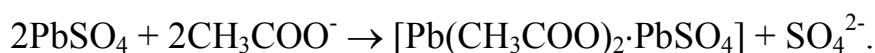
2. Едкие щелочи (NaOH и KOH) и NH<sub>4</sub>OH с Pb<sup>2+</sup> образуют белый осадок гидроксида свинца Pb(OH)<sub>2</sub>. Гидроксид обладает амфотерными свойствами и растворяется в кислотах и щелочах:



3. Серная кислота осаждает Pb<sup>2+</sup> в виде белого осадка PbSO<sub>4</sub>. Осадок растворим при нагревании в растворах щелочей с образованием плюмбитов:



Осадок растворим также при нагревании в концентрированном растворе CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>:



Бихромат калия K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> образует с Pb<sup>2+</sup> малорастворимый хромат свинца желтого цвета (K<sub>S</sub> = 1,8 · 10<sup>-14</sup>): PbCrO<sub>4</sub>. Хромат легко растворяется в щелочах по реакции:



Иодид калия KI дает с Pb<sup>2+</sup> желтый осадок PbI<sub>2</sub>. К осадку PbI<sub>2</sub> прибавляют несколько капель воды и раствор 2M CH<sub>3</sub>COOH, нагревают. Осадок растворяет-



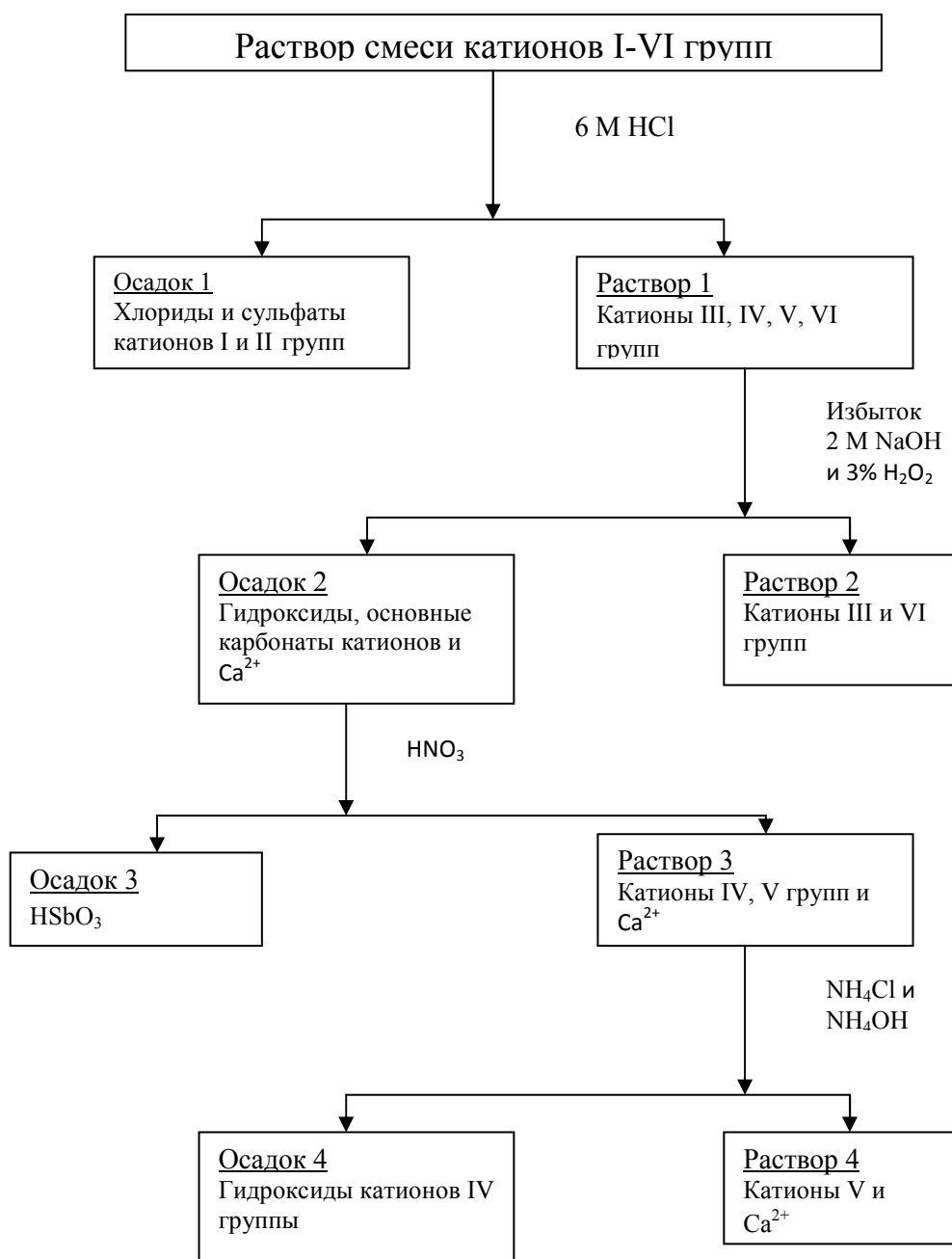
ся, но при погружении пробирки в холодную воду  $PbI_2$  снова выпадает в виде блестящих золотистых кристаллов (реакция «золотого дождя»).

