

Т.Є. Медведева, Н.М. Хрустальова, Г.В. Клокол

**Методичні вказівки  
до вивчення курсу аналітичної хімії  
Частина 2. Кількісний аналіз**

**для студентів  
природничо-географічного факультету  
спеціальностей "Хімія" та "Біохімія"**



Луганськ  
Знання  
2007

Міністерство освіти і науки України  
Луганський національний педагогічний університет  
імені Тараса Шевченка

Т.Є. Медведєва, Н.М. Хрустальова, Г.В. Клокол

**Методичні вказівки  
до вивчення курсу аналітичної хімії  
Частина 2. Кількісний аналіз**

**для студентів  
природничо-географічного факультету  
спеціальностей "Хімія" та "Біохімія"**

Луганськ

Знання

2007

УДК 543 (076.1)

ББК24.4р3

М54

Рецензент: Ш.Г. Пилавов – кандидат хімічних наук, доцент,  
завідувач кафедри хімії Луганського національного аграрного  
університету.

М54 Методичні вказівки до вивчення курсу аналітичної  
хімії. Частина 2. Кількісний аналіз (для студентів  
природничо-географічного факультету спеціальностей  
"Хімія" та "Біохімія"). – Луганськ: Знання. 2007. - 51 с.

Упорядники: доц., к.х.н. Т. Є. Медведєва

доц., к.х.н. Н. М. Хрустальова

доц., к.х.н. Г. В. Клокол

Методичні вказівки спрямовані на надання допомоги студентам в організації  
самостійної роботи при підготовці до лабораторних занять з аналітичної хімії (кількісний  
аналіз). Дані вказівки містять: перелік питань до теоретичної підготовки, завдання для  
самоконтролю та індивідуальні завдання, які дозволяють студентам оцінити ступінь  
засвоєння матеріалу теми, опис методик виконання лабораторних робіт, перелік  
рекомендованої літератури.

*Рекомендовано кафедрою хімії та біохімії Луганського національного  
педагогічного університету імені Тараса Шевченка  
(протокол № 5 від 24.01.2007 року)*

УДК 543 (076.1)

ББК24.4р3

© Колектив авторів, 2007

© Знання, 2007

## Содержание

Введение.....	4
1. Техника взвешивания и работа с мерной посудой .....	5
1.1. Правила взвешивания на демпферных весах .....	5
1.2. Правила работы с бюреткой .....	6
1.3. Правила работы с пипеткой .....	6
2. Лабораторный практикум по химическим методам количественного анализа.....	7
2.1. Тема 1. Предмет и методы количественного анализа .....	7
2.2. Тема 2. Гравиметрический анализ .....	8
2.3. Тема 3. Титриметрический анализ .....	10
2.4. Тема 4. Метод кислотно-основного титрования... ..	12
2.5. Тема 5. Методы редоксиметрии .....	20
2.6. Тема 6. Перманганатометрия.....	22
2.7. Тема 7. Йодометрия .....	28
2.8. Тема 8. Методы осаждения .....	32
2.9. Тема 9. Методы комплексонометрии.....	35
2.10. Тема 10. Хроматография.....	38
3. Индивидуальные задания .....	41
4. Вопросы к зачету по количественному анализу .....	51

## Введение

Аналитическая химия, и в частности, количественный анализ имеет большое значение для науки и производства. Химический анализ является важнейшим методом исследования и применяется во всех областях науки, которые так или иначе соприкасаются с химией. Количественный анализ играет большую роль в подготовке специалистов разнообразного профиля, в том числе, учителей химии и биологии, а также специалистов в области биохимии. Изучение количественного анализа дает студентам знания основных методов анализа, их теоретического обоснования и применения, формирует у них точность и аккуратность в самостоятельной подготовке эксперимента, прививает навыки научно-исследовательской работы.

Часть 2 данных методических указаний посвящена теоретическим основам химических методов количественного анализа: гравиметрического и титриметрического (методов кислотно-основного титрования, редоксиметрии, осаждения, комплексонометрии). Практическая часть направлена на выработку умений и навыков по приготовлению титрованных растворов, выполнению прямого и косвенного титрований, обработке полученных результатов.

Методические указания включают:

- вопросы теоретической подготовки к лабораторным занятиям;
- правила работы с аналитическими весами и мерной посудой;
- задания для самоконтроля (проблемные вопросы, типовые и комбинированные расчетные задачи);
- методики выполнения лабораторных работ и расчетов результатов анализа;
- индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов по каждой теме;
- перечень рекомендуемой литературы.

Система работы студентов, предложенная методическими указаниями, позволит формировать знания по каждому методу химического количественного анализа, выработать умения и навыки не только выполнения анализа, но и выбора оптимальной методики для конкретных случаев.

Данные методические указания являются одновременно и рабочей тетрадью студента. Поэтому после проведения анализа полученные результаты нужно внести в соответствующие таблицы или формулы и произвести расчеты.

## 1. Техника взвешивания и работа с мерной посудой

### 1. Правила взвешивания на демпферных весах

1. Приступая к взвешиванию, прежде всего при помощи штетсельной вилки со шнуром включите осветитель.
2. Далее отрегулируйте положение нулевой точки. Для этого, не открывая дверок шкафа, осторожно поверните до отказа диск арретира. При этом автоматически включается лампочка осветителя и на экране вейтографа появляется увеличенное изображение микрошкалы, прикрепленной к стенке весов. Пока стрелка колеблется, изображение микрошкалы перемещается вдоль экрана. Однако благодаря демпферам стрелка почти сразу останавливается и перемещение изображения микрошкалы прекращается. При ненагруженных весах нуль шкалы должен точно совпадать с вертикальной линией на экране (риской). Если такого совпадения нет, его нужно добиться, вращая в ту или иную сторону головку регулировочного винта, находящуюся снаружи, на нижней доске весов над диском арретира.
3. Поместив взвешиваемый предмет на левую чашку весов и накладывая на правую чашку разновески из ящика, обычным способом найдите число целых граммов в определяемой массе, т.е. проведите взвешивание с точностью до 1 г.
4. Затем, закрыв дверку шкафа, приступайте к нахождению десятых и сотых долей грамма. Для этого, поворачивая внешний диск, совмещайте неподвижный указатель с различными цифрами диска, каждый раз проверяя, в какую сторону отклоняется стрелка весов. Как и всегда, при наложении или снятии каких-либо разновесок, т.е. при каждом повороте диска, необходимо предварительно арретировать весы. Когда число десятых долей грамма будет установлено, приступайте к нахождению сотых долей грамма, которое проводится с помощью внутреннего диска и ведется совершенно так же.
5. Найдя, как описано выше, определяемую массу с точностью до 0,01 г, поверните до отказа диск арретира и после прекращения колебаний сделайте отсчет положения вертикальной линии по шкале на экране. Крупные деления этой шкалы, соответствующие целым миллиграммам, обозначены цифрами со знаком плюс или минус. Знак плюс показывает, что величину сделанного отсчета нужно прибавить к массе помещенных на весы разновесок.

Наоборот, если отсчет по шкале получается со знаком минус, величину отсчета нужно вычесть из величин массы разновесок. После окончания взвешивания снимите с весов взвешиваемый предмет и разновески. Для снятия мелких разновесок нулевые деления обоих дисков совместите с неподвижным указателем.

## 2. Правила работы с бюреткой

1. Бюретку тщательно вымыть и ополоснуть несколько раз дистиллированной водой;
2. закрепить вертикально в штативе;
3. вставить воронку и ополоснуть несколькими порциями соответствующего раствора;
4. последней порцией промывного раствора вытеснить воздух из носика бюретки;
5. заполнить бюретку раствором (несколько выше нулевой отметки);
6. убрать воронку;
7. довести объем раствора до нулевой отметки (если раствор прозрачен – по нижнему мениску, а если не прозрачен – по верхнему);
8. при титровании подачу жидкости из бюретки регулировать, держа зажим левой рукой, подливать раствор медленно, особенно в конце титрования, колбу для титрования держать за горлышко правой рукой и, совершая вращательные движения, непрерывно перемешивать содержимое колбы;
9. перед вторым титрованием уровень жидкости в бюретке снова довести до нулевой метки.

## 3. Правила работы с пипеткой

1. Пипетку тщательно вымыть и ополоснуть несколько раз дистиллированной водой, продуть пипетку, обтереть ее снаружи полоской фильтровальной бумаги;
2. ополоснуть пипетку несколько раз небольшими порциями соответствующего раствора (раствор всасывается через нижний конец пипетки);
3. набрать раствор в пипетку выше метки (следить, чтобы конец пипетки был погружен в раствор);
4. зажимать пипетку следует указательным пальцем правой руки;
5. вынуть кончик пипетки из раствора, довести уровень жидкости до метки;

6. перенесение раствора в колбу; внести конец пипетки в колбу, прижать его к стенке колбы, отвести палец от отверстия пипетки и, держа ее вертикально, дать жидкости свободно стечь; последнюю каплю не выдувать.

## 2. Лабораторный практикум по химическим методам количественного анализа

### Тема 1. Предмет и методы количественного анализа.

#### Вопросы для теоретической подготовки

Предмет и задачи количественного анализа. Научное и практическое значение количественного анализа. Современная классификация методов количественного анализа. Химические методы анализа, их характеристика. Отбор проб для анализа. Аналитические измерительные приборы. Мерная посуда. Ошибки количественного анализа: систематические и случайные, абсолютные и относительные. Математическая статистическая обработка результатов анализа.

#### Задания для самоконтроля

1. В чем сущность химических, физических и физико-химических методов анализа?
2. В чем заключается подготовка вещества к анализу?
3. Какая посуда применяется в анализе, как ее готовят к анализу?
4. Виды систематических ошибок, как их можно устранить или свести до минимума?
5. Что такое правильность определения или метода? Точность определения или метода? Можно ли по хорошей точности определения или метода судить о его правильности?

#### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ.-М.: Химия, 1972.-Гл. 1, §§ 1,2,7 – 15.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 1 (1.4; 1.6); Гл. 7.(7.1).

- Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 1, 2.
- Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия.-М.: Просвещение, 1979.-Ч. 2.-Гл. VIII.

## Тема 2. Гравиметрический (весовой) анализ.

### Вопросы для теоретической подготовки

Сущность метода. Требования к качеству осадков. Выбор осадителя. Осаждаемая и гравиметрическая формы осадка, требования к ним. Влияние избытка осадителя на полноту осаждения. Оптимальные условия осаждения аморфных осадков. Загрязнение осадков посторонними веществами. Адсорбция и окклюзия как причины загрязнения осадков. Явления соосаждения, меры борьбы с ними. Техника выполнения важнейших операций в гравиметрическом анализе. Подготовка вещества к анализу.

Лабораторная посуда и ее подготовка к анализу. Лабораторный журнал. Аналитические весы, их устройство. Методы взвешивания и правила обращения с аналитическими весами. Взятие навески. Осаждение веществ, фильтрование и промывание осадков. Воспроизводимость анализов и сходимость результатов параллельных опытов. Вычисление результатов анализа. Техника безопасности при эксплуатации электрооборудования.

### Задания для самоконтроля

- В чем заключается сущность гравиметрического анализа?
- Что такое осаждаемая форма? Весовая форма? Какие требования предъявляют к ним в гравиметрическом анализе?
- Пригодны ли в качестве весовой формы такие соединения, как гидроксид алюминия, гидроксид меди (II)? Зачем их прокалывают в ходе анализа? Почему карбонат кальция является более удобной весовой формой, чем оксид кальция?
- Кую цель преследуют, употребляя при осаждении избыток осадителя? Почему нельзя брать слишком большой избыток его?
- Какие процессы происходят с кристаллическими осадками при их старении? Почему старение осадка выгодно для анализа?
- Что такое соосаждение? Чем оно отличается от обычного (химического) осаждения вместе с данным соединением каких-либо посто-

ронних веществ из раствора? Почему при гравиметрическом анализе приходится предупреждать соосаждение?

- Что такое беззольные фильтры? Какие сорта их применяют в гравиметрическом анализе? Какие преимущества дает фильтрование осадков через фильтрующие тигли?
- Что такое фактор пересчета? Что он показывает? Вычислите фактор пересчета для определения массы цинка по массе пирофосфата цинка.
- Определите массовую долю серебра в нитрате серебра, если при осаждении его из раствора, содержащего 0,5000 г этой соли, получено 0,4216 г хлорида серебра. Правильность выполнения анализа проверьте, сопоставляя полученный результат с массовой долей серебра, отвечающей формуле  $\text{AgNO}_3$ .
- Какую навеску железного купороса нужно взять для определения в нем железа в виде оксида железа (III), считая, что оптимальная масса оксида железа (III) равна 0,2 г?
- Укажите важнейшие неорганические осадители, употребляемые при определении ионов, и приведите примеры их применения. В чем заключаются преимущества органических реагентов перед неорганическими?
- Что такое экстрагирование? Как оно применяется для разделения ионов?
- Как проводится разделение ионов методами адсорбционной и осадочной хроматографии? В чем сущность ионообменной хроматографии? Как она применяется в количественном анализе?
- Навеску известняка 1,2300 г растворили в кислоте. Раствор отфильтровали и обработали раствором аммиака. Масса прокаленного осадка полуторных оксидов 0,05840 г. Из этого осадка выделили алюминий в виде оксида алюминия, масса которого после прокалывания равна 0,02320 г. Каковы массовые доли железа и алюминия в образце?
- Препарат сульфата натрия перекристаллизовали и оставили на некоторое время открытым. Из навески этого препарата 0,7872 г получили 0,5108 г прокаленного осадка сульфата бария. Какова массовая доля воды в препарате? Выветрился он частично во время стояния или, наоборот, поглотил влагу?

### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ.-М.: Химия, 1972.-Гл. II, III, IV. - §§ 37,38.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 8.
3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 9.1.
4. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия.-М.: Просвещение, 1979.-Ч. 2.- Гл. IX.
5. Семенов А.С. Охрана труда и техника безопасности по химии.-М.: 1981.-Гл. 5.

### Тема 3. Титриметрический (объемный) анализ

#### Вопросы для теоретической подготовки

Сущность титриметрического анализа, его достоинства и недостатки по сравнению с гравиметрическим. Требования к реакциям, применяемым в титриметрическом анализе. Титрование. Определение точки эквивалентности. Методы титриметрического анализа, основанные на реакциях обмена и окисления - восстановления.

Оборудование, посуда в титриметрическом анализе. Техника титриметрических определений, метод пипетирования, метод отдельных навесок. Прямое титрование, титрование по остатку и титрование по заместителю.

Способы выражения концентрации растворов в титриметрическом анализе. Приготовление исходных и рабочих растворов. Рабочие растворы с приготовленным и установленным титром. Вещества, применяемые для приготовления растворов и требования к ним. Установка титра рабочего раствора по исходному. Вычисления в титриметрическом анализе.

#### Задания для самоконтроля

1. В чем сущность титриметрического анализа?
2. В чем отличие титриметрического и гравиметрического анализа?
3. Что такое точка эквивалентности титрования и как она фиксируется?

4. Каким требованиям должны удовлетворять реакции, применяемые в титриметрическом анализе?
5. Какие вещества называют “исходными” или “стандартными” и какие требования к ним предъявляются?
6. Что такое “стандарт-титр” или “фиксанал”?
7. Как проводятся определения по методу пипетирования? По методу отдельных навесок?
8. Что представляет собой величина  $z$  в формуле для вычисления молярной массы эквивалента:  $M\left(\frac{1}{z}x\right) = \frac{M(x)}{z}$  в случае: а) реакций обмена; б) реакций окисления - восстановления?
9. Объясните значение выражений  $T_{\text{HCl/Na}_2\text{CO}_3}$  и  $T_{\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{HCl}}$ . В граммах каких веществ выражен каждый из указанных титров?
10. Чему равны молярная концентрация эквивалента и титр раствора серной кислоты, если на титрование 20,00 мл его израсходовано 15,00 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией эквивалента 0,1202 моль/л?
11. Чему равен  $T_{\text{HCl/CaO}}$ , если на титрование 0,1144 г карбоната кальция идет 27,65 мл раствора соляной кислоты?
12. Для определения свободного оксида фосфора (V) в суперфосфате, содержащуюся в водном растворе его ортофосфорную кислоту титруют гидроксидом натрия, причем образуется дигидрофосфат натрия. Чему равен  $T_{\text{NaOH/P}_2\text{O}_5}$ , если на титрование 0,1035 г щавелевой кислоты расходуется 25,15 мл данного раствора гидроксида натрия?
13. Какую навеску  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  следует взять, чтобы после ее растворения и разбавления раствора в мерной колбе до 250,0 мл получился раствор, каждый миллилитр которого осаждает (в присутствии  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) 1,0 мг  $\text{Ca}^{2+}$  из раствора солей кальция?
14. Сколько миллилитров раствора с массовой долей  $\text{HCl}$  0,2 ( $\rho = 1,098$  г/мл) нужно взять для приготовления 500 мл раствора с молярной концентрацией 0,1000 моль/л?
15. Сколько миллилитров раствора ортофосфорной кислоты с массовой долей ее 0,5 ( $\rho = 1,335$  г/мл) следует взять для приготовления 800 мл раствора с титром  $3,27 \cdot 10^{-4}$  г/мл?

#### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ.-М.: Химия, 1972.-Гл. V.

2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 9.
3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 9.2 (9.2.1-9.2.3).
4. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия.-М.: Просвещение, 1979.-Ч. 2.-Гл. X.

#### Тема 4. Метод кислотно-основного титрования

##### Вопросы для теоретической подготовки

Алкалиметрия и ацидиметрия. Кислотность и щелочность среды. Водородный показатель. Индикаторы метода кислотно-основного титрования. Теория индикаторов. Интервалы переходов важнейших индикаторов, показатель титрования индикатора. Различные случаи титрования: титрование сильных кислот сильными щелочами, слабых кислот сильными щелочами, слабых щелочей сильными кислотами, солей слабых кислот или слабых оснований. Кривые титрования.

Точка эквивалентности в различных случаях титрования и точка нейтральности. Выбор индикатора для конкретных случаев титрования. Влияние различных факторов на величину скачка титрования. Индикаторные ошибки. Применение метода нейтрализации в анализе.

Меры техники безопасности и первой помощи при работе с кислотами и щелочами.

##### Задания для самоконтроля

1. Чему равен рН раствора: а) гидроксида калия с молярной концентрацией  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л; б) гидроксида аммония такой же концентрации?
2. Чему равен рН смеси, содержащей в 1 л 0,2 моль гидроксида аммония и 0,02 моль нитрата аммония?
3. Как изменится рН раствора азотной кислоты с молярной концентрацией  $1 \cdot 10^{-5}$  моль/л при прибавлении к 1 л его 0,01 моль: а) азотной кислоты; б) гидроксида натрия?

4. Раствор содержит в 1 л 0,05 моль муравьиной кислоты и 0,5 моль формиата натрия. Чему равен рН этого раствора и как он изменится при добавлении к 1 л его 0,01 моль: а) азотной кислоты; б) гидроксида натрия. (Сравнить ответ с результатом предыдущей задачи).
5. В каких случаях точка эквивалентности лежит при рН = 7? При рН < 7? При рН > 7?
6. В чем заключается сущность ионной и хромофорной теории индикаторов? Что такое хромофоры, аукохромы?
7. Напишите структурные формулы обеих таутомерных форм *l*-нитрофенола. Объясните механизм изменения окраски его с позиций ионно-хромофорной теории индикаторов.
8. Два раствора имеют рН, равные соответственно 7,5 и 11,0. Будут ли отличаться между собой окраски в этих растворах: а) лакмуса (интервал перехода 5,0 – 8,0); б) фенолфталеина (интервал перехода 8,0 – 10,0)?
9. Что такое показатель титрования индикатора?
10. Как не прибегая к вычислениям ориентировочно решить, какой индикатор выбрать для данного титрования? Почему одним качественным подходом к решению этого вопроса довольствоваться нельзя?
11. Рассчитать и построить кривую титрования раствора муравьиной кислоты с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором гидроксида калия такой же концентрации. Какие из обычно применяемых индикаторов подойдут в данном случае?
12. К 25 мл раствора уксусной кислоты с молярной концентрацией 0,2 моль/л прибавили 24 мл раствора гидроксида натрия такой же концентрации. Чему равен рН полученного раствора?
13. К 25 мл раствора уксусной кислоты с молярной концентрацией 0,2 моль/л прибавили 26 мл раствора гидроксида натрия такой же концентрации. Чему равен рН полученного раствора?
14. Что такое индикаторная ошибка? Перечислить типы индикаторных ошибок титрования.
15. Как титруются карбонат калия и гидрокарбонат калия с метиловым оранжевым и фенолфталеином? Как, пользуясь этим, определить содержание карбоната и гидрокарбоната калия, если они присутствуют совместно?
16. Почему при приготовлении рабочего раствора щелочи его очищают от примеси карбоната? Нужно ли это делать, если данным раствором щелочи предполагают титровать только сильные кислоты?



17. Какое значение имеет тот или иной порядок титрования? Что такое свидетели и для чего они применяются?
18. Почему бюретку и пипетку необходимо предварительно ополаскивать тем раствором, которым их будут наполнять? Можно ли ополаскивать титруемым раствором колбу, в которой будут вести титрование?
19. Вычислить молярную концентрацию эквивалента и титр раствора серной кислоты, если на титрование 25,00 мл раствора карбоната натрия, полученного растворением навески его 0,5000 г в мерной колбе емкостью 200 мл, с метиловым оранжевым расходуется 12,05 мл раствора серной кислоты.
20. Какова массовая доля азотной кислоты в растворе, если после разбавления 4,8885 г его в мерной колбе емкостью 500,00 мл на титрование 25,00 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,1040 моль/л израсходовано 24,45 мл полученного раствора азотной кислоты?
21. Сколько граммов гидроксида и гидрокарбоната калия содержит навеска препарата технического едкого кали, если на титрование ее раствора в произвольном объеме воды с фенолфталеином израсходовано 22,40 мл, а с метиловым оранжевым – 25,80 мл раствора соляной кислоты с молярной концентрацией эквивалента 0,09500 моль/л?
22. Укажите, какие из следующих соединений: гидроксид калия, карбонат калия или гидрокарбонат калия присутствуют в данном растворе, если: а) на титрование его с фенолфталеином и метиловым оранжевым идет одинаковое количество соляной кислоты; б) раствор не обнаруживает щелочной реакции с фенолфталеином, но может быть оттитрован с метиловым оранжевым; в) на титрование с фенолфталеином идет вдвое меньше соляной кислоты, чем с метиловым оранжевым.
23. В чем сущность методов титрования по остатку, по заместителю?
24. Вычислить массовую долю аммиака в техническом сульфате аммония, если его навеска 1,6160 г растворена в мерной колбе емкостью 250 мл. При кипячении 25,00 мл полученного раствора с концентрированным раствором щелочи выделяющийся аммиак поглощен 40,00 мл раствора серной кислоты с молярной концентрацией эквивалента 0,1020 моль/л, а на титрование избытка серной кислоты израсходовано 17,00 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,09005 моль/л?

25. Чему равна карбонатная жесткость воды, если на титрование 100,00 мл ее израсходовано 5,00 мл раствора соляной кислоты с молярной концентрацией 0,09005 моль/л?

### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ.-М.: Химия, 1972.-Гл. VI, VII.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 10.
3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 9.2 (9.2.4).
4. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия.-М.: Просвещение, 1979.-Ч. 2.-Гл. XI.
5. Семенов А.С. Охрана труда и техника безопасности по химии.-М.: 1981.-Гл. 3, 4.

### Лабораторная работа

#### I. Приготовление исходного раствора кислоты

##### Методика выполнения работы

Раствор готовят из стандарт-титра.

Перед употреблением стандарт-титра необходимо снять надпись с ампулы и промыть наружную поверхность ее дистиллированной водой.

В мерную колбу емкостью 500 мл вставляют обыкновенную воронку диаметром 9 – 10 см. Затем в воронку вставляют боек с утолщением.

При перенесении содержимого в колбу ампулу поворачивают дном вниз и слегка ударяют углублением об острие бойка, затем, не перевертывая ампулы, вторым бойком пробивается верхнее (или боковое) углубление ампулы и дают полностью выйти содержимому.

Не изменяя положения ампулы, последнюю тщательно промывают изнутри дистиллированной водой в количестве шестикратного объема ампулы.

После растворения содержимого ампулы, объем жидкости доводят до метки и тщательно перемешивают раствор. Рассчитывают молярную концентрацию эквивалента полученного раствора по формуле:

$$C( \quad ) =$$

## II. Установка титра рабочего раствора щелочи

### Методика выполнения работы

Бюретку ополаскивают два раза небольшим количеством исходного раствора серной кислоты. После этого бюретку заполняют выше метки раствором серной кислоты, затем подставив под нее банку и приоткрыв зажим, заполняют носик бюретки так, чтобы полностью вытеснить воздух. Уровень раствора в бюретке доводят до нулевого деления.

В чистую колбу для титрования переносят аликвотную часть раствора щелочи, предварительно дважды ополоснув пипетку этим же раствором. К раствору щелочи добавляют 1 – 2 капли метилового оранжевого. Постепенно капля за каплей, при непрерывном перемешивании, к раствору щелочи из бюретки приливают раствор кислоты до перехода желтой окраски в розовую. Отсчитав по делениям бюретки количество раствора кислоты, израсходованной на титрование, записывают данные в лабораторный журнал.

Для более точной фиксации точки эквивалентности готовят свидетель. Для этого цилиндром отмеряют 50 мл дистиллированной воды, добавляют 1 – 2 капли метилового оранжевого и одну каплю из бюретки серной кислоты. Окраска раствора в конце титрования должна быть такой же как и у свидетеля.

Титрование следует повторить не менее трех раз, каждый раз отбирая новую порцию раствора и устанавливая уровень раствора в бюретке на нулевом делении. Разница между результатами титрования не должна превышать 0,05 мл. Если наблюдаются большие расхождения, то титрование повторяют до получения трех сходящихся в пределах ошибки измерения объема результатов, из которых берут средний. Все результаты титрования следует заносить в лабораторный журнал. По среднему результату делают расчет молярной концентрации эквивалента раствора щелочи.

Таблица результатов титрования

V (NaOH), мл	V (к-ты), мл	Индикатор
20,00	V <sub>ср.</sub> =	метилоранжевый
20,00		
20,00		

### Расчеты результатов анализа

Молярную концентрацию эквивалента и титр раствора гидроксида натрия рассчитывают по следующим формулам:

$$c(\text{NaOH}) =$$

$$T(\text{NaOH}) =$$

## III. Определение массы кислоты в растворе

### Методика выполнения работы

Бюретку ополаскивают два раза небольшим количеством рабочего раствора щелочи. После этого бюретку заполняют выше метки раствором щелочи, затем, подставив под нее банку и приоткрыв зажим, заполняют носик бюретки так, чтобы полностью вытеснить воздух. Уровень раствора в бюретке доводят до нулевого деления. Раствор кислоты в мерной колбе на 100 мл доводят до метки, закрывают пробкой и перемешивают.

В чистую колбу для титрования переносят пипеткой аликвотную часть раствора кислоты, предварительно дважды ополоснув пипетку этим же раствором. К раствору кислоты добавляют 1 – 2 капли фенолфталеина. Постепенно капля за каплей, при непрерывном перемешивании, к раствору кислоты из бюретки приливают раствор щелочи до появления розовой окраски. Делают

отсчет по бюретке, данные заносят в лабораторный журнал. Титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов, из которых берут средний. По среднему результату делают расчет массы кислоты в растворе.

Таблица результатов титрования

V ( ), мл	V (NaOH), мл	Индикатор
10,00	V <sub>ср.</sub> =	фенолфталеин
10,00		
10,00		

Расчеты результатов анализа

Массу кислоты рассчитывают по формуле:

$$m( ) =$$

$$m(\text{практ}) =$$

Относительная погрешность анализа:

$$\sigma =$$

#### IV. Определение масс гидроксида и карбоната натрия при совместном присутствии

##### Методика выполнения работы

Бюретку заполняют рабочим раствором серной кислоты. Раствор в мерной колбе на 100 мл, содержащий смесь гидроксида и

карбоната натрия, доводят до метки, закрывают пробкой и перемешивают.

В чистую колбу для титрования переносят пипеткой аликвотную часть раствора, прибавляют к нему 8-10 капель 0,1% раствора фенолфталеина и титруют рабочим раствором серной кислоты до исчезновения малиновой окраски от одной капли. Делают отсчет по бюретке и данные заносят в лабораторный журнал. Прибавляют к оттитрованному раствору 1-2 капли метилового оранжевого (при этом раствор окрасится в желтый цвет) и продолжают титрование до исчезающей розовой окраски раствора. Снова делают отсчет по бюретке и заносят его в лабораторный журнал. Титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов, из которых берут средний. По среднему результату рассчитывают массы гидроксида и карбоната натрия.

Таблица результатов титрования

V ( смеси), мл	V (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), мл при титровании с фенолфталеином	V (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), мл при титровании с метиловым оранжевым
10,00	V <sub>ср.</sub> =	V <sub>ср.</sub> =
10,00		
10,00		

Расчеты результатов анализа

$$V_{\text{ср.}}(\text{на титрование NaOH}) =$$

$$V_{\text{ср.}}(\text{на титрование Na}_2\text{CO}_3) =$$

Массу гидроксида натрия определяют по формуле:

$$m(\text{NaOH}) =$$

$m(\text{практ.}) =$

Массу карбоната натрия определяют по формуле:

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) =$

$m(\text{практ.}) =$

Относительная погрешность анализа:

$\sigma =$

## Тема 5. Методы редоксиметрии

### Вопросы для теоретической подготовки

Окислительно-восстановительные процессы, применяемые в методах редоксиметрии. Отличие и сходство процессов обмена и окислительно-восстановительных.

Окислительно-восстановительный потенциал как мера способности вещества к присоединению или отдаче электронов. Константа равновесия редокс-реакций. Кривые титрования редокс-методов. Способы определения конца титрования; индикаторы методов редоксиметрии. Понятие о сложности и многостадийности окислительно-восстановительных процессов, используемых в объемном анализе.

### Задания для самоконтроля

1. Чем отличаются реакции окисления-восстановления от реакций обмена? Какую роль играет при реакции окислитель и восстановитель.

2. В чем разница между сильными и слабыми: а) восстановителями; б) окислителями? Приведите примеры, иллюстрирующие эту разницу.
3. Что такое окислительно-восстановительные потенциалы, как они определяются и что они характеризуют?
4. Вычислить потенциал перманганата при  $[\text{MnO}_4^-] = 0,5$  моль/л;  $[\text{Mn}^{2+}] = 0,2$  моль/л и  $\text{pH} = 4$ .
5. Учитывая величины стандартных потенциалов пар  $\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+}$  и  $\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$ , укажите, в каком направлении должна идти реакция между ними. Как объяснить тот факт, что в лаборатории получают хлор действием концентрированной соляной кислоты на оксид марганца (IV)?
6. Что представляют собой окислительно-восстановительные индикаторы? Какой химический процесс является причиной перемены их окраски?
7. Может ли раствор иодида калия являться окислительно-восстановительным индикатором? Можно ли причислить к окислительно-восстановительным индикаторам раствор крахмала, в присутствии которого титруют различные восстановители раствором йода?
8. От каких факторов зависит скорость окислительно-восстановительных реакций? Зависит ли она от разности окислительно-восстановительных потенциалов пар, участвующих в реакции?
9. Какие соображения можно привести в доказательство того, что окислительно-восстановительные реакции проходят через ряд промежуточных стадий?
10. Что такое катализ? Автокатализ? Приведите примеры.

### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ.-М.: Химия, 1973.-Гл. IX, §§ 87-92.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 13 (13.1-13.3).
3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 9.2 (9.2.6).
4. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия.-М.: Просвещение, 1979.-Гл. XII - §§ 71-75.

## Тема 6. Перманганатометрия

### Вопросы для теоретической подготовки

Сущность метода. Рабочий раствор перманганата, установка его титра. Применение метода перманганатометрии в прямых и косвенных методах анализа.

### Задания для самоконтроля

1. Чем отличается течение реакции окисления перманганатом в кислой среде от течения этой реакции в нейтральной или щелочной средах и как это различие объясняется? Чему равна молярная масса эквивалента перманганата калия в различных средах?
2. Почему нецелесообразно брать точную навеску перманганата калия при приготовлении титрованного раствора его? Почему к установлению титра перманганата калия приступают через несколько дней после его приготовления?
3. Почему при титровании щавелевой кислоты (или оксалата) первые капли раствора перманганата обесцвечиваются медленно, тогда как в дальнейшем обесцвечивание происходит практически мгновенно? Что можно сделать для того, чтобы так же мгновенно обесцвечивались и первые капли перманганата?
4. Как проводится перманганатометрическое определение окислителей? Проиллюстрируйте это на примере определения бертолетовой соли.
5. Как проводится определение кальция перманганатометрическим методом?
6. Для установки титра раствора перманганата калия приготовили раствор из 1,5020 г дигидрата щавелевой кислоты в мерной колбе на 250 мл. На титрование 25 мл этого раствора расходуется в среднем 23,68 мл устанавливаемого раствора перманганата калия. Определить: а) титр раствора перманганата калия; б) титр перманганата калия по железу; в) молярную концентрацию эквивалента раствора перманганата калия; г) поправочный коэффициент.
7. Какую навеску сплава следует взять для определения содержания железа перманганатометрическим методом, если навеска после растворения и восстановления будет разведена в мерной колбе на

250 мл; молярная концентрация эквивалента раствора перманганата калия 0,1 моль/л, а содержание железа в сплаве 20 %?

8. Навеска 0,2000 г руды, содержащей оксид марганца (IV) обработана избытком смеси щавелевой и серной кислот. Щавелевой кислоты взято 25,00 мл, на титрование не вошедшего в реакцию избытка ее израсходовано 20,05 мл раствора перманганата калия с молярной концентрацией эквивалента 0,01995 моль/л. Определить массовую долю марганца в руде, если известно, что на 25,00 мл раствора щавелевой кислоты расходуется 45,00 раствора перманганата калия.
9. 1,9710 г оксалата аммония растворили в мерной колбе на 500 мл. На титрование 25,00 мл этого раствора расходуется 28,25 мл раствора перманганата калия. Определить массовую долю моногидрата оксалата аммония в образце, если  $K(KMnO_4) = 0,9530$  к молярной концентрации эквивалента 0,05 моль/л.
10. 0,1627 г известняка растворили, затем обработали избытком оксалата аммония. Осадок отфильтровали, промыли, растворили в серной кислоте. Весь полученный раствор титруется раствором перманганата калия, которого на это расходуется 31,42 мл ( $T=0,002931$ ). Определить массовую долю оксида кальция в известняке.

### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ.-М.: Химия, 1972.-Гл. IX.- §§ 93-98
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 13 (13.4).
3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 9.2 (9.2.6).
4. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия.-М.: Просвещение, 1979.-Гл. XII - §§ 71-75.

## Лабораторная работа

### I. Приготовление исходного раствора оксалата натрия по навеске

#### Методика выполнения работы

В мерную колбу поместить воронку, ополоснуть крышку бюкса, высыпать содержимое бюкса в мерную колбу и хорошо промыть бюкс. Объем раствора в колбе довести до половины. Добиться полного растворения навески, перемешивая раствор. Довести объем раствора до метки. Закрыть колбу пробкой и перемешать. Затем раствор перелить в склянку.

Расчет концентрации раствора оксалата натрия.

$$m(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) =$$

Молярную концентрацию эквивалента и титр раствора оксалата натрия рассчитывают по следующим формулам:

$$C\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4\right) =$$

$$T(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) =$$

### II. Установка титра рабочего раствора перманганата калия

#### Методика выполнения работы

Бюретку заполняют раствором перманганата калия. В чистую колбу переносят 10 мл раствора оксалата натрия, приливают 10 мл раствора серной кислоты ( $W(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$ ) и нагревают содержимое колбы до  $70-80^\circ\text{C}$ . Не доводить раствор до кипения!

К горячему раствору в колбе приливают по каплям раствор перманганата калия. Каждую следующую каплю прибавляют тогда, когда исчезает окраска предыдущей. Первоначально обесцвечивание перманганата калия происходит медленно, но по мере образования сульфата марганца (II), играющего роль катализатора, оно ускоряется. Титрование прекращают, когда избыточная капля раствора

перманганата калия окрасит весь раствор в бледно-розовый цвет, не исчезающий в течение 30 с. (Температура окончания реакции  $60^\circ\text{C}$ ).

Из трех сходящихся результатов находят средний объем раствора перманганата калия.

Таблица результатов титрования

V ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ), мл	V ( $\text{KMnO}_4$ ), мл	Примечание
10,00		Метод безиндикаторный
10,00		
10,00	$V_{\text{ср.}} =$	

#### Расчеты результатов анализа

Молярную концентрацию эквивалента и титр раствора перманганата калия определяют по формулам:

$$c\left(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4\right) =$$

$$T(\text{KMnO}_4) =$$

### III. Определение массы сульфата железа (II)

#### Методика выполнения работы

Бюретку заполняют раствором перманганата калия. К раствору сульфата железа (II), содержащемуся в мерной колбе на 100 мл, приливают дистиллированную воду и доводят объем раствора до метки. 10 мл приготовленного раствора переносят в колбу для титрования, добавляют 10 мл серной кислоты ( $W(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$ ) и 1,5 мл концентрированной ортофосфорной кислоты и титруют раствором перманганата калия до того момента, когда избыточная капля перманганата калия окрасит весь раствор в бледно-розовый цвет, не исчезающий в течении 30 с. Титрование продолжают до получения

трех сходящихся результатов, из которых берут средний. Ортофосфорную кислоту добавляют для более точной фиксации точки эквивалентности, так как с катионами  $Fe^{3+}$  она образует бесцветное комплексное соединение.

Таблица результатов титрования

V( $FeSO_4$ ), мл	V( $KMnO_4$ ), мл	Примечание
10,00	$V_{ср}$	Метод безиндикаторный
10,00		
10,00		

Расчет результатов анализа

Массу сульфата железа (II) определяют по формуле:

$$m(FeSO_4) =$$

$$m(\text{практ}) =$$

Относительная погрешность анализа:

$$\sigma =$$

#### IV. Определение массы нитрита

Методика выполнения работы

К раствору нитрита, содержащемуся в мерной колбе, приливают дистиллированной воды, смесь перемешивают и доводят объем раствора до метки. 20 мл раствора перманганата калия переносят в колбу для титрования, приливают 10 мл раствора серной кислоты ( $W(H_2SO_4) = 20\%$ ) и 10 мл приготовленного раствора нитрита. Накрывают колбу стеклом и оставляют стоять на 10 – 15 минут, потом перемешивают. К окрашенному перманганатом калия раствору приливают 20 мл оксалата натрия, смесь нагревают до 70 –

80°C и обесцвеченный раствор, в котором содержится непрореагировавший остаток оксалата натрия, оттитровывают перманганатом калия. Титрование продолжают до получения трех сходящихся результатов, из которых берут средний.

Можно провести “холостой” опыт, чтобы установить соотношение объемов оксалата натрия и перманганата калия.

Таблица результатов титрования

V(нитрита), мл	V( $Na_2C_2O_4$ ), мл	V <sub>1</sub> ( $KMnO_4$ ), мл	V <sub>2</sub> ( $KMnO_4$ ), мл	Примечания
10,00	20,00	20,00	$V_{ср} =$	Метод безиндикаторный
10,00	20,00	20,00		
10,00	20,00	20,00		

Расчет результатов анализа

Массу нитрита рассчитывают по формуле:

$$m(\quad) =$$

$$m(\text{практ}) =$$

Относительная погрешность анализа:

$$\sigma =$$

## Тема 7. Йодометрия

### Вопросы для теоретической подготовки

Сущность метода йодометрии. Свободный йод как окислитель, ионы йода как восстановители. Окислительно-восстановительный потенциал пары  $I_2/2I^-$ .

Условия проведения йодометрических определений. Рабочие растворы, применяемые в йодометрии. Исходные вещества для установления титра тиосульфата натрия. Определение окислителей и восстановителей методом йодометрии (прямое, косвенное определение), примеры определений.

### Задания для самоконтроля

1. В чем заключается сущность йодометрии? Охарактеризуйте пару  $I_2/2I^-$  в соответствии с ее положением в таблице стандартных потенциалов и возможностью применения ее в анализе.
2. Как проводятся йодометрические определения восстановителей? Окислителей? Кислот? Проиллюстрируйте примерами.
3. Почему в перманганатометрии и дихроматометрии используются лишь окисленные, но не восстановленные формы соответствующих пар? Почему в отличие от этого в йодометрии используются указанные формы?
4. Каковы условия йодометрических определений? Дайте им обоснование.
5. Как использовать обратимость окислительно-восстановительных реакций? Поясните это на примере йодометрического определения мышьяка.
6. Можно ли при установке титра тиосульфата натрия по йоду подкисленный раствор тиосульфата натрия титровать раствором йода?
7. Почему при йодометрическом определении окислителей используется большой избыток йодида калия?
8. Какую навеску дихромата калия нужно взять для установки титра раствора тиосульфата натрия с молярной концентрацией эквивалента приблизительно 0,1 моль/л, если располагают мерной колбой емкостью 200 мл и пипеткой емкостью 10,00 мл и стремятся к тому, чтобы при титровании выделенного йода расходовалось около 20,00 мл раствора тиосульфата натрия?

9. Для определения свинца в руде взята навеска руды 5,0000 г. После растворения ее в кислоте ионы  $Pb^{2+}$  осаждены в виде хромата свинца, осадок отфильтрован, промыт и растворен в смеси соляной кислоты и йодида калия. Выделенный при этой реакции йод оттитрован раствором тиосульфата натрия с молярной концентрацией эквивалента 0,4995 моль/л и его израсходовано 42,05 мл. Определить массовую долю свинца в руде.
10. Для определения сероводорода к 25,00 мл раствора прибавили 50,00 мл раствора йода с молярной концентрацией эквивалента 0,01960 моль/л, после чего избыток не вошедшего в реакцию йода оттитровали раствором тиосульфата натрия с молярной концентрацией эквивалента 0,02040 моль/л, которого затрачено 11,00 мл. Сколько граммов сероводорода содержится в 1 л исследуемого раствора?
11. 3,3590 г белильной извести развели в мерной колбе на 250 мл. 25,00 мл полученной суспензии после обработки требуют для титрования 18,29 мл раствора тиосульфата натрия ( $T = 0,02453 \text{ г/мл}$ ). Какова массовая доля активного хлора в образце?

### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ.-М.: Химия, 1972.-Гл. IX. - §§ 101-107.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 13 (13.5).
3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 9.2 (9.2.6).
4. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия.-М.: Просвещение, 1979.-Гл. XII. - § 76.

### Лабораторная работа

#### I. Приготовление стандартного раствора дихромата калия

Взвесить на аналитических весах точную навеску дихромата калия, количественно перенести ее в мерную колбу на 100 мл, растворить ее в теплой воде, охладить раствор до комнатной температуры, довести объем раствора в колбе до метки, перемешать.



$$m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) =$$

Молярную концентрацию эквивалента и титр раствора дихромата калия рассчитывают по следующим формулам:

$$C\left(\frac{1}{6} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\right) =$$

$$T(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) =$$

### II. Установка титра рабочего раствора тиосульфата натрия

Бюретку заполняют раствором тиосульфата натрия. 10 мл раствора дихромата калия переносят в колбу для титрования, приливают 10 мл раствора серной кислоты ( $W(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$ ), добавляют йодид калия (йодида калия добавляют столько, чтобы выделившийся йод полностью растворился и раствор был прозрачным), содержимое колбы перемешивают. Колбу накрывают стеклом и ставят в темноту на 5 мин. Затем стекло смывают дистиллированной водой, в колбу для титрования добавляют ~100 мл дистиллированной воды и титруют раствором тиосульфата натрия до светло-желтой окраски раствора, после чего добавляют ~1 мл крахмала и продолжают титровать до исчезновения синей окраски. Следует иметь в виду, что катионы  $\text{Cr}^{3+}$ , образующиеся в результате восстановления дихромат-иона, имеет зеленоватую окраску, вследствие чего в точке эквивалентности раствор будет иметь бледно-зеленую окраску. Титрование продолжают до получения трех сходящихся результатов, из которых берут средний.

Таблица результатов титрования

$V(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$ , мл	$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ , мл	Примечание
10,00	$V_{\text{ср}}$	Крахмал
10,00		
10,00		

Молярную концентрацию и титр раствора тиосульфата натрия рассчитывают по следующим формулам:

$$C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) =$$

$$T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) =$$

### III. Определение массы соли меди (II)

Раствор, содержащий соль меди (II), в мерной колбе на 100 мл доводят до метки. Бюретку заполняют раствором тиосульфата натрия. 10 мл раствора соли меди (II) переносят в колбу для титрования, добавляют 2 мл раствора серной кислоты ( $W(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$ ) и около 0,5 г йодида калия. Колбу накрывают стеклом и ставят в темноту на 5 мин. Затем стекло смывают дистиллированной водой, добавляют 20 мл дистиллированной воды и титруют до того момента, когда раствор со взмученным в нем осадком будет иметь светло-желтую окраску. После этого добавляют ~1 мл крахмала и продолжают титровать до исчезновения синей окраски раствора, не появляющейся несколько минут (взмученный осадок после окончания титрования должен иметь цвет слоновой кости). Титрование продолжают до получения трех сходящихся результатов, из которых берут средний.

Таблица результатов титрования

$V(\text{соли меди (II)})$ , мл	$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ , мл	Примечание
10,00	$V_{\text{ср}}$	Крахмал
10,00		
10,00		

Расчеты результатов анализа

Массу соли меди (II) рассчитывают по формуле:

$$m(\quad) =$$

$m_{\text{практ.}} =$

Относительная погрешность анализа:

$\sigma =$

## Тема 8. Методы осаждения

### Вопросы для теоретической подготовки

Теоретические основы методов осаждения, их классификация. Метод аргентометрии. Способы фиксации точки эквивалентности: метод Мора, Фаянса, Фольгарда. Рабочие и исходные растворы метода. Кривые титрования. Области применения методов осаждения.

### Задания для самоконтроля

1. Соблюдение каких условий необходимо для того, чтобы та или иная реакция осаждения могла быть использована в титриметрическом анализе?
2. Рассчитайте скачок на кривой титрования раствора нитрата серебра с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором роданида аммония такой же концентрации.
3. В чем сущность безиндикаторных методов титрования?
4. На чем основано применение хромата калия в качестве индикатора при титровании хлоридов раствором нитрата серебра?
5. На раствор, содержащий хлорид- и йодид- ионы, действуют раствором нитрата серебра. Какая из солей – хлорид серебра или йодид серебра будет осаждаться в первую очередь? При какой концентрации осаждающегося первым аниона начинается осаждение другого, если начальные концентрации обоих анионов равнялись 0,01 моль/л?
6. Каков должен быть порядок титрования при определении серебра по методу Мора? Укажите условия применимости метода Мора.

7. В чем заключается сущность роданометрического метода определения серебра? Что является индикатором в этом методе? Почему роданометрическое титрование ведут в кислой среде?
8. Какие осложнения вносят явления адсорбции в титрование по методу осаждения? Почему для количественного определения  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и других катионов не применяют титрование растворов их солей раствором щелочи?
9. Как изменяется заряд частиц  $\text{AgCl}$  при титровании раствора хлорида раствором нитратом серебра? При обратном порядке титрования? Что такое изоэлектрическая точка?
10. На чем основано действие адсорбционных индикаторов? Приведите примеры иллюстрирующие это.
11. Какова массовая доля серебра в сплаве, если после растворения навески 0,3000 г его в азотной кислоте на титрование полученного раствора израсходовано 23,80 мл раствора роданида аммония с молярной концентрацией 0,09875 моль/л?
12. Сколько граммов хлорида бария содержится в 250 мл раствора, если после прибавления к 25,00 его 40,00 мл раствора нитрата серебра с молярной концентрацией 0,1020 моль/л, на титрование остатка израсходовано 15,00 мл раствора роданида аммония с молярной концентрацией 0,09800 моль/л?

### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ.-М.: Химия, 1972.-Гл. VIII. - §§ 76-85.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 12.
3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 9.2 (9.2.7).
4. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия.-М.: Просвещение, 1979.-Гл. XII. - § 77.

## Лабораторная работа

### Определение массы хлорида

#### Методика выполнения работы

Бюретку заполняют раствором нитрата серебра. К раствору хлорида, содержащемуся в мерной колбе, приливают дистиллированной воды, смесь перемешивают и доводят объем раствора до метки. 10 мл раствора хлорида переносят в колбу для титрования, прибавляют 2 – 3 капли раствора хромата калия с молярной концентрацией 0,2 моль/л и медленно при непрерывном помешивании титруют раствором нитрата серебра до момента перехода белой окраски осадка в светло-коричневую.

Титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов, из которых берут средний.

Таблица результатов титрования

V ( ), мл	V (AgNO <sub>3</sub> ), мл	Индикатор
10,00		Хромат калия
10,00		
10,00	V <sub>ср.</sub> =	

#### Расчеты результатов анализа

Массу хлорида рассчитывают по формуле:

$$m ( ) =$$

$$m(\text{практ}) =$$

Относительная погрешность анализа:

$$\sigma =$$

## Тема 9. Методы комплексонометрии

### Вопросы для теоретической подготовки

Сущность методов комплексонометрии. Комплексоны. Строение внутрикомплексных соединений. Трилон Б (комплексон III). Органические индикаторы. Жесткость воды. Временная и постоянная жесткость. Комплексонометрическое определение жесткости воды.

### Задания для самоконтроля

1. Что такое комплексоны и для чего они применяются?
2. В чем заключается метод определения общей жесткости воды с помощью комплексона III? Какое значение при этом определении имеет величина pH раствора? Чем это объясняется?
3. Какими свойствами обладают индикаторы, применяющиеся в комплексонометрии?
4. На титрование 20,00 мл раствора, приготовленного из 1,5250 г безводного х.ч. сульфата магния в мерной колбе на 500 мл, расходуется 19,55 мл устанавливаемого раствора трилона Б. Определить его молярную концентрацию эквивалента и титр по магнию.
5. При определении общей жесткости воды на титрование 50,00 мл ее (после создания необходимых условий) расходуется 24,18 мл раствора трилона Б ( $K = 1,054$  к молярной концентрации эквивалента 0,01 моль/л). На титрование 25,00 мл воды в присутствии мурексидной смеси как индикатора расходуется 10,10 мл того же раствора трилона Б. Определить общую и магниевую жесткость воды.

### Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ.-М.: Химия, 1972.-Гл. VIII. - §§ 86.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 11 (11.2).
3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 9.2 (9.2.5).

4. Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С. Аналитическая химия.-М.: Просвещение, 1979. Гл. XIII.

### Лабораторная работа

#### Определение массы солей магния и кальция при совместном присутствии

#### Методика выполнения работы

#### Определение суммы солей магния и кальция

Бюретку заполняют раствором трилона Б. К раствору солей магния и кальция, содержащемуся в мерной колбе, приливают дистиллированную воду, и доводят объем раствора до метки. 10 мл приготовленного раствора переносят в колбу для титрования, прибавляют 2 мл буферного раствора и добавляют на кончике ложечки индикатор - эрихром черный Т, затем титруют до перехода красной окраски в синюю. С последней каплей раствора трилона Б должен исчезнуть красноватый оттенок индикатора. Так как реакции комплексообразования протекают не мгновенно, вблизи точки эквивалентности титрование замедляют.

Титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов, из которых берут средний.

Таблица результатов титрования суммы солей магния и кальция

V (солей), мл	V (трилона Б), мл	Индикатор
10,00		Эрихром черный Т
10,00		
10,00		
V <sub>ср.</sub> =		

#### Определение соли кальция

К 10 мл анализируемого раствора приливают 1 мл раствора гидроксида натрия молярной концентрации 1 моль/л, затем добавляют на кончике ложечки индикатор (мурексид) и титруют до перехода красной окраски в фиолетовую. Титрование следует проводить при pH = 12.

Титрование повторяют до получения трех сходящихся результатов, из которых берут средний.

Таблица результатов титрования соли кальция

V (соли Mg и Ca), мл	V (трилона Б), мл	Индикатор
10,00		Мурексид
10,00		
10,00		
V <sub>ср.</sub> =		

#### Расчеты результатов анализа

Массу соли кальция определяют по формуле:

$$m(\quad) =$$

$$m(\text{практ}) =$$

$$V_{\text{ср.}} (\text{на титрование соли магния}) =$$

Массу соли магния определяют по формуле:

$$m(\quad) =$$

$$m(\text{практ.}) =$$

Относительные погрешности анализа:

$$\sigma_1 =$$

$$\sigma_2 =$$

## Тема 10. Хроматография

### Вопросы теоретической подготовки

Адсорбция вещества – основа хроматографии. Классификация методов хроматографии. Хроматографический пик и эволюционные характеристики. Газовая хроматография. Жидкостная адсорбционная хроматография. Тонкослойная хроматография. Жидкостно-жидкостная распределительная хроматография. Ионообменная и ионная хроматография.

### Задания для самоконтроля

1. В чем сущность методов хроматографии?
2. Как классифицируют методы хроматографии по агрегатному состоянию фаз и по методике проведения эксперимента?
3. Каковы области применения, достоинства, недостатки методов адсорбционной хроматографии?
4. В чем сущность метода ионообменной хроматографии?
5. Каковы области применения, достоинства и недостатки метода ионообменной хроматографии?
6. На чем основан качественный анализ методами осадочной и распределительной хроматографии на бумаге?
7. На чем основан количественный анализ методами осадочной и распределительной хроматографии на бумаге?

### Литература

1. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть 2. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высшая школа, 1989. – Гл. 17.
2. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1999. – Гл. 8.

## Лабораторная работа

### Определение массовой доли хлорида натрия (калия) методом ионообменной хроматографии

#### Регенерация ионитов.

Для подготовки (регенерации) катионита (КУ-1) и анионита (АВ-17) через колонку пропускают по 25-30 мл растворов соляной кислоты или гидроксида натрия соответственно молярной концентрации 2 моль/л со скоростью 1 мл/мин. Потом ионит вымывают от избытка кислоты или щелочи дистиллированной водой. Полноту вымывания проверяют по универсальному индикатору. Для этого каплю раствора, вытекающего из колонки, наносят на полоску универсального индикатора.

#### Методика выполнения работы

Навеску, анализируемого хлорида натрия (калия) растворяют в мерной колбе объемом 100 мл. 15-20 мл полученного раствора количественно вносят в подготовленную колонку и пропускают со скоростью 1 мл/мин. Вытекающий из колонки раствор собирают в колбу для титрования.

Для вымывания выделившейся кислоты (щелочи) через ионит пропускают отдельными порциями 80-100 мл дистиллированной воды. Новую порцию (5-10 мл) доливают после того, как жидкость в колонке установится на уровне 1-2 см над слоем ионита. Полноту вымывания проверяют по универсальному индикатору.

Выделившийся раствор кислоты (щелочи) титруют соответственно стандартными растворами щелочи (кислоты) молярной концентрации 0,1 моль/л.

#### Таблица результатов титрования

V ( ), мл	V ( ), мл	Индикатор
	$V_{\text{ср.}}$ =	

Массовую долю хлорида натрия (калия) рассчитывают по формуле:

$$W( \quad ) =$$

### 3. Индивидуальные задания

Индивидуальные задания № 1

#### Метод кислотно-основного титрования

Задание 1. Решить следующие задачи:

1. 438 (В-й)	459 (В-й)	478 (В-в)
2. 436 (В-й)	461 (В-й)	479 (В-в)
3. 462 (В-в)	278 (Т-в)	288 (Т-в)
4. 461 (В-в)	278 (Т-в)	290 (Т-в)
5. 460 (В-в)	280 (Т-в)	291 (Т-в)
6. 459 (В-в)	265 (Т-в)	293 (Т-в)
7. 458 (В-в)	266 (Т-в)	294 (Т-в)
8. 457 (В-в)	267 (Т-в)	295 (Т-в)
9. 440 (В-в)	271 (Т-в)	296 (Т-в)
10. 438 (В-в)	273 (Т-в)	302 (Т-в)
11. 437 (В-в)	272 (Т-в)	292 (Т-в)
12. 436 (В-в)	276 (Т-в)	465 (В-й)
13. 243 (Т-в)	471 (В-в)	476 (В-й)
14. 249 (Т-в)	469 (В-в)	477 (В-в)
15. 251 (Т-в)	467 (В-в)	486 (В-в)
16. 253 (Т-в)	468 (В-в)	487 (В-в)
17. 255 (Т-в)	466 (В-в)	491 (В-в)
18. 256 (Т-в)	463 (В-в)	492 (В-в)
19. 257 (Т-в)	455 (В-й)	466 (В-в)
20. 259 (Т-в)	457 (В-й)	482 (В-в)
21. 260 (Т-в)	458 (В-й)	468 (В-й)
22. 235 (Т-в)	459 (В-й)	469 (В-й)
23. 234 (Т-в)	277 (Т-в)	466 (В-й)
24. Гл. VB 30 (Я-в)	Гл. VB 10 (Я-в)	Гл. VB 39 (Я-в)
25. Гл. VB 32 (Я-в)	Гл. VB 11 (Я-в)	Гл. VB 27 (Я-в)
26. 439 (В-й)	461 (В-й)	Гл. VB 29 (Я-в)
27. 440 (В-й)	Гл. VB 12 (Я-в)	Гл. VB 33 (Я-в)
28. Гл. VB 16 (Я-в)	464 (В-й)	Гл. VB 37 (Я-в)

Задание 2. Построить кривую титрования и подобрать индикатор.

Титруют:

1. 25 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,05 моль/л раствором энантовой кислоты такой же концентрации ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$ ).
2. 25 мл раствора лауриновой кислоты ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ ) с молярной концентрацией 0,02 моль/л раствором гидроксида калия такой же концентрации.
3. 25 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором кротоновой кислоты ( $\text{CH}_2\text{CH}=\text{COOH}$ ) такой же концентрации.
4. 20 мл раствора соляной кислоты с молярной концентрацией 0,02 моль/л раствором этиламина ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) такой же концентрации.
5. 20 мл раствора триэтиламина ( $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) с молярной концентрацией 0,05 моль/л раствором азотной кислоты такой же концентрации.
6. 20 мл раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором гликолевой кислоты ( $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}$ ) такой же концентрации.
7. 20 мл раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,05 моль/л раствором циановой кислоты ( $\text{HOCN}$ ) такой же концентрации.
8. 20 мл раствора хлористой кислоты с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором гидроксида калия такой же концентрации.
9. 25 мл раствора хлорной кислоты с молярной концентрацией 0,02 моль/л раствором триметиламина ( $(\text{CH}_3)_3\text{N} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) такой же концентрации.
10. 20 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором бензойной кислоты ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ) такой же концентрации.
11. 25 мл р-ра азотной к-ты с молярной концентрацией 0,05 моль/л раствором метиламина ( $\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) такой же концентрации.
12. 25 мл раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,02 моль/л раствором азотистой кислоты такой же концентрации.
13. 20 мл раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором миндальной кислоты ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ ) такой же концентрации.
14. 25 мл раствора трихлоруксусной кислоты ( $\text{CCl}_3\text{COOH}$ ) с молярной концентрацией 0,05 моль/л раствором гидроксида натрия такой же концентрации.
15. 20 мл раствора бензиламина ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) с молярной концентрацией 0,02 моль/л раствором азотной к-ты такой же концентрации.
16. 25 мл раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором изовалериановой ( $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOH}$ ) кислоты такой же концентрации.
17. 25 мл раствора бромоводородной кислоты с молярной концентрацией 0,05 моль/л раствором гидразина такой же концентрации.
18. 25 мл раствора акриловой кислоты ( $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ ) с молярной концентрацией 0,02 моль/л раствором гидроксида натрия такой же концентрации.
19. 25 мл раствора соляной кислоты с молярной концентрацией 0,05 моль/л раствором диэтиламина ( $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) такой же концентрации.
20. 20 мл раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,02 моль/л раствором капроновой кислоты ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ ) такой же концентрации.
21. 25 мл раствора глицириновой кислоты ( $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ ) с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором гидроксида натрия такой же концентрации.
22. 25 мл раствора этаноламина ( $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ) с молярной концентрацией эквивалента 0,02 моль/л раствором азотной кислоты такой же концентрации.
23. 20 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,1 моль/л раствором валериановой кислоты ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ ) такой же концентрации.
24. 25 мл раствора бромноватой кислоты с молярной концентрацией 0,05 моль/л раствором гидроксида калия такой же концентрации.
25. 20 мл раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,02 моль/л раствором сульфаниловой кислоты ( $\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{O}_3\text{H}$ ) такой же концентрации.
26. 25 мл раствора гликолевой кислоты ( $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}$ ) с молярной концентрацией эквивалента 0,05 моль/л раствором гидроксида натрия такой же концентрации.
27. 20 мл раствора метиламина ( $\text{CH}_3\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) с молярной концентрацией 0,02 моль/л раствором соляной кислоты такой же концентрации.

28. 30 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 0,25 моль/л раствором хлористой кислоты такой же концентрации.

Индивидуальные задания № 2

Метод перманганатометрии

Задание 1. Решить следующие задачи:

1. гл. IV Б 43 (Я-в)	517 (В-й)	635 (В-в)
2. гл. IV Б 52 (Я-в)	518 (В-й)	634 (В-в)
3. гл. IV Б 41 (Я-в)	520 (В-й)	633 (В-в)
4. гл. IV Б 50 (Я-в)	608 (В-в)	632 (В-в)
5. 516 (В-й)	613 (В-в)	631 (В-в)
6. 515 (В-й)	617 (В-в)	630 (В-в)
7. 514 (В-й)	612 (В-в)	524 (В-й)
8. 513 (В-й)	621 (В-в)	523 (В-й)
9. 512 (В-й)	623 (В-в)	519 (В-й)
10. 615 (В-в)	661 (В-в)	638 (В-в)
11. 610 (В-в)	522 (В-й)	636 (В-в)
12. гл. IV Б 55 (Я-в)	74 гл. IV Б (Я-в)	525 (В-й)
13. гл. IV Б 46 (Я-в)	59 гл. IV Б (Я-в)	102 гл. IV Б (Я-в)
14. гл. IV Б 47 (Я-в)	61 гл. IV Б (Я-в)	527 (В-й)
15. 445 (Т-в)	432 (Т-в)	106 гл. IV Б (Я-в)
16. гл. IV Б 49 (Я-в)	431 (Т-в)	447 (Т-в)
17. гл. IV Б 58 (Я-в)	427 (Т-в)	95 гл. IV Б (Я-в)
18. гл. IV Б 48 (Я-в)	426 (Т-в)	446 (Т-в)
19. гл. IV Б 44 (Я-в)	425 (Т-в)	104 гл. IV Б (Я-в)
20. гл. IV Б 51 (Я-в)	84 гл. IV Б (Я-в)	107 гл. IV Б (Я-в)
21. гл. IV Б 42 (Я-в)	88 гл. IV Б (Я-в)	91 гл. IV Б (Я-в)
22. гл. IV Б 53 (Я-в)	78 гл. IV Б (Я-в)	108 гл. IV Б (Я-в)
23. гл. IV Б 45 (Я-в)	80 гл. IV Б (Я-в)	103 гл. IV Б (Я-в)
24. гл. IV Б 56 (Я-в)	75 гл. IV Б (Я-в)	526 (В-й)
25. гл. IV Б 54 (Я-в)	90 гл. IV Б (Я-в)	110 гл. IV Б (Я-в)
26. гл. IV Б 57 (Я-в)	83 гл. IV Б (Я-в)	102 гл. IV Б (Я-в)
27. гл. IV Б 31 (Я-в)	76 гл. IV Б (Я-в)	94 гл. IV Б (Я-в)
28. гл. IV Б 29 (Я-в)	87 гл. IV Б (Я-в)	106 гл. IV Б (Я-в)





24. раствора сульфата железа (II) молярной концентрации эквивалента 0,12 моль/л раствором дихромата калия молярной концентрации эквивалента 0,15 моль/л при  $pH = 0,5$ ;
25. раствора азотистой кислоты молярной концентрации эквивалента 0,21 моль/л раствором перманганата калия молярной концентрации эквивалента 0,22 моль/л при  $pH = 0,5$ ;
26. раствора хлорида олова (II) молярной концентрации эквивалента 0,16 моль/л раствором бромата калия молярной концентрации эквивалента 0,15 моль/л при  $pH = 1,5$ ;
27. раствора сернистой кислоты молярной концентрации эквивалента 0,040 моль/л раствором йода молярной концентрации эквивалента 0,045 моль/л при  $pH = 1,5$ ;
28. раствора метамышьяковистой кислоты молярной концентрации эквивалента 0,030 моль/л раствором йодата калия молярной концентрации эквивалента 0,035 моль/л при  $pH = 1$ .

Индивидуальные задания № 3

Метод йодометрии

1.	гл. IV В 24 (Я-в)	545 (В-й)	11
2.	гл. IV В 23 (Я-в)	542 (В-й)	10
3.	гл. IV В 22 (Я-в)	541 (В-й)	9
4.	гл. IV В 28 (Я-в)	540 (В-й)	8
5.	гл. IV В 20 (Я-в)	539 (В-й)	7
6.	гл. IV В 18 (Я-в)	41 гл. IV В (Я-в)	6
7.	550 (В-й)	34 гл. IV В (Я-в)	5
8.	гл. IV В 35 (Я-в)	549 (В-й)	3
9.	546 (В-й)	27 гл. IV В (Я-в)	2
10.	545 (В-й)	26 гл. IV В (Я-в)	1
11.	544 (В-й)	25 гл. IV В (Я-в)	548 (В-й)
12.	536 (В-й)	629 (В-в)	643 (В-в)
13.	665 (В-в)	627 (В-в)	642 (В-в)
14.	653 (В-в)	628 (В-в)	641 (В-в)
15.	652 (В-в)	52 гл. IV В (Я-в)	640 (В-в)
16.	650 (В-в)	51 гл. IV В (Я-в)	659 (В-в)
17.	649 (В-в)	50 гл. IV В (Я-в)	664 (В-в)
18.	647 (В-в)	49 гл. IV В (Я-в)	663 (В-в)
19.	648 (В-в)	53 гл. IV В (Я-в)	657 (В-в)
20.	645 (В-в)	54 гл. IV В (Я-в)	658 (В-в)
21.	644 (В-в)	48 гл. IV В (Я-в)	535 (В-й)
22.	624 (В-в)	47 гл. IV В (Я-в)	660 (В-в)
23.	616 (В-в)	547 (В-й)	662 (В-в)
24.	663 (В-в)	443 (Т-в)	656 (В-в)
25.	660 (В-в)	448 (Т-в)	655 (В-в)
26.	421 (Т-в)	449 (Т-в)	651 (В-в)
27.	585 (П-к)	618 (П-к)	622 (П-к)
28.	582 (П-к)	617 (П-к)	623 (П-к)

Индивидуальные задания № 4

Методы осаждения и комплексонометрии

1. 5	6	7
2. 2	3	4
3. Гл. VI Б 10 (Я-в)	1	Гл. VI Б 11 (Я-в)
4. Гл. VI Б 8 (Я-в)	Гл. VI Б 26 (Я-в)	Гл. VI Б 10 (Я-в)
5. Гл. VI Б 7 (Я-в)	Гл. VI Б 25 (Я-в)	594 (В-в)
6. Гл. VI Б 6 (Я-в)	Гл. VI Б 24 (Я-в)	593 (В-в)
7. Гл. VI Б 5 (Я-в)	Гл. VI Б 23 (Я-в)	592 (В-в)
8. Гл. VI Б 3 (Я-в)	Гл. VI Б 22 (Я-в)	591 (В-в)
9. 566 (В-й)	Гл. VI Б 21 (Я-в)	590 (В-в)
10. 565 (В-й)	Гл. VI Б 20 (Я-в)	589 (В-в)
11. 562	564	572 (В-й)
12. 560	563	571 (В-й)
13. 556	561	569 (В-й)
14. 546	572	555 (В-в)
15. 547	573	556 (В-в)
16. 548	574	557 (В-в)
17. 549	575	558 (В-в)
18. 550	576	559 (В-в)
19. 551	577	560 (В-в)
20. 552	578	561 (В-в)
21. 554	579	562 (В-в)
22. 566	580	563 (В-в)
23. 567	582	537 (В-в)
24. 569	583 (В-в)	Гл. VI Б 15 (Я-в)
25. 570	584 (В-в)	Гл. VI Б 16 (Я-в)
26. 539	585 (В-в)	Гл. VI Б 17 (Я-в)
27. 540	587 (В-в)	Гл. VI Б 18 (Я-в)
28. 535	588 (В-в)	Гл. VI Б 19 (Я-в)

Литература для индивидуальных заданий

1. Воскресенский А.Г., Солодкин И.К., Семиколенов Г.Ф. Сборник задач и упражнений по аналитической химии. - М.:Химия. 1985 (В-й).
2. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. - М.: Химия. 1989. - Таблицы 33, 35.
3. Поляк Н.А., Булацкая Г.Н., Бабаевская Т.П. Сборник задач по количественному анализу. - Минск, БГУ им. В.И. Ленина, 1973 (П-к).
4. Сборник вопросов и задач по аналитической химии /Под ред. Васильева В.Н. - М.: Высшая школа, 1976 (В-в).
5. Толстоусов В.Н., Эфрос С.М. Задачник по количественному анализу. - Л.: Химия. 1986 (Т-в).
6. Ярославцев А.А. Сборник задач и упражнений по аналитической химии. - М.: Высшая школа. 1973 (Я-в).

**4. Вопросы к зачету по количественному анализу**

Предложите и обоснуйте возможности использования химических методов для количественного определения:

1. хлороводородной кислоты;
2. магния в его соединениях и сплавах;
3. кальция в его соединениях;
4. железо в его соединениях и сплавах;
5. марганца в его соединениях и сплавах;
6. хрома в его соединениях и сплавах;
7. свинца в его соединениях и сплавах;
8. серы в стали;
9. азота в солях аммония и аммиаке;
10. постоянной и временной жесткости воды.

Напишите соответствующие уравнения реакций, сделайте необходимые расчеты.

Кроме указанных заданий на зачете студентам могут быть предложены вопросы из заданий для самоконтроля.

Учебное издание:

МЕДВЕДЕВА Татьяна Евгеньевна  
ХРУСТАЛЕВА Наталья Михайловна  
КЛЮКОЛ Галина Валерьевна

**Методические указания**  
**к изучению курса аналитической химии**  
**Часть 2. Количественный анализ**  
для студентов  
естественно-географического факультета  
специальностей "Химия" и "Биохимия"

Сдано в набор 22. 01. 2007. Подписано к печати 24. 01. 2007.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman

Печать ризографическая. Усл. печ. л. 3. Тираж 100 экз.

Знание