

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

АГРОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**Сборник задач и упражнений
для выполнения контрольных работ**

НОВОСИБИРСК 2022

УДК 543 (076.1)

ББК 24.4, я 7

Кафедра химии

Составители:

Ю.И. Коваль, канд. биол. наук, доц.

Т.И. Бокова, д-р биол. наук, проф.

Рецензент:

канд. хим. наук, доц. *А.С. Хомченко* (НГПУ)

Аналитическая химия: задачи и упражнения для выполнения контрольных работ / Новосиб. гос. аграр. ун-т; Агроном. фак.; сост.: Ю.И. Коваль, Т.И. Бокова. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2022. – 62 с.

Сборник содержит вопросы и задания для выполнения контрольных работ по основным разделам дисциплины «Аналитическая химия»

Предназначен для студентов 1-го курса биолого-технологического факультета *заочной формы* обучения, обучающихся по направлению подготовки:

19.03.04 *Технология продукции и организация общественного питания.*

Утвержден и рекомендован к изданию учебно-методическим советом биолого-технологического факультета (протокол № 6 от 21 июня 2022 г.).

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий сборник составлен в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов и рабочими программами по аналитической химии для студентов *заочной формы* обучения по направлениям подготовки:

19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания.

Сборник предназначен для проверки знаний теоретического и практического курсов по основным разделам дисциплины «Аналитическая химия». В приложении представлен список рекомендуемой литературы и необходимые справочные материалы.

К написанию контрольной работы следует приступать после изучения соответствующего раздела теоретического курса. Выполнение контрольной работы является одним из обязательных условий для получения допуска к экзамену. Сроки выполнения оговариваются с ведущим преподавателем. Номера вариантов контрольных работ предлагает преподаватель.

Авторы благодарят рецензента А.С. Хомченко за высказанные замечания и предложения по совершенствованию данной работы.

НОМЕРА ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	6,18,26, 40,41, 55,65, 75,81	3,15,29 37,48, 58,67, 78,82	10,11,22 31,45, 51,70, 71,83	1,13,21 35,46 59,69, 80,84	5,17,27 39,50, 56,65, 76,85	7,19,25 34,42 54,63, 74,86	9,12,23 32,44, 52,61, 72,87	4,16,28 38,49, 57,66, 77,88	2,14,30 36,47, 60,68, 79,89	8,20,24 33,43, 53,62, 73,90
1	7,17,24 35,47, 74,91	4,14,27 38,44, 60,68, 77,92	1,11,30 33,41, 55,61, 80,93	2,12,29 40,42, 58,70, 79,94	6,16,25 36,46, 52,66, 75,95	8,18,23 34,48, 52,64, 73,96	10,20,21 31,50, 51,62, 71,97	5,15,26 37,45, 51,67, 76,98	3,13,28 39,43, 59,69, 78,99	9,19,22 32,49 54,63, 72,100
2	8,16,25 34,50, 52,64, 73,101	5,13,28 37,47, 59,70, 76,102	2,20,21 32,44, 56,62, 79,103	3,11,30 39,45, 57,68, 78,104	7,15,26 35,49, 51,67, 74,105	9,17,24 33,44, 53,65, 72,106	1,19,22 33,43, 54,63, 80,107	6,14,27 36,48, 60,66, 75,108	4,12,29 38,46, 58,69, 77,109	10,18, 23,31, 42,55, 61,71, 110
3	9,20,28 33,46, 51,70,72, 111	6,17,23 36,42, 58,65, 75,112	3,12,27 32,50, 54,64, 78,113	4,15,22 38,44, 56,67, 77,114	8,18,29 34,45, 60,69, 73,115	10,14, 24,31, 47,55, 61,71, 116	2,11,26 40,49, 53,63, 79,117	7,18,30 35,41, 59,68, 74,118	5,16,21 37,43, 57,66, 76,119	1,13,25 39,48, 52,62, 80,120
4	10,17, 25,31, 35,60, 61,71, 121	7,14,21 35,41, 57,64, 74,122	4,20,29 40,49, 53,70, 71,123	5,18,23 37,43, 55,66, 76,124	9,16,30 33,47, 56,62, 72,125	1,12,26 32,46, 54,67, 80,126	3,11,28 39,48, 52,69, 78,127	8,15,24 34,44, 58,63, 73,128	6,13,22 36,42, 56,65, 75,129	2,19,27 38,50, 51,68, 79,130
5	1,14,21 32,48, 59,69, 80,131	8,17,30 34,43, 56,63, 73,132	5,11,25 39,48, 58,67, 76,133	6,20,28 36,42, 54,65, 75,134	10,15, 26,31, 44,58, 61,75, 135	2,13,22 40,45, 60,68, 79,136	4,12,24 38,49, 53,66, 77,137	9,18,29 33,46, 57,62, 72,138	7,16,27 35,41, 55,64, 74,139	3,19,23 37,47, 53,70, 78,140
6	2,14,27 39,49, 58,69, 79,141	9,13,22 33,50, 55,62, 72,142	6,20,28 38,47, 57,66, 75,143	7,11,24 35,41, 53,64, 74,144	1,15,21 32,48, 57,70, 80,145	3,17,25 36,44, 59,69, 78,146	5,19,29 37,46, 58,65, 76,147	10,16, 27,31, 43,56, 61,71, 148	8,12,23 34,42, 54,63, 73,149	4,18,26 40,45, 60,67, 77,150
7	3,13,23 36,42, 57,62, 78,151	10,19, 28,39, 49,54, 61,71, 152	7,11,26 31,46, 58,65, 74,153	8,14,30 34,47, 52,63, 73,154	2,12,22 37,43, 56,61, 79,155	4,16,27 35,41, 58,63, 77,156	6,18,25 32,44, 60,66, 75,157	1,20,21 38,50, 55,70, 80,158	9,15,29 40,48, 53,62, 72,159	5,17,24 33,45, 59,64, 76,160
8	4,15,26 37,45, 56,67, 77,161	1,18,24 39,50, 53,66, 80,162	8,19,30 36,41, 60,68, 73,163	9,12,25 33,48, 51,62, 72,164	3,14,23 38,46, 55,63, 78,165	5,20,21 39,44, 57,70, 76,166	7,13,27 35,42, 59,64, 74,167	2,17,22 32,47, 54,64, 79,168	10,11, 29,31, 49,52, 61,71, 169	6,16,28 34,43, 58,65, 75,170
9	5,18,22 38,45, 55,66, 76,171	2,16,25 40,48, 58,69, 79,172	9,15,23 33,44, 51,62, 72,173	10,13, 30,32, 49,60, 61,71, 174	4,11,28 40,47, 56,67, 77,175	6,19,29 37,41, 54,65, 75,176	8,14,30 36,43, 52,63, 73,177	3,20,28 39,46, 57,68, 78,178	1,17,24 31,50, 59,70, 80,179	7,12,21 35,42, 53,64, 74,180

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТ

Перед выполнением контрольной работы необходимо:

1. Предварительно повторить (изучить) теоретический материал по соответствующей теме, используя конспекты лекций, учебники и методические пособия.
2. Контрольные работы выполняют в отдельных тетрадях, четко указывают фамилию, имя и отчество студента, название факультета, направление подготовки, курс, номер группы и номер варианта.
3. При оформлении работ необходимо соблюдать порядок блоков и заданий, полностью переписывать задания и давать четкие развернутые ответы. Указывать требуемые схемы химических реакций с условиями их проведения и названиями образующихся веществ.

Критерии оценки контрольных работ

«Зачтено» – выполнено 60–100% заданий (6–9 заданий)*;
«Не зачтено» < 60 % (< 6 заданий)*.

* Количество необходимых для выполнения заданий приведено с учетом исчерпывающего и грамотного ответа.

Содержание контрольной работы

<i>Раздел теоретического курса</i>	<i>Содержание</i>
Метрологические основы аналитической химии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Единицы количества вещества 2. Способы выражения концентрации растворов 3. Закон эквивалентов, его математические выражения
Качественный анализ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Термины и понятия качественного анализа 2. Условия проведения качественных реакций 1. Кислотно-основная классификация катионов и анионов
Весовой анализ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные операции весового анализа 2. Требования к осадителю 3. Требования к осаждаемой форме 4. Расчетные задачи
Объемный (титриметрический) анализ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кислотно-основное титрование 2. Окислительно-восстановительное титрование 3. Осадительное титрование 4. Комплексонометрическое титрование

МЕТОДИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» И ВОПРОСЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Теоретические основы аналитической химии

Аналитическая химия – это наука о методах качественного и количественного изучения состава вещества. В настоящее время химический анализ является одним из основных способов контроля продуктов питания, состава воздуха, воды, почв, удобрений, лекарственных препаратов. В последнее время появилось много частных предприятий по производству полуфабрикатов и готовой продукции, но ни одно производство не может выпускать качественную продукцию, отвечающую всем требованиям государственных стандартов, без лабораторного контроля на всех этапах.

Анализ может быть качественным и количественным. Качественный анализ предназначен для определения элементов, ионов, соединений, входящих в состав анализируемого вещества. Задача количественного анализа – определить количество элементов в соединениях и химических соединений в смесях. Качественный анализ предшествует количественному.

Теоретической основой аналитической химии являются знания, полученные при изучении общей, неорганической химии. Большое значение при изучении аналитической химии имеют знания основных законов химии, понятий о концентрации растворов, закона действия масс и химического равновесия, теории электролитической диссоциации, ионных реакций, гидролиза солей. Поэтому необходимо вспомнить из курса неорганической химии данные темы.

Аналитическая химия тесно связана с другими науками: физикой, математикой, биологией. Эти связи являются сложными, поэтому иногда очень трудно провести грань между фундаментальными науками. Это еще более усиливает

значение аналитической химии в современном научном обществе, а следовательно, и для подготовки грамотных специалистов, владеющих методами аналитической химии.

Химические методы анализа сегодня не удовлетворяют современным требованиям. Для управления технологическими и биологическими процессами нужны быстрые методы анализа. Физико-химические методы анализа отличаются высокой чувствительностью и быстротой выполнения.

Раздел 1. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Химический анализ – многостадийный процесс. Можно выделить следующие этапы анализа любого объекта: постановка задачи, выбор метода и схемы анализа, отбор пробы, подготовка пробы к анализу, проведение измерения, обработка результатов измерений. Это деление условно: каждый этап может быть относительно сложным и состоять из многих отдельных стадий. В данном разделе рассмотрим выбор метода химического анализа и обработку результатов измерений, а также некоторые общие положения этапа «измерения».

Основная задача химического анализа – определение количества вещества, поэтому прежде чем перейти к рассмотрению этапов анализа, условимся о единицах количества вещества и способах выражения концентрации, которые будут использованы в этой книге.

Единицы количества вещества

Моль. За единицу количества вещества принят один моль. Это такое количество вещества, которое содержит столько условных частиц, сколько атомов содержится в 0,012 кг углерода – 12, т.е. $6,02045 \cdot 10^{23}$.

Для обозначения количества молей вещества используют символ *n*.

Молярная масса (M) – это масса 1 моль вещества. Если имеется вещество массой m , то $M = m/n$. Молярная масса имеет размерность г/моль.

Молярный объем (V_0) – это объем 1 моль вещества при нормальных условиях. Обычно эту величину используют для газов, в этом случае $V_0 = 22,4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1}$.

Молярный заряд (Q) – это общий заряд 1 моль вещества. Для однозарядных частиц $Q = 96485 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$ (число Фарадея, F), для z -зарядных $Q = zF$.

Способы выражения концентрации

Молярная концентрация C – отношение числа молей растворенного вещества к объему раствора.

Молярная концентрация эквивалента $C_{\text{эк}}$ – отношение числа моль-экв растворенного вещества к объему раствора.

Титр – количество граммов вещества, содержащееся в 1 мл раствора.

Массовая концентрация – отношение массы растворенного вещества m_s к объему раствора V , единицы массовой концентрации $\text{кг} \cdot \text{дм}^{-3}$ или $\text{кг} \cdot \text{л}^{-1}$, а также кратные дольные единицы.

Объемная концентрация – отношение объема растворенного вещества к объему раствора.

Часто состав раствора или других объектов выражают в доле компонента от общего количества вещества.

«Доля» означает отношение числа частей компонента к общему числу частей объекта. В зависимости от выбранной единицы различают молярную (α), массовую (ω), объемные (φ) доли:

$$\alpha = \frac{n_i}{\sum n}, \quad \omega = \frac{m_i}{\sum m}, \quad \varphi = \frac{V_i}{\sum V}.$$

Долю выражают в процентах (массовую долю, выраженную в процентах, называют *процентной концентрацией*).

Моляльность – количество вещества в единице массы (1 кг) растворителя.

Выбор метода анализа

Метод – это совокупность принципов, положенных в основу анализа безотносительно к конкретному объекту и определяемому веществу.

Методика – подробное описание всех условий и операций проведения анализа определенного объекта.

Чувствительность - метода или методики определяется тем минимальным количеством вещества, которое можно обнаруживать или определять данным методом.

Избирательность метода

Необходимо учитывать физические свойства анализируемого объекта: его агрегатное состояние, летучесть, гигроскопичность, механическую прочность и т.д. Определяющими при выборе метода анализа являются химические свойства образца. При этом важно знать и принимать во внимание: химические свойства основы образца, часто называемой матрицей анализируемого объекта; качественный химический состав образца; химические свойства определяемого компонента и сопутствующих примесей.

Точность анализа – это собирательная характеристика метода или методики, включающая их правильность и воспроизводимость.

Экспрессность метода

Требование к *экспрессивности*, т.е. скорости проведения анализа, часто выдвигается как одно из основных при выборе метода или методики анализа.

Стоимость анализа

При выборе метода анализа нередко большую роль, особенно при проведении серийных и массовых анализов, играет *стоимость химического анализа*, куда входит стоимость

используемой аппаратуры, реактивов, рабочего времени аналитика и иногда самой анализируемой пробы.

Автоматизация анализа

При проведении массовых однородных анализов следует выбирать метод, допускающий автоматизацию анализа, которая позволяет облегчить труд аналитика, заменив многие ручные, трудоемкие операции автоматическими, снизить погрешности отдельных операций, увеличить скорость проведения анализа, снизить его стоимость, проводить анализ на расстоянии и т.д.

Аналитический сигнал. Измерение

После отбора и подготовки пробы наступает стадия химического анализа, на которой и проводят обнаружение компонента или определение его количества. С этой целью измеряют *аналитический сигнал*. В отдельных случаях возможно непосредственное определение содержания.

В случае необходимости обнаружения какого-либо компонента обычно фиксируют *появление* аналитического сигнала – появление осадка, окраски, линии в спектре и т.д. Появление аналитического сигнала должно быть надежно зафиксировано. При определении количества компонента измеряют *величину* аналитического сигнала: массу осадка, силу тока, интенсивность линии спектра и т.д.

При измерении аналитического сигнала учитывают наличие полезного аналитического сигнала, являющегося функцией содержания определяемого компонента, и *аналитического сигнала фона*, обусловленного примесями определяемого компонента и мешающими компонентами в растворах, растворителях и матрице образца, а также «шумами», возникающими в измерительных приборах, усилителях и другой аппаратуре.

На основании существующей зависимости между аналитическим сигналом и содержанием находят концентрацию

определяемого компонента. Обычно при этом используют методы *градуировочного графика*, стандартов или добавок. Описанные в литературе другие способы определения содержания компонента, как правило, являются модификацией этих трех основных методов.

Во всех методах определения неизвестного содержания компонента используют функциональную зависимость $y = Sx$. *Коэффициент чувствительности* S (иногда его называют просто чувствительность) характеризует отклик аналитического сигнала на содержание компонента. *Коэффициент чувствительности* – это значение первой производной градуировочной функции при данном определенном содержании.

При проведении химического анализа обычно не ограничиваются *единичным определением*, а проводят несколько *параллельных определений* (как правило, 3–5) для одной и той же пробы в одинаковых условиях. Средний результат параллельных определений называют *результатом анализа* и обозначают через \bar{c} или \bar{x} . Отклонение результата анализа от истинного содержания определяемого компонента ($C_{ист} \cdot X_{ист}$) называют *погрешностью* (или *ошибкой*) определения.

Погрешности химического анализа

бывают отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины называется *относительной погрешностью* измерения.

Погрешность измерения, которая при повторных измерениях остается постоянной или закономерно изменяется, называется *систематической погрешностью*.

Погрешность, которая при повторных измерениях изменяется случайным образом, называется *случайной погрешностью* измерения.

Грубые погрешности, существенно превышающие ожидаемые при данных условиях, называются *промахами*.

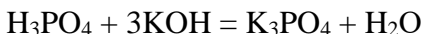
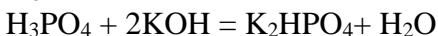
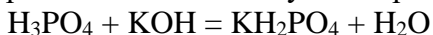
Вопросы для выполнения контрольной работы

1. Единицы количества вещества. Способы выражения концентрации растворов.

2. Содержание аскорбиновой кислоты в настое шиповника составляет 5,5 мг в 1л. Выразите содержание аскорбиновой кислоты в массовой доле.

3. Как рассчитывается фактор эквивалентности кислот, оснований, солей? Приведите примеры.

4. Укажите фактор эквивалентности и молярную массу эквивалента фосфорной кислоты в следующих реакциях:



5. Сформулируйте закон эквивалентов. Напишите математические выражения закона эквивалентов.

6. Что такое метод и методика проведения анализа?

7. Чем определяется чувствительность метода или методики анализа?

8. Что такое экспрессность метода?

9. Приведите 5–7 примеров аналитических сигналов, измерение которых лежит в основе методов химического анализа.

10. Что называют погрешностью химического анализа? Какие погрешности бывают?

11. Хлорид кальция широко используется в лечебной практике. Определите, сколько грамм кристаллического $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ и воды потребуется для приготовления 100 мл 3% – ного раствора (плотность=1г/мл). Рассчитайте молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и титр этого раствора.

12. В качестве вяжущего и асептического средства в медицине используют хлорид цинка. Определите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и титр раствора, содержащего 5 г хлорида цинка в 100 г раствора (плотность=1г/мл).

13. С помощью перманганата калия можно лечить змеиные укусы при отсутствии специальной сыворотки. Для этого в место укуса вводят шприцем 0,5–1,0 мл 1%-ного раствора перманганата калия. Рассчитайте массу перманганата калия и объем воды, необходимые для приготовления 75 мл такого раствора, имеющего плотность=1,006 г/мл. Определите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и титр раствора, если $M_{\text{экв.}}(\text{KMnO}_4) = 1/5M(\text{KMnO}_4)$.

14. 3%-ный раствор пероксида водорода, а также 30% раствор H_2O_2 («пергидроль») используют в медицине. Определите, какой объем воды надо добавить к 5 мл 30%-ного раствора H_2O_2 , чтобы получить 3%-й раствор.

15. В лечебной практике в качестве кровоостанавливающего и противоаллергического средства применяют раствор хлорида кальция. Определите массу хлорида кальция, необходимую для приготовления 200 мл 15%-ного раствора, а также молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и титр данного раствора (плотность= 1,07 г/мл).

16. В медицине применяется 5–10%-ные спиртовые растворы йода для обработки ран, ссадин, операционного поля. Определите, какой объем 5%-ного раствора можно приготовить из 10 г кристаллического йода. Чему равна молярная концентрация и титр данного раствора? (плотность= 0,950 г/мл).

17. В желудочном соке человека массовая доля соляной кислоты составляет в среднем 0,5%. Сколько моль соляной кислоты содержится в 500 г желудочного сока? Рассчитайте молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалентов и титр соляной кислоты, принимая плотность равной 1 г/мл.

18. При ожогах щелочами пораженный участок кожи в течение нескольких минут промывают водой, а затем нейтрализуют раствором уксусной кислоты с массовой долей 1%. Определите, какая масса уксусной эссенции с массовой долей кислоты 60% необходима для приготовления 500 г 1%-ного раствора.

19. Какие ошибки называются систематическими? Случайными? Перечислите важнейшие виды систематических ошибок.

20. При охлаждении 300 г 15%-ного раствора часть растворенного вещества выпала в осадок, и концентрация раствора стала равной 8%. Чему равна масса выпавшего в осадок вещества?

21. При охлаждении 600 г 30%-ного раствора часть растворенного вещества выпала в осадок, и концентрация раствора стала равной 16%. Чему равна масса выпавшего в осадок вещества?

22. Определите фактор эквивалентности и молярную массу эквивалентов серной кислоты в реакциях образования кислой и средней соли.

23. Единицы количества вещества. Определить количество моль и моль-эквивалентов которые составляют 2,45 грамма серной кислоты.

24. Выбор метода анализа (метод, методика, какие показатели при этом учитываются).

25. Способы выражения концентрации растворов. Вычислите молярную и эквивалентную концентрации 12%-го раствора серной кислоты плотностью 1,08 г/мл.

26. Приведите классификацию видов анализа по количеству вещества, используемого для анализа.

27. Дайте определение пяти видам концентрации растворов. Определите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалентов и титр раствора гидроксида бария, если в 350 мл раствора содержится 24 грамма данного вещества.

28. Как рассчитывается молярная масса эквивалентов кислот, оснований, солей? Рассчитайте молярные массы эквивалентов серной кислоты и гидроксида кальция в реакциях при образовании средней, кислой и основной соли.

29. Сформулируйте закон эквивалентов, в чем его суть. Напишите математические выражения закона эквивалентов. Определите массу гидроксида кальция в растворе, если при

титровании на его нейтрализацию было затрачено в среднем 22,5 мл 0,1256н раствора соляной кислоты.

30. Сформулируйте закон эквивалентов, в чем его суть. Напишите математические выражения закона эквивалентов. Определите массу гидроксида стронция в растворе, если при титровании на его нейтрализацию было затрачено в среднем 22,5 мл 0,1256н раствора соляной кислоты.

Раздел 2. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

Качественный анализ – совокупность химических, физико-химических, физических методов, применяемых для обнаружения и идентификации элементов, ионов или соединений, входящих в анализируемое вещество, или смесь веществ.

Качественный анализ всегда предшествует количественному.

Термины и понятия качественного анализа

1. Аналитическая (качественная) реакция – это реакция, которая сопровождается заметным внешним эффектом, позволяющим установить, что химический процесс происходит с выделением или растворением осадка, изменением окраски анализируемого раствора, выделением газообразных веществ.

2. Специфическая реакция – это реакция, которая позволяет обнаружить ион в присутствии любых других ионов.

3. Чувствительность реакции – свойство реакции обнаружить минимальное количество вещества в минимальном объеме раствора. Количественно чувствительность реакций характеризуют двумя величинами: обнаруживаемым минимумом и минимальной концентрацией.

4. Обнаруживаемый минимум – наименьшая масса иона, которую удается обнаружить данной реакцией, выражается в микрограммах ($1\text{ мкг} = 10^{-6}\text{ г}$).

5. Минимальная концентрация показывает, при каком разбавлении раствора аналитическая реакция еще дает положительный результат.

6. Групповой реактив – реактив, действующий внешне одинаково на группу ионов и позволяющий выделить эту группу из сложной смеси.

7. Мешающие ионы – это ионы, присутствие которых в растворе не позволяет увидеть внешний эффект реакции от действия реактива на определенный ион.

8. Удалить ион из раствора – понизить концентрацию иона до минимального значения.

9. Проверить полноту осаждения – после удаления иона из раствора убедиться в отсутствии удаляемого иона путем повторного добавления реактива – осадителя.

Виды учебных занятий при качественном анализе

1. Выполнение качественных реакций на конкретный ион с четким соблюдением всех условий проведения каждой реакции и наблюдением за внешним эффектом реакции. В этом случае точно известно, что данный ион в растворе есть, а мешающие ионы отсутствуют.

2. Решение аналитической задачи, т.е. анализ качественного состава исследуемого раствора. Здесь не известно, какие ионы есть в растворе. Добавляя к испытываемому раствору определенные реактивы, получают или не получают внешние эффекты, на основании чего делают выводы о наличии или отсутствии ионов в растворе и их количестве (рис. 1).

Два способа решения аналитической задачи:

1. *Дробный метод анализа* – обнаружение ионов с помощью специфических реакций в отдельных порциях анализируемого раствора, проводимое в любой последовательности.

2. *Систематический анализ* – это определенная последовательность выполнения аналитических реакций, при которой каждый ион открывается лишь после того, как будут открыты и удалены все другие ионы, мешающие его обнаружению.



Рис 1. Схема проведения анализа

2.1. Анализ катионов

Классификация катионов

Применяют два основных варианта классификации катионов:

- сероводородный;
- кислотно-щелочной.

В основе классической сероводородной (сульфидной) системы качественного анализа лежит растворимость сульфидов. Преимущество этой классификации ионов заключается в том, что многие катионы с S^{2-} дают цветные осадки. Но в процессе работы применяется сероводород с резким удушливым запахом, который требует специально оборудованных лабораторий с мощной вытяжной системой. В учебных лабораториях H_2S и, следовательно, сероводородная классификация почти не используются.

Кислотно-щелочная система, разработанная в свое время С.Д. Бесковым и О.А. Слизковской, основана на различном отношении катионов к кислотам, щелочам и водному раствору аммиака. В соответствии с этим принципом классификации все катионы делятся на шесть аналитических групп (приложение, табл. 1).

2.2. Классификация анионов

Общепринятой классификации анионов не существует. Разными авторами предложены различные системы их классификации.

Классификация, по которой все анионы делятся на три аналитические группы в зависимости от растворимости солей бария и серебра, приведена в приложении, табл. 2.

Вопросы для выполнения контрольной работы

31. Аналитические реакции. Примеры уравнений таких реакций. Требования, предъявляемые к аналитическим реакциям. Какие анионы относятся к первой аналитической группе? Охарактеризуйте их свойства. Напишите реакции открытия сульфат - иона.

32. Характеристика катионов первой аналитической группы. Охарактеризуйте свойства этих катионов. Приведите примеры основных частных реакций на катионы первой группы. Условия выполнения данных аналитических реакций. Приведите специфическую реакцию на один из ионов этой группы (по кислотно-основной классификации).

33. Характеристика катионов второй аналитической группы. Указать групповой реактив и привести уравнения реакций действия его на катионы группы в молекулярном и ионном виде. Привести уравнение специфической реакции на ион Pb^{2+} в молекулярном и ионном виде с описанием условий проведения реакции (по кислотно-основной классификации).

34. Перечислите катионы третьей аналитической группы. Охарактеризуйте свойства соединений этих катионов (растворимость их оснований и солей). Действие группового

реактива на катионы данной группы. Составить уравнения реакций в молекулярном и ионном виде (по кислотно-основной классификации).

35. Перечислите катионы четвертой аналитической группы. Охарактеризуйте свойства соединений этих катионов (растворимость их оснований и солей). Действие группового реактива на катионы данной группы. Составить уравнения реакций в молекулярном и ионном виде (по кислотно-основной классификации).

36. Классификация анионов. Какие анионы относятся ко второй аналитической группе? Охарактеризуйте их свойства. Составьте уравнения реакций их открытия (кислотно-основная классификация).

37. Дайте характеристику групповому реактиву. Перечислите групповые реактивы на катионы V, VI аналитических групп по кислотно-основной классификации. Напишите уравнения реакций для данных катионов в молекулярной и ионной форме.

38. Виды учебных заданий в качественном анализе. Дробный и систематический анализ. Какие реакции лежат в основе дробного анализа? Приведите примеры уравнений таких реакций в молекулярном и ионном виде. Опишите ход проведения систематического анализа для смеси катионов первой и второй групп (по кислотно-основной классификации).

39. Перечислите катионы, относящиеся к IV аналитической группе по кислотно-основной классификации, укажите групповой реактив, его действие, охарактеризуйте свойства этих катионов. Напишите уравнения частных реакций для иона Zn^{2+} .

40. Характеристика катионов пятой аналитической группы по кислотно-основной классификации. Действие группового реактива. Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде. Какой реактив является специфическим для обнаружения иона Fe^{2+} ? Представьте действие его в молекулярном и ионном виде, указав внешний эффект, и дайте название образующемуся веществу.

41. Классификация анионов. Охарактеризуйте аналитические группы анионов и действие на них групповых реактивов. Составьте уравнения реакций для анионов первой аналитической группы в молекулярном и ионном виде (по кислотно-основной классификации).

42. Что такое специфическая реакция? Приведите примеры уравнений специфических реакций для катионов пятой аналитической группы (Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}). Опишите внешние эффекты. Дайте названия образующимся веществам (используйте кислотно-основную классификацию).

43. Опишите ход анализа по определению смеси катионов первой и второй аналитической групп, используя кислотно-основную классификацию. Что позволяют установить предварительные испытания. В чем суть систематического анализа? На чем основано отделение ионов первой аналитической группы от второй. Приведите уравнения соответствующих реакций.

44. Характеристика анионов третьей аналитической группы по кислотно-основной классификации. Опишите реакции обнаружения данных ионов в растворе и условия их проведения. Приведите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионном виде.

45. Характеристика качественного анализа. Что такое качественная реакция? Рассмотрите главные особенности качественных реакций (специфичность, интенсивность, чувствительность, селективность и др.) Приведите примеры качественных реакций для катиона Fe^{3+} .

46. Дайте определение специфической реакции. Укажите специфическую реакцию на анион йода. К какой аналитической группе по кислотно-основной классификации относится данный анион? Охарактеризуйте эту группу.

47. Что такое групповой реактив? Перечислите групповые реактивы на катионы второй, третьей и четвертой аналитических групп. Напишите уравнения реакций взаимодействия группового реактива соответствующей группы с ионами Pb^{2+} , Ba^{2+} , Al^{3+} (по кислотно-основной классификации).

48. Аналитические реакции. Примеры. Требования, предъявляемые к аналитическим реакциям. Напишите примеры качественных реакций для обнаружения ионов меди, цинка, свинца. К каким аналитическим группам относятся данные катионы. Охарактеризуйте эти группы.

49. Что такое мешающие ионы? Опишите порядок обнаружения в растворе ионов калия и натрия в присутствии катионов второй аналитической группы и аммония (рассмотрите классификацию ионов по кислотно-основному методу). Составьте уравнения реакций в молекулярном и ионном виде. Укажите условия их проведения.

50. Опишите порядок аналитического исследования неизвестного вещества посредством качественных реакций. Охарактеризуйте и подробно опишите операции анализа (предварительное испытание, растворение пробы, открытие катионов, открытие анионов).

51. Охарактеризуйте систематический ход анализа. Опишите последовательность проведения систематического анализа для смеси катионов первой и второй групп (по кислотно-основной классификации).

52. Какой реактив можно использовать для обнаружения в растворе фосфат-иона? К какой аналитической группе анионов (по кислотно-основной классификации) относится данный ион. Напишите уравнение реакции в молекулярном и ионном виде.

53. Что является внешним эффектом от действия группового реактива на катионы пятой аналитической группы (по кислотно-основной классификации)? На каких свойствах этих катионов основано их разделение и идентификация? Приведите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионном виде.

54. Перечислите катионы четвертой аналитической группы (по кислотно-основной классификации). Охарактеризуйте свойства этих катионов. Укажите групповой реактив на катионы данной группы и приведите уравнения реакций действия данного реактива на катионы группы в молекулярном и ионном виде.

55. Дайте характеристику понятию «мешающие ионы». Что означает термин «удалить ион из раствора»? Опишите порядок

определения иона калия в присутствии иона аммония. Приведите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионном виде.

56. Дайте определение специфической реакции. Укажите специфические реакции на анион йода, нитрат-ион. К каким аналитическим группам по кислотно-основной классификации относятся данные анионы?

57. Перечислите катионы четвертой аналитической группы (по кислотно-основной классификации). Охарактеризуйте свойства этих катионов. Какое из их свойств позволяет объединить их в одну группу? Укажите групповой реактив на катионы данной группы и приведите уравнения реакций действия данного реактива на катионы группы в молекулярном и ионном виде.

58. Охарактеризуйте анионы первой аналитической группы по кислотно-основной классификации. Опишите реакции обнаружения данных ионов в растворе и условия их проведения. Приведите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионном виде.

59. Охарактеризуйте анионы второй аналитической группы (по кислотно-основной классификации). Приведите уравнения реакций действия группового реактива в молекулярном и ионном виде.

60. Какая группа анионов (по кислотно-основной классификации) не имеет группового реактива? Объясните, почему. Приведите пример качественной реакции обнаружения нитрат – иона в молекулярном и ионном виде.

Раздел 3. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

Методы количественного анализа

Количественный анализ основан на функциональной зависимости между количеством элемента или вещества (или их концентрацией) и измеряемой физической величиной. Многочисленные методы количественного анализа делятся на химические и физические. Классифицируются они по измеряемым физическим величинам

3.1. Гравиметрический (весовой) анализ

Гравиметрия – один из самых точных методов количественного анализа. Здесь взвешивание является не только начальной (промежуточной), но и конечной стадией определения (процедура взвешивания как промежуточная операция используется во многих методах анализа).

Основным инструментом анализа являются аналитические весы, точность их измерения (взвешивания) 10^{-5} – 10^{-6} . Точность весового анализа до 0,01.

Направления использования гравиметрии:

- а) определение содержания различных веществ (примесей) или элементов в сельскохозяйственных объектах анализа;
- б) определение содержания органической или минеральной составляющей в анализируемом объекте;
- в) определение содержания гигроскопической или кристаллизационной воды.

Определение содержания различных веществ (примесей) или элементов в сельскохозяйственных объектах. Из части исследуемого вещества известной массы (навеска) определяемый компонент выделяют тем или иным способом в виде какого-либо соединения. Выделение определенного компонента осуществляется после растворения навески и действия на раствор подходящего реагента, образующего практически нерастворимое вещество (форма осаждения). Осадок отделяют фильтрованием, декантацией или другими способами, отмывают от следов сорбированных компонентов, часто переосаждают. Затем взвешивают и прокаливают до образования устойчивого соединения строго определенного состава (весовая форма), массу которого измеряют (завешивают).

Расчеты осуществляют в соответствии с реализованными химическими реакциями.

Определение содержания органической или минеральной составляющей в анализируемом объекте. Часть

исследуемого вещества известной массы (навеска) сжигают (озоляют) до постоянной массы.

Расчеты осуществляют в двух вариантах:

а) вычисление содержания минеральной составляющей (отнесение массы остатка после сжигания к массе взятой навески);

б) вычисление содержания органической составляющей (отнесение потери массы после обжига к массе взятой навески).

Определение воды в веществах. На практике чаще всего определяют содержание гигроскопической воды (влажность) и кристаллизационной связанной воды, входящей в состав кристаллогидратов. В этих целях берется точная навеска исследуемой средней пробы массой 1-3 г и высушивается в сушильном шкафу при определенной температуре до постоянной массы. Температура сушки 100...110°C (для волокнистых веществ 100... 102°C, для почв около 105°C, для известняка 108...110°C, карбоната натрия - до 270°C).

Вопросы для выполнения контрольной работы

61. Гравиметрический анализ. Перечислите основные требования к осадку. Отличие осаждаемой формы от весовой. Сколько мл 0,5н раствора оксалата аммония потребуется для осаждения иона кальция из раствора, полученного при растворении 0,7 г карбоната кальция?

62. Охарактеризуйте основные операции гравиметрического анализа. Определите содержание бария в образце химически чистого $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, если навеска чистого $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ равна 0,4872 г. Масса осадка сульфата бария после прокаливания составила 0,4644 г.

63. Характеристика гравиметрического метода анализа. Преимущества и недостатки метода. Применение метода в сельском хозяйстве.

64. Операции гравиметрического анализа. Требования к осадителю. Для количественного определения иона бария

растворили навеску $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 0.4526 г. Какой объем 2н раствора серной кислоты потребуется для полного осаждения иона бария?

65. Весовой анализ. Основные операции весового анализа. Требования, предъявляемые к осадкам (аморфным и кристаллическим). Сколько мл 1н раствора хлорида бария потребуется для осаждения сульфат - иона, если растворено 2 г медного купороса, содержащего 5% примесей? Учтите избыток осадителя.

66. Гравиметрический анализ. Что называется «навеской»? Чем определяется выбор величины навески анализируемого вещества? На аналитических весах отвесили навеску в 0,7178 г х.ч. хлорида кальция. Приготовили из нее 250 мл раствора. Определите эквивалентную концентрацию и титр данного раствора.

67. Охарактеризуйте основные этапы весового анализа.

68. Гравиметрический анализ. Определение содержания различных веществ (примесей) или элементов в сельскохозяйственных объектах.

69. Опишите определение кристаллизационной воды в медном купоросе гравиметрическим методом.

70. Весовой анализ. Преимущества и недостатки данного метода анализа. При определении железа весовым методом из 1,5 г вещества было получено 0,48 г Fe_2O_3 . Чему равна массовая доля железа в образце?

71. Гравиметрия. Преимущества и недостатки метода. Задача: при анализе 0,8105 г сплава получено 0,5008 г Al_2O_3 . Определите процентное содержание алюминия в сплаве.

72. Весовой анализ. Перечислите условия осаждения кристаллических и аморфных веществ. Что такое форма осаждения и весовая (гравиметрическая) форма? Какую навеску сульфата железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ следует взять для определения в нем железа в виде Fe_2O_3 (считая норму осадка равной примерно 0,2 г).

73. Характеристика гравиметрического анализ. Что называется «навеской»? Чем определяется выбор величины

навески анализируемого вещества? Для анализа взято 0,5850 г хлорида бария. При его обработке серной кислотой образовался осадок сульфата бария в количестве 0,5642 г. Сколько граммов бария входит в состав осадка? Определить процентное содержание бария во взятой навеске.

74. Аналитические определения весовым методом. Что называется «навеской»? Чем определяется выбор величины навески анализируемого вещества? Основные операции весового анализа.

75. Операции гравиметрического анализа. Требования к осадку и осадителю. Для количественного определения иона бария растворили навеску $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 0.5241 г. Какой объем 1,5н раствора серной кислоты потребуется для полного осаждения иона бария?

76. Определения методом гравиметрии. Перечислите условия осаждения кристаллических и аморфных веществ. Что такое форма осаждения и весовая (гравиметрическая) форма? Каким требованиям они должны отвечать?

77. Какой объем 0,8н раствора хлорида бария потребуется для осаждения сульфат- иона, если растворено 2,4 г медного купороса, содержащего 10% примесей?

78. Какой объем 0,15н раствора серной кислоты потребуется для осаждения ионов бария из навески нитрата бария величиной 0,55 г?

79. Гравиметрия. Основные операции данного метода. Перечислите условия осаждения кристаллических и аморфных веществ, нормы их для анализа. Что такое форма осаждения и весовая (гравиметрическая) форма? Для определения содержания сульфата калия гравиметрическим методом из 3,5 г образца, содержащего сульфат калия, было получено 3,12 г сульфата бария. Определите массовую долю сульфата калия в образце.

80. Весовой анализ. Основные операции данного метода. Как осуществляют определение кристаллизационной воды в кристаллогидрате? Опишите ход данного определения. Задача: вычислите процентное содержание

кристаллизационной воды в медном купоросе по следующим данным: масса пустого тигля 3,52456г, масса тигля с навеской 4,74115г, масса тигля с навеской после высушивания 4,30355г.

81. Весовой анализ. Основные операции весового анализа. Требования, предъявляемые к осадкам (аморфным и кристаллическим). Сколько мл 1н раствора хлорида бария потребуется для осаждения сульфат - иона, если растворено 2 г медного купороса, содержащего 5% примесей? Учтите избыток осадителя.

82. Что называется навеской анализируемого вещества? Чем определяется выбор величины навески? На аналитических весах отвесили навеску в 0,6985 г х.ч. хлорида кальция. Приготовили из нее 200 мл раствора. Определите молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалента и титр полученного раствора.

83. Чем определяется выбор величины навески анализируемого вещества? Для анализа взято 0,5850 г хлорида бария. При его обработке серной кислотой образовался осадок сульфата бария в количестве 0,5642 г. Сколько граммов бария входит в состав осадка? Определить процентное содержание бария во взятой навеске.

84. Какой объем 0,6н раствора хлорида бария потребуется для осаждения сульфат - иона, если растворено 3,8 г медного купороса, содержащего 12% примесей?

85. Охарактеризуйте операции гравиметрического анализа. Приведите требования к осадку и осадителю. Для количественного определения иона бария растворили навеску $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 0.6542 г. Какой объем 1,2н раствора серной кислоты потребуется для полного осаждения иона бария?

86. Перечислите условия осаждения кристаллических и аморфных веществ. Что такое форма осаждения и весовая (гравиметрическая) форма? Каким требованиям они должны отвечать?

87. Как осуществляют определение кристаллизационной воды в кристаллогидрате? Опишите ход данного определения. Задача: вычислите процентное содержание кристаллизационной воды в медном купоросе по следующим данным:

масса пустого тигля 3,52456г, масса тигля с навеской 4,74115г, масса тигля с навеской после высушивания 4,30355г.

3.2. Титриметрический (объемный) анализ

Задачи и методы объёмного анализа

Объемный анализ основан на точном измерении объема раствора реактива, затраченного на реакцию с определяемым компонентом. Задача объемного анализа – определение эквивалентной концентрации раствора одного вещества по известной эквивалентной концентрации раствора другого вещества, а также определение количественного содержания анализируемого вещества в растворе.

В зависимости от химических реакций, лежащих в основе метода, их подразделяют на следующие методы (приложение, табл. 3).

В основе всех расчетов в объемном анализе лежит закон эквивалентов для реагирующих растворов.

$$C_{\text{экв1}} \cdot V_1 = C_{\text{экв2}} \cdot V_2,$$

где $C_{\text{экв1}}$ - эквивалентная концентрация первого раствора, моль-экв / л; V_1 — объем первого раствора, л;

$C_{\text{экв1}} \cdot V_1 = n_{\text{экв}}$ – число моль-экв первого растворенного вещества.

$$\text{моль-экв} / \text{л} \cdot [\text{л}] = [\text{моль-экв}]$$

$C_{\text{экв2}} V_2$ – число моль-экв .второго растворенного вещества.

Равенство $n_{\text{экв1}} = n_{\text{экв2}}$ называют точкой эквивалентности или моментом окончания реакции. В точке эквивалентности число моль-экв. анализируемого вещества равно числу моль-экв. партнера по реакции.

Для успешного проведения объемного анализа необходимо, чтобы:

1. Растворенные вещества реагировали между собой с достаточно большой скоростью и реакции были необратимы (при реакциях, имеющих небольшую скорость, весьма трудно,

а часто даже невозможно определить конец титрования, вследствие чего раствор будет перетитрован);

2. Момент окончания реакции (точка эквивалентности) четко и хорошо определялся. В методе нейтрализации для фиксирования точки эквивалентности в раствор вводится индикатор;

3. Объем растворов реагирующих веществ был измерен очень точно;

4. Концентрация одного из растворов была известна (такой раствор называется рабочим раствором или титрантом).

Концентрации, применяемые в объёмном анализе

В объемном анализе концентрацию растворов главным образом выражают в моль-экв/л (эквивалентная концентрация $C_{\text{экв}}$) и г/мл (титр, Т). Титр (Т) показывает, сколько граммов растворенного вещества содержится в 1 мл раствора.

Например, $T_{\text{HCL}} = 0,03604 \text{ мл}$. Это означает, что каждый миллилитр этого раствора содержит 0,03604 г HCl.

Эквивалентная концентрация ($C_{\text{экв}}$) показывает, сколько моль - эквивалентов растворенного вещества содержится в 1л (1000 мл) раствора. Так, например, 1 л 0,1н раствора серной кислоты содержит 0,1 моль-экв. H_2SO_4 , а 1 л 5н раствора содержит 5 моль-экв. H_2SO_4 .

Число моль - эквивалентов рассчитывается по формуле

$$n_{\text{экв}} = \frac{m}{M_{\text{экв}}},$$

где m – масса вещества; $M_{\text{экв}}$ – молярная масса эквивалента вещества.

Титр связан с эквивалентной концентрацией соотношением:

$$T = \frac{C_{\text{экв}} \cdot M_{\text{экв}}}{1000}$$

Молярная масса эквивалентов веществ в общем виде рассчитывается по

формулам:

$$M_{\text{экв(кислоты)}} = \frac{M}{\sum H},$$

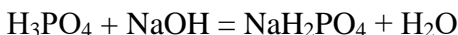
$$M_{\text{экв(основания)}} = \frac{M}{\sum OH},$$

$$M_{\text{экв(соли)}} = \frac{M}{n \cdot Z},$$

где M – молярная масса вещества; $\sum H^+$ – сумма ионов водорода; $\sum OH$ – сумма гидроксильных групп; n – число катионов в молекуле соли; Z – заряд катиона.

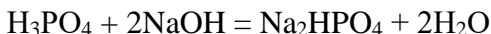
Молярная масса эквивалентов веществ может иметь различную величину в зависимости от условий протекания реакции.

Например, в реакции:



$$M_{\text{экв}}(H_3PO_4) = \frac{M}{1} = 98 \text{ г/моль-экв.}$$

Если в ходе реакции в молекуле фосфорной кислоты замещены 2 иона водорода, то:



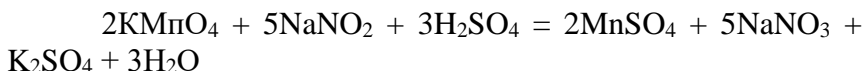
$$M_{\text{экв}}(H_3PO_4) = \frac{M}{2} = \frac{98}{2} = 49 \text{ г/ моль-экв.}$$

В окислительно-восстановительных реакциях молярная масса эквивалента вещества определяется по формуле:

$$M_{\text{экв}} = \frac{M}{n}$$

где n – число отданных или принятых электронов одной молекулой восстановителя или окислителя.

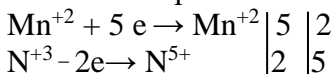
Например, в реакции:



окислитель

восстановитель

Схема электронного баланса:



$$M_{\text{экв}}(\text{KMnO}_4) = \frac{M}{5} = \frac{158}{5} = 31,6 \text{ г/моль-экв.}$$

$$M_{\text{экв}}(\text{NaNO}_2) = \frac{M}{2} = \frac{69}{2} = 34,5 \text{ г/моль-экв.}$$

Вычисления в объемном анализе

1. Вычисления, связанные с приготовлением и разбавлением растворов.

Существуют 5 способов выражения концентрации растворов: молярная (C_m), эквивалентная ($C_{\text{экв}}$), титр (T), моляльная (C_m), процентная ($C\%$).

В практике объемного анализа обычно используются эквивалентная концентрация и титр, поэтому часто приходится проводить вычисления, связанные с переходом от одной концентрации к другой.

Пример 1. Вычислите молярную и эквивалентную концентрации 12%-го раствора серной кислоты плотностью 1,08 г/мл.

Решение:

а) по условию задачи имеем 12%-й раствор. Следовательно, 12 г H_2SO_4 содержится в 100 г раствора. Зная массу и плотность раствора, можно найти объем раствора по формуле:

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho} = \frac{100}{1,08 \text{ г/мл}} = 92,59 \text{ мл}$$

б) далее составляем пропорцию:

12 г H_2SO_4 содержится в 92,59 мл раствора

X г H_2SO_4 содержится в 1000 мл раствора

$$X = \frac{12 \cdot 1000}{92,59} = 129 \text{ г}$$

в) зная, что в 1 л раствора содержится 129г серной кислоты, легко можно определить молярную и эквивалентную концентрации :

$$M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль}$$

$$C_M (\text{н}_\text{моль в 1 л р-ра}) = \frac{m}{M} = \frac{129 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} = 1,3 \text{ моль, т.е. } p\text{-}p1,3M$$

$$M_{\text{экв}} (H_2 SO_4) = \frac{M}{\sum H} = \frac{98}{2} = 49 \text{ г / моль - экв.}$$

$$C_3 (\text{н}_{\text{экв в 1 л р-ра}}) = \frac{m}{M_{\text{экв}}} = \frac{129 \text{ г}}{49 \text{ г/моль-экв}} = 2,6 \text{ моль - экв., т.е}$$

раствор 2,6н

Пример 2. Сколько миллилитров 38,3%-го раствора соляной кислоты ($p=1,19 \text{ г/мл}$) необходимо взять, чтобы приготовить 10 л 0,1 н раствора?

Решение: а) сначала находим, сколько граммов HCl должен содержать приготовленный раствор. Составим пропорцию:

0,1 моль-экв. HCl содержится в 1 л раствора

X моль-экв. HCl содержится в 10 л раствора

$$X \frac{0,1 \cdot 10}{1} = 1 \text{ моль-экв.}$$

$$m_{HCl} = n_{\text{экв}} \cdot M_{\text{экв}} = 1 \cdot 36,5 \text{ г}$$

$$M_{\text{экв}}(HCl) = \frac{M}{1} = 36,5 \text{ г/ моль-экв.}$$

б) рассчитаем массу 38,3%-го раствора, содержащего 36,5 г HCl

38,3г HCl содержится в 100 г раствора

36,5г HCl содержится в Y г раствора

$$Y = \frac{36,5 \cdot 100}{38,3} = 92,2 \text{ г}$$

в) зная массу 38,3%-го раствора и его плотность, найдем объем раствора по формуле:

$$Y_{p\text{-}pa} = \frac{m_{p\text{-}pa}}{p} = \frac{92,2 \text{ г}}{1,19 \text{ г/мл}} = 80 \text{ мл}$$

Следовательно, для приготовления 10л 0,1 н раствора нужно взять 80мл 38,3%-го раствора HCl , отмерив ее мерным цилиндром, и добавить воды до объема 10л.

Пример 3. Сколько литров воды нужно добавить к 0,5 л 8,8н раствора $CuSO_4$, чтобы получить 0,2н раствор?

Решение: задача решается по закону эквивалентов для реагирующих растворов:

$$C_{ЭКВ1} \cdot V_1 = C_{ЭКВ2} \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{C_{ЭКВ1} \cdot V_1}{C_{ЭКВ}} = \frac{0,5 \cdot 0,8}{0,2} = 2 \text{ л}$$

$$V_{H_2O} = V_2 - V_1 = 2 - 0,5 = 1,5 \text{ л}$$

2. Расчеты, связанные с вычислением результатов титрования.

Пример 1. Сколько граммов карбоната натрия Na_2CO_3 было взято, если после растворения его в мерной колбе на 250 мл и доведения водой до метки, взяли 25 мл пипеткой и на титрование этого количества раствора пошло 20,2мл 0,101 н раствора соляной кислоты?

Решение: по закону эквивалентов для реагирующих растворов находим эквивалентную концентрацию раствора карбоната натрия (объемы растворов необходимо перевести в литры):

$$C_{ЭКВ} \cdot V_1 = C_{ЭКВ} \cdot V_2$$

$$C_{ЭКВ}(Na_2CO_3) \cdot 0,025 = 0,101 \cdot 0,0202$$

$$C_{ЭКВ}(Na_2CO_3) = 0,0816 \text{ н}$$

Зная эквивалентную концентрацию, можно рассчитать титр раствора по формуле:

$$T = \frac{C_{ЭКВ} \cdot M_{ЭКВ}}{1000} = \frac{0,0816 \cdot 53}{1000} = 0,004325 \text{ г/мл}$$

Массу карбоната натрия в 250мл раствора можно найти из пропорции:

0,004325г Na_2CO_3 - в 1 мл раствора

X г Na_2CO_3 – в 250 мл раствора

$$X = \frac{0,00425 \cdot 250}{1} = 1,08125 \text{ г } Na_2CO_3 = 1,081 \text{ г}$$

Пример 2. При титровании навески $NaOH$ массой 0,1102 г (растворенной в произвольном количестве воды) израсходовано 24 мл раствора соляной кислоты. Рассчитайте $C_{\text{экв}}$ и титр HCl .

Решение: определить число моль - эквивалентов $NaOH$ в навеске по формуле:

$$n_{\text{экв}} = \frac{m}{M_{\text{экв}}} = \frac{0,1102}{40} = 0,002755 \text{ моль-экв.}$$

$$M_{\text{экв}}(NaOH) = \frac{M}{1} = 40 \text{ г/моль-экв}$$

В точке эквивалентности (в момент окончания реакции) $n_{\text{экв1}} = n_{\text{экв2}}$, то есть 0,002755 моль-экв. $(NaOH) = 0,002755$ моль-экв. (HCl) .

Далее рассчитываем эквивалентную концентрацию и титр раствора соляной кислоты:

$$C_{\text{экв}} \cdot V = n_{\text{экв}}$$

$$C_{\text{экв}}(HCl) = \frac{n_{\text{экв}}(HCl)}{V(HCl)} = \frac{0,002755 \text{ моль-экв}}{0,024 \text{ л}} = 0,1148 \text{ моль-экв/л}$$

экв/л

$$C_{\text{экв}}(HCl) = 0,1148 \text{ н}$$

$$T(HCl) = \frac{C_{\text{экв}} \cdot M_{\text{экв}}}{1000} = \frac{0,1148 \cdot 36}{1000} = 0,0041328 \text{ г/мл}$$

$$T(HCl) = 0,0041328 \text{ г/мл}$$

Пример 3. Сколько граммов гидроксида натрия было в растворе, если на нейтрализацию этого раствора израсходовано 10 мл соляной кислоты, эквивалентная концентрация которого 0,1024 н?

Решение. Зная объем раствора соляной кислоты (10 мл = 0,01л) и эквивалентную концентрацию этого раствора, рассчитываем, сколько моль-экв. соляной кислоты вступило в реакцию:

$$n_{\text{экв}} = C_{\text{экв}} \cdot V$$

$$n_{\text{экв}}(\text{HCl}) = 0,1024 \cdot 0,01 = 0,001024 \text{ моль-экв.}$$

В точке эквивалентности $n_{\text{экв}1} = n_{\text{экв}2}$

т.е. $0,001024 \text{ моль-экв. (HCl)} = 0,001024 \text{ моль-экв. (NaOH)}$.

Итак, в растворе было 0,001024 моль-экв. NaOH. Чтобы определить массу NaOH в растворе, можно воспользоваться формулой $m = n_{\text{экв}} \cdot M_{\text{экв}}$

$$m_{\text{NaOH}} = 0,001024 \cdot 40 = 0,04096 \text{ г}$$

$$M_{\text{экв}}(\text{NaOH}) = \frac{M}{1} = 40 \text{ г/моль-экв.}$$

3.2.1. Метод нейтрализации

В основе метода нейтрализации лежит реакция взаимодействия катионов H^+ с анионами OH^- с образованием слабодиссоциирующих молекул воды:



Этот метод применяется для количественного определения кислот (HCl , HBr , HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 , CH_3COOH и др.), щелочей (KOH , NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и др.), солей, способных гидролизаться в водных растворах (Na_2CO_3 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, NH_4Cl и др.). В методе нейтрализации необходимо использовать индикаторы, так как в их отсутствии реакция идет без внешнего эффекта, и определить момент окончания реакции невозможно.

Различают следующие случаи титрования.

1. Титрование сильной кислоты сильным основанием (или наоборот):

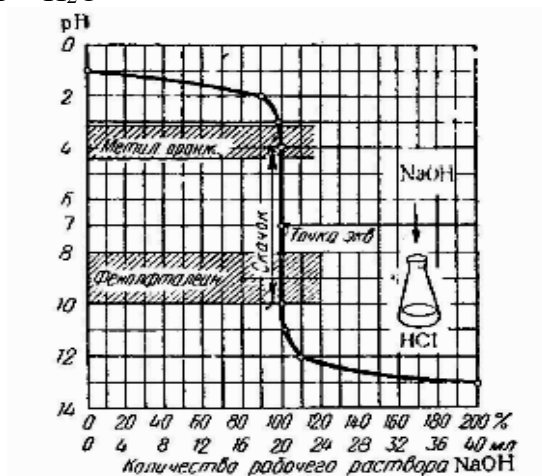
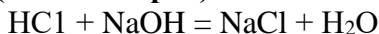
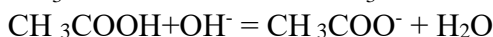
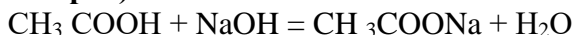


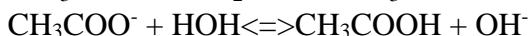
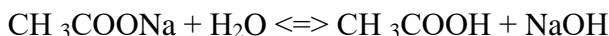
Рис. 3. Кривая титрования сильной кислоты сильным основанием

В момент окончания реакции (в точке эквивалентности) $\text{pH}=7$, среда нейтральная, так как соль NaCl гидролизу не подвергается.

2. Титрование слабой кислоты сильным основанием (или наоборот):



Образующаяся соль - ацетат натрия - подвергается гидролизу:



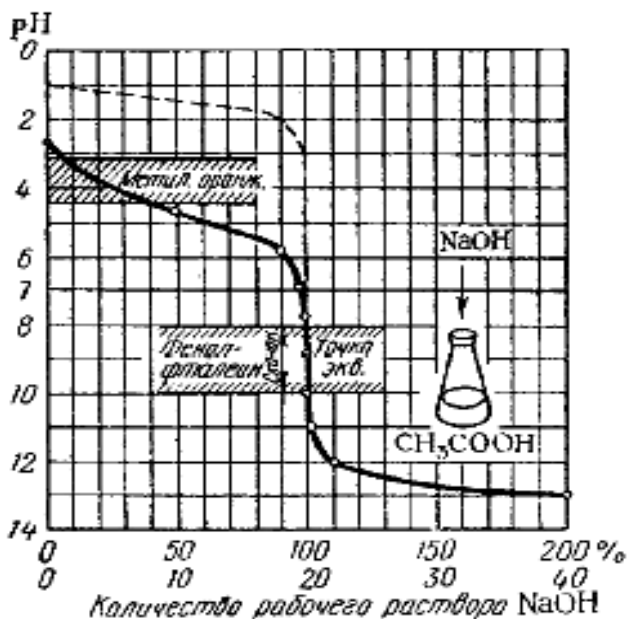
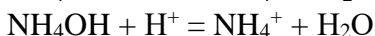
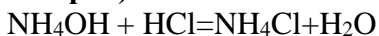


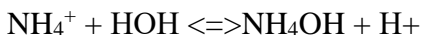
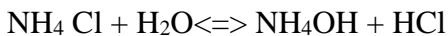
Рис. 4 Кривая титрования слабой кислоты с сильным основанием

В растворе появляется избыток ионов OH^- , поэтому в момент окончания реакции среда раствора щелочная $pH > 7$.

3. Титрование слабого основания сильной кислотой (или наоборот):



Образующаяся соль - хлорид аммония - тоже гидролизуеться.



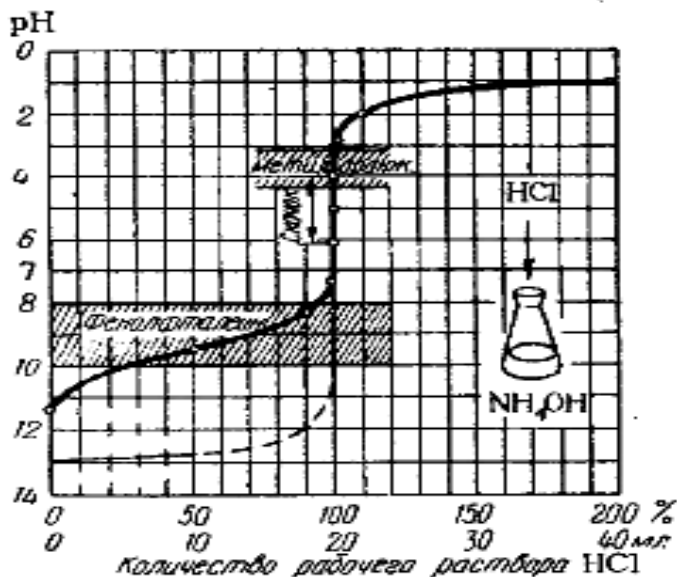


Рис.5 Кривая титрования слабого основания с сильной кислотой

В растворе накапливаются ионы H^+ , поэтому в точке эквивалентности среда раствора кислая, $\text{pH} < 7$.

Из всего следует, что природа реагирующих кислот и оснований оказывает непосредственное влияние на величину pH раствора в точке эквивалентности, и пользоваться во всех случаях одним и тем же индикатором нельзя.

Необходимые данные для важнейших индикаторов, применяемых в методе нейтрализации, приведены в приложении, табл. 4.

При титровании сильной кислоты сильным основанием (или наоборот) можно применить все индикаторы. При титровании слабой кислоты сильным основанием (или наоборот) применяют фенолфталеин. При титровании слабого основания сильной кислотой (или наоборот) применяют метилоранж, метилрот. Титрование слабой кислоты слабым основанием (или

наоборот) не дает достоверных результатов, так как ни один из индикаторов резко свою окраску не изменяет, определить момент окончания реакции невозможно.

Вопросы для выполнения контрольной работы

88. Сущность метода нейтрализации. Сколько граммов гидроксида кальция требуется на нейтрализацию 0,5 моль-экв кислоты?

89. Объемный (титриметрический) анализ: сущность анализа, общая характеристика, условия, необходимые для его реализации. Классификация методов объемного анализа.

90. Метод нейтрализации. Общая характеристика метода. Рабочие растворы. Точка эквивалентности, определение ее в данном методе. Определите среду раствора и величину pH в точке эквивалентности при титровании уксусной кислоты гидроксидом натрия. Укажите индикатор, который используют для установления точки эквивалентности в данном случае. Составьте соответствующие уравнения реакций.

91. Рассчитайте массу гидроксида калия в растворе, если на его титрование израсходовано 15,4 мл серной кислоты с титром = 0,002656 г/мл.

92. Что такое индикаторы? Какие индикаторы применяются при определениях методом нейтрализации? Что такое область перехода индикатора? Какую окраску имеет метилоранж при $\text{pH} \leq 3,1$; при $\text{pH} \geq 4,4$? В каком случае титрования можно применять данный индикатор?

93. Типичные случаи титрования в методе нейтрализации. Сколько граммов гидроксида бария было в растворе, если на нейтрализацию этого раствора израсходовано 25 мл 0.8N раствора HCl?

94. Что такое молярная концентрация, молярная концентрация эквивалентов и титр раствора? Рассчитайте молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалентов и титр раствора ортофосфорной кислоты, если в 3-х л его содержится 19,6 г ее.

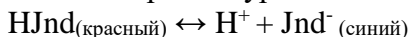
95. Суть закона эквивалентов. Закон эквивалентов для реагирующих растворов. Определите объем 0,5н раствора серной кислоты, необходимый для нейтрализации 150 мл 0,1н раствора гидроксида калия.

96. Какие растворы называются стандартными, стандартизированными? Что такое титрование, способы титрования, эквивалентная точка титрования? Фиксирование точки эквивалентности в различных методах титриметрического анализа. Приведите примеры.

97. На титрование 25 мл раствора хлорида калия затрачен 22 мл раствора нитрата серебра с титром 0,003588 г/мл. Определите массу хлорид - ионов в растворе.

98. Опишите основные случаи титрования в методе нейтрализации. Что такое кривые титрования, как их получают? Как, используя кривую титрования, правильно выбрать индикатор? Определите эквивалентную концентрацию и титр раствора серной кислоты, если известно, что на нейтрализацию 0,09 моль-экв щелочи при титровании было израсходовано 20 мл раствора этой кислоты.

99. В чем заключается сущность ионной теории индикаторов? Области перехода важнейших pH - индикаторов. Выбор индикатора в методе нейтрализации. Диссоциацию индикатора можно выразить уравнением:



Определите окраску индикатора в нейтральной, кислой и щелочной среде.

100. В мерную колбу емкостью 100 мл перенесли и растворили в воде 0,6504 г технической щавелевой кислоты. На титрование 10 мл полученного раствора пошло 9,85 мл 0,1026н раствора гидроксида натрия. Определите массовую долю (%) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в технической щавелевой кислоте.

101. Что является рабочими растворами в методе нейтрализации? Способы их приготовления. Укажите, какую из перечисленных солей можно использовать в методе нейтрализации: Na_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, K_2CO_3 . Объясните правильность выбора. Напишите уравнение гидролиза этой соли, укажите

характер среды раствора данной соли и рабочий раствор для ее титрования.

102. Вычисления в объемном анализе. Вычисления, связанные с приготовлением и разбавлением растворов. Вычислить молярную концентрацию, молярную концентрацию эквивалентов и титр 16% раствора фосфорной кислоты плотностью 1,1 г/мл.

103. Образец технического оксида магния массой 0,1535 г растворили в 40 мл соляной кислоты с титром = 0,003646 г/мл. Избыток соляной кислоты оттитровали 5,5 мл раствора гидроксида натрия с титром = 0,00404 г/мл. Вычислите массовую долю оксида магния в образце.

104. Рассчитайте, сколько концентрированной соляной кислоты плотностью 1,19 г/мл надо взять для приготовления 1 литра 0,1н раствора. Определите титр данного раствора.

105. Опишите один из возможных случаев титрования в методе нейтрализации – титрование сильной кислоты сильным основанием. Чему равен скачок на кривой титрования в данном случае? Какой индикатор можно применить для установления точки эквивалентности и почему? Определите массу гидроксида натрия в растворе, если на его титрование израсходовано 30 мл раствора соляной кислоты, с титром 0,003646 г/мл?

106. На основе какого закона проводятся вычисления в титриметрических методах анализа? Приведите формулировку и различные математические выражения его. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента и титр раствора гидроксида бария, если на титрование 10,5 мл его израсходовано 12,5 мл раствора азотной кислоты.

107. Теория индикаторов. Что такое область перехода индикатора? Диссоциацию индикатора можно выразить уравнением:



(синий) (желтый)

Определите окраску индикатора в нейтральной, кислой и щелочной среде, основываясь на принципе Ле Шателье.

3.2.2. Оксидиметрические методы объемного анализа

В основе этих методов лежат окислительно-восстановительные реакции. По видам рабочих растворов, применяемых для анализа, последние делятся на:

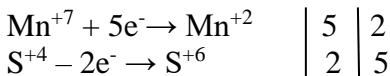
- а) перманганатометрию (раствор KMnO_4 в кислой среде);
- б) хроматометрию (раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в щелочной среде);
- в) йодометрию (раствор KI или I_2 в нейтральной среде) и др.

Метод перманганатометрии

Перманганатометрией называют метод титриметрического анализа, при котором рабочим раствором служит раствор перманганата калия. Перманганат калия проявляет окислительные свойства в кислой, щелочной и нейтральной среде. В кислой среде Mn^{+7} , входящий в состав KMnO_4 , восстанавливается до бесцветных катионов Mn^{+2} . Например:



H_2O



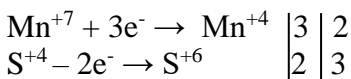
$M(\text{KMnO}_4) = 158 \text{ г/моль}$

$M_{\text{экв}}(\text{KMnO}_4) = \frac{M}{5} = \frac{158}{5} = 31,61 \text{ г/моль-экв.}$

При титровании в нейтральной среде Mn^{+7} восстанавливается до Mn^{+4} (обычно до MnO_2 , представляющего собой осадок бурого цвета):

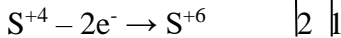
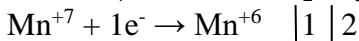
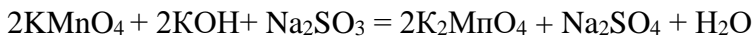


2KOH



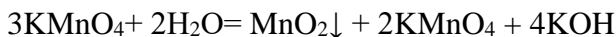
$$M_{\text{экв}}(\text{KMnO}_4) = \frac{M}{3} = \frac{158}{3} = 52,67 \text{ г/моль-экв.}$$

При титровании в щелочной среде n^{+7} восстанавливается до $(\text{Mn}^{+6}\text{O}_4)^{-2}$, который окрашивает раствор в зеленый цвет:



$$M_{\text{экв}}(\text{KMnO}_4) = \frac{M}{1} = \frac{158}{1} = 52,67 \text{ г/моль-экв.}$$

Ион $(\text{Mn}^{+6}\text{O}_4)^{-2}$ очень быстро восстанавливается до MnO_2 :



То есть при окислении в нейтральной и щелочной среде в конечном итоге образуется бурый осадок MnO_2 .

Особенности метода

1. Перманганатометрия проводится в кислой среде, так как окислительные свойства KMnO_4 в кислой среде гораздо выше, чем в щелочной и нейтральной. Кроме этого, только в кислой среде в результате реакции образуются бесцветные ионы Mn^{2+} . При окислении в щелочной и нейтральной среде выпадает осадок MnO_2 , сильно затрудняющий фиксирование момента окончания реакции.

2. В перманганатометрии не применяются индикаторы, так как в точке эквивалентности 1 избыточная капля приливаемого перманганата вызывает появление розовой окраски. Таким образом, индикатором является сам раствор KMnO_4 .

3. Перманганат калия под действием света буреет.

Вопросы для выполнения контрольной работы

108. Классификация оксидиметрических методов анализа. Реакции, лежащие в основе метода? Уравняйте реакцию методом электронного баланса и рассчитайте молярные массы эквивалентов окислителя и восстановителя:



109. На окисление 25 мл 0,02н раствора соли Мора требуется 40 мл раствора перманганата калия. Определите эквивалентную концентрацию и титр раствора перманганата калия.

110. Метод перманганатометрии, особенности метода. При титровании соли Мора перманганатом калия протекает реакция:



Уравняйте реакцию с помощью метода электронного баланса и рассчитайте молярные массы эквивалентов окислителя и восстановителя.

111. Составьте уравнения реакций между перманганатом калия и сульфитом натрия в кислой, щелочной и нейтральной среде и рассчитайте молярные массы эквивалентов окислителя и восстановителя.

112. Какой объем 0,02н раствора перманганата калия требуется для окисления 0,1 моль-экв соли Мора? Составьте уравнение реакции, протекающей при данном случае титрования.

113. Составьте уравнение реакции взаимодействия перманганата калия с сульфатом железа(II) в сернокислом растворе и рассчитайте, сколько граммов перманганата калия потребуется для окисления 20 г сульфата железа(II) в данных условиях.

114. Сколько граммов перманганата калия потребуется на окисление 0,3 моль-экв щавелевой кислоты в кислой среде? Составьте уравнение данной реакции и рассчитайте молярные массы эквивалентов окислителя и восстановителя.

115. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов раствора перманганата калия и титр перманганата калия по железу, если на титрование навески 0,1228 г химически чистой щавелевой кислоты $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ расходуется 30,0 мл раствора перманганата калия.

116. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов рабочего раствора перманганата калия и его титр, если на титрование 10 мл этого раствора израсходовано 9,5 мл 0,1514н раствора щавелевой кислоты.

117. Закончите уравнение реакции, уравнийте его с помощью метода электронного баланса и рассчитайте молярные массы эквивалентов окислителя и восстановителя:

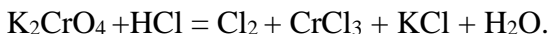


118. Составьте уравнение реакции между йодом и тиосульфатом натрия, уравнийте методом электронного баланса. Рассчитайте молярные массы эквивалентов окислителя и восстановителя.

119. Навеска 2,440 г технического сульфита натрия растворена в мерной колбе емкостью 250 мл. К 25 мл этого раствора добавили 50 мл 0,1н раствора йода, избыток которого оттитровали 30 мл 0,1н раствора тиосульфата натрия. Найдите массовую долю сульфита натрия в образце.

120. Определите молярную концентрацию эквивалентов раствора йода и его титр, если на титрование 23 мл йода пошло 10,67 мл 0,056н раствора тиосульфата натрия. Составьте соответствующее уравнение реакции. К какому методу титрования относится данный способ? В чем его особенности?

121. Опишите, как проводятся количественные определения хроматометрическим методом? К какой группе методов он относится? Закончите уравнение реакции, уравнийте его методом электронного баланса и рассчитайте молярную массу эквивалентов окислителя и восстановителя:



122. Определите молярную концентрацию эквивалентов и титр раствора перманганата калия, если 38,5 г перманганата калия растворили в колбе и довели объем до 250 мл (среда кислая).

123. Какой объем 0,02 н раствора перманганата калия достаточен для окисления 0,112 г железа, содержащегося в соли Мора?

124. Составьте уравнение реакции, протекающей при титровании соли Мора перманганатом калия. Уравнийте ее методом электронного баланса и рассчитайте молярные массы окислителя и восстановителя. К какому методу оксидиметрического анализа относится данный способ титрования?

125. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов перекиси водорода, если на титрование 9.5 мл раствора израсходовано 15 мл 0,13н раствора KMnO_4 . Составьте соответствующее уравнение реакции.

126. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов и титр перманганата калия, если на титрование 0,1 моль-экв раствора щавелевой кислоты израсходовано 15 мл раствора KMnO_4 . Составьте уравнение соответствующей реакции.

127. Метод йодометрии. Особенности метода. Определите, какой объем 5% раствора можно приготовить из 10 г кристаллического йода. Плотность раствора 0,950 г/мл.

128. Метод нейтрализации. При титровании навески гидроксида натрия массой 0.1205 г (растворенной в произвольном количестве воды) израсходовано 25 мл раствора соляной кислоты. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов и титр раствора соляной кислоты.

129. Приведите типичные случаи титрования в методе нейтрализации. Сколько граммов гидроксида бария находилось в растворе, если на нейтрализацию этого раствора израсходовано 15 мл 0.5н раствора HCl ?

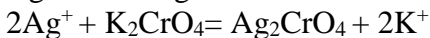
130. Как определяется точка эквивалентности при титровании слабой кислоты сильным основанием. Определите, какой объем 2,5н раствора гидроксида натрия необходим для нейтрализации 0,6 моль-экв уксусной кислоты

3.2.3. Осадительное титрование

Методы осаждения обусловлены реакциями образования малорастворимых веществ, выпадающих в осадок. Конечный момент реакции определяется большей частью посредством индикаторов, которые в эквивалентной точке вступают в соединение с рабочим раствором с образованием какого-либо характерного признака. Методы могут быть прямыми и косвенными, т.к. осадитель может быть прибавляем до тех пор, пока не прекратится образование осадка, или же может быть прибавлен избыток его и количество избытка осадителя

определено затем титрованием. В качестве рабочего раствора применяется чаще всего нитрат серебра, по которому и называют метод аргентометрическим. На основе аргентометрии производят определение ионов галогенов в их солях.

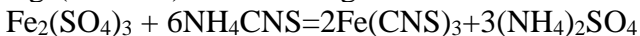
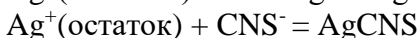
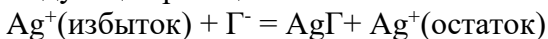
При применении прямого титрования (метод Мора) галоиды осаждают в виде $\text{Ag}\Gamma$, индикатором же служит раствор хромата натрия (K_2CrO_4), который в момент завершения реакции дает с ионами серебра окрашенный осадок состава Ag_2CrO_4 .



Метод Мора применим в нейтральной или слабощелочной среде (pH 7-10), т.к. в кислой и щелочной среде происходит разрушение Ag_2CrO_4 с образованием H_2CrO_4 и Ag_2O . Препятствует использованию метода присутствие в растворе других катионов, таких как Ba^{2+} , Pb^{2+} и др.

При непрямом методе титрования (метод Фольгарда) к исследуемому раствору приливают избыток нитрата серебра и остаток его оттитровывают роданидом аммония в присутствии индикатора железо-аммонийных квасцов $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$, которые в эквивалентной точке дают розовое окрашивание, вызываемое появлением $\text{Fe}(\text{CNS})_3$.

При определении галогенов по данному методу имеют место следующие реакции:



Вопросы для выполнения контрольной работы

131. Характеристика осадительного титрования. В чем сущность метода Мора? Какие реакции лежат в основе метода? На титрование раствора NaCl расходуется 30 мл раствора AgNO_3 с титром по хлору 0,003512 г/мл. Определите количество хлорид-ионов в титруемом растворе.

132. Какие вещества можно анализировать методом аргентометрии? В чем сущность данного метода? Сколько

граммов нитрата серебра потребуется для