**Лабораторные работы № 5.** Анализ смеси катионов p– и d -элементов кислотно-щелочным методом (5 час.)

**Цель занятия:** познакомить студентов с методом систематического анализа по кислотно-щелочной схеме.

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

Схема систематического анализа смеси катионов 1-6 аналитических групп в соответствии с порядком их разделения групповыми реагентами



**Лабораторная работа № 7.** Методы окислительно-восстановительного титрования (5 час.)

**Цель занятия:** познакомить студентов с методом дихроматометрии

Ход выполнения работы: студенты получают у преподавателя индивидуальную задачу. Проводят самостоятельно определение, ознакомившись предварительно с методическими указаниями и разобрав с преподавателем ход выполнения работы.

**Дихроматометрия.** Приготовление стандартного 0,05 н раствора дихромата калия. Количественное определение железа (II) в растворе (4 часа). Титрант – раствор дихромата калия.

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

### **Лабораторная работа № 8.**

**Цель занятия:** познакомить студентов с методом иодо-иодиметрии.

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

### **Иодо-йодиметрия.**

**Ход выполнения работы:** студенты получают у преподавателя индивидуальную задачу. Проводят самостоятельно определение, ознакомившись предварительно с методическими указаниями и разобрав с преподавателем ход выполнения работы.

Приготовление рабочего 0,02 н раствора тиосульфата натрия, стандартного 0,02 н раствора бихромата калия. Стандартизация раствора тиосульфата натрия по дихромату калия. Количественное определение меди (II) в растворе (5 час.).

**Лабораторная работа № 9.** Комплексонометрия. Количественное определение кальция и магния при совместном присутствии (5 час.)

**Цель занятия:** познакомить студентов с методов определения ионов в растворе.

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

**Ход выполнения работы:** студенты получают у преподавателя индивидуальную задачу. Проводят самостоятельно определение, ознакомившись предварительно с методическими указаниями и разобрав с преподавателем ход выполнения работы.

**Лабораторная работа № 10.** Комплексонометрическое определение железа и алюминия при совместном присутствии (5 час.)

**Цель занятия:** познакомить студентов с методов определения ионов в растворе.

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

**Ход выполнения работы:** студенты получают у преподавателя индивидуальную задачу. Проводят самостоятельно определение, ознакомившись предварительно с методическими указаниями и разобрав с преподавателем ход выполнения работы.

**Лабораторная работа № 10.** Определение концентрации ионов в растворе.

Метод градуировочного графика (5 час.)

**Цель занятия:** познакомить студентов с методом градуировочного графика.

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

**Ход выполнения работы:** студенты получают у преподавателя индивидуальную задачу. Проводят самостоятельно определение, ознакомившись предварительно с методическими указаниями и разобрав с преподавателем ход выполнения работы.

Применяют свежеприготовленный раствор перманганата калия. Для этого 9,1 мл 0,1 Н раствора разбавляют в мерной колбе на 100 мл до метки водой. Полученный раствор содержит 0,1 мг/мл марганца. Из этого стандартного раствора готовят серию стандартных растворов с содержанием марганца от 0,05 до 0,3 мг в мерных колбах емкостью 50 мл. Для этого в 6 мерных колб на 50 мл отбирают соответственно 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мл стандартного раствора перманганата калия, содержащего 0,1 мг/мл марганца. В каждую колбу добавляют 3 мл раствора серной кислоты (1:1), доводят дистиллированной водой до метки, перемешивают. Исследуемый раствор готовят таким же образом, добавляя 3 мл серной кислоты и доводя водой до метки. Проводят выбор светофильтра на примере среднего раствора, снимая зависимость оптической плотности от длины волны  $A - \lambda$  (нм). Измеряют оптическую плотность с выбранным светофильтром в кюветах с  $l = 5$  см стандартных и исследуемого растворов. По данным измерений строят градуировочный график в координатах  $A - C$  (мг) и определяют по графику содержание марганца в исследуемом растворе в мг/50мл.

**Лабораторная работа № 11.** Прямая потенциометрия. Определение хлорид-ионов в растворе (5 час.)

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

**Лабораторная работа №12-13.** Потенциометрическое кислотно-основное титрование (10 час.).

**Метод:** Исследовательский. Работа по индивидуальному заданию.

### **Задачи для самостоятельного решения**

1. Сколько граммов хлористого аммония потребуется для приготовления 1,6 кг 10%-ного раствора?
2. Чему равен эквивалент серной кислоты в реакциях: а) полной нейтрализации; б) неполной нейтрализации; в) восстановления – до сернистого газа?
3. Чему равен эквивалент азотной кислоты в реакциях: а) нейтрализации; б) её восстановления до двуокиси азота; - до окиси азота; - до соединений аммиака?
4. Найти процентную концентрацию 15 N раствора аммиака, если плотность его составляет 0,9.
5. Сколько граммов 36%-ной соляной кислоты потребуется для приготовления 5,0 л 0,2 N раствора?
6. Сколько миллилитров 0,1 N раствора фосфорной кислоты можно приготовить из 10 мл. раствора, имеющего плотность 1,14?
7. Вычислите ионную силу раствора, содержащего в 1 л 0,01 моль хлорида бария и 0,1 моль нитрата калия.
8. Вычислите ионную силу раствора и активность ионов в растворе, содержащем в 1 л 0,01 моль хлорида железа (III) и 0,01 моль нитрата бария.
9. Чему равна процентная концентрация раствора, полученного растворением 7,5 г нитрата натрия в 42,5 г воды?
10. Чему равен эквивалент серной кислоты в реакциях: а) полной нейтрализации; б) неполной нейтрализации; в) восстановления – до сернистого газа?
11. Чему равен эквивалент азотной кислоты в реакциях: а) нейтрализации; б) её восстановления до двуокиси азота; - до окиси азота; - до соединений аммиака?
12. Сколько граммов азотной кислоты (плотность 1,4) потребуется для приготовления 3000 мл 2,00 N раствора?
13. Сколько граммов 36%-ной соляной кислоты потребуется для приготовления 5,0 л 0,2 N раствора?
14. Сколько миллилитров 0,1 N раствора фосфорной кислоты можно приготовить из 10 мл. раствора, имеющего плотность 1,14?

15. Вычислите ионную силу раствора, содержащего в 1 л 0,01 моль хлорида кальция и 0,1 моль сульфата натрия.

16. Вычислите ионную силу и активность ионов в растворе, содержащем в 1 л 0,001 моль сульфата натрия.

17. Рассчитать pH:

а) 0,2 М раствора муравьиной кислоты;

б) 0,1 М раствора мышьяковой кислоты;

в) 0,01 М раствора фосфата натрия;

г) 0,01 М раствора гидрофосфата натрия;

д) 0,1 М раствора цианида натрия;

е) 0,01 М раствора ацетата аммония;

ж) 0,02 М раствора хлорида аммония.

18. Сколько миллилитров серной кислоты ( $\rho = 1,835 \text{ г/см}^3$ ) требуется для приготовления 2,5 л 0,2 н. раствора?

19. Нормальность раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  была установлена по карбонату кальция, содержащему 91,90%  $\text{CaCO}_3$  без примеси других оснований. К навеске 0,6724 г добавили 29,87 мл кислоты и избыток ее оттитровали 10,27 мл раствора  $\text{NaOH}$  (1 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эквивалентен 1,024 мл  $\text{NaOH}$ ). Вычислить нормальность  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaOH}$ .

20. До какого объема нужно довести раствор, в котором содержится 1,530 г  $\text{NaOH}$ , чтобы на титрование 20,00 мл раствора израсходовать 14,70 мл  $\text{HCl}$  ( $T_{\text{HCl}} = 0,003800$ )?

21. Построить кривые титрования и подобрать индикаторы для титрования: 0,1 М  $\text{H}_3\text{PO}_4$  0,1 н. раствором  $\text{NaOH}$ .

22. Рассчитать индикаторную ошибку титрования 0,01 н.  $\text{HCl}$  0,01 н. раствором  $\text{NaOH}$  с фенолфталеином ( $pT=9$ ).

23. Пробу соли аммония в 1,000 г обработали избытком концентрированного раствора  $\text{NaOH}$ . Выделившийся аммиак был поглощен 50,00 мл 1,0720 н.  $\text{HCl}$ . Избыток кислоты был оттитрован 25,40 мл раствора  $\text{NaOH}$  ( $T_{\text{NaOH}} = 0,004120$ ). Вычислить процентное содержание  $\text{NH}_3$  в образце.

24. Вычислить нормальность и титр раствора  $\text{HCl}$ , если на титрование 0,4217 г буры израсходовано 17,50 мл этой кислоты.

25. Навеску 0,5341 г щелочи, содержащей 92%  $\text{NaOH}$  и 8% индифферентных примесей, растворили в мерной колбе емкостью 100 мл. Определить нормальность и титр  $\text{HCl}$ ,  $T_{\text{HCl/NaOH}}$ , если на титрование 15,00 мл раствора  $\text{NaOH}$  израсходовали 19,50 мл кислоты.

26. Построить кривые титрования и подобрать индикаторы для титрования:

0,3 н.  $C_2H_5NH_2$  0,3 н. раствором HCl.

27. Вычислить индикаторную ошибку титрования 0,2 н. HCl 0,2 н. раствором NaOH с метиловым красным ( $PT=5$ ).

28. Определить постоянную жесткость воды, если к 100 мл исследуемой воды прибавили 20,00 мл раствора  $Na_2CO_3$  ( $T_{Na_2CO_3/CaO} = 0,003000$ ) и после фильтрования осадка карбонатов кальция и магния избыток  $Na_2CO_3$  оттитровали 17,30 мл раствора HCl (20,00 мл раствора  $Na_2CO_3$  эквивалентны 21,00 мл раствора HCl).

29. Проба для анализа представляет собой смесь х. ч.  $Na_2CO_3$  и х. ч.  $K_2CO_3$ . Для нейтрализации 0,1000 г этой смеси до  $CO_2$  израсходовали 22,00 мл раствора HCl. Определить нормальность кислоты, если содержание  $Na_2CO_3$  в смеси 37,00%.

30. Рассчитать нормальную концентрацию дихромата калия в растворе и его титр, если в 500,0 мл раствора содержится 1,2230 г соли.

31. Вычислить массу навески дихромата калия, необходимую для приготовления 250,0 мл раствора с нормальной концентрацией 0,1000 моль/л.

32. В каком объеме раствора содержится 0,2783 г бромата калия, если нормальная концентрация соли в этом растворе равна 0,0500 моль/л.

33. Образец металлического железа массой 1,0132 г растворили в серной кислоте и получили 250,0 мл раствора. Аликвотную долю объемом 10,00 мл оттитровали раствором дихромата калия с нормальной концентрацией 0,0750 моль/л. Вычислить массовую долю примесей в % в образце железа, если на титрование было затрачено 9,58 мл раствора титранта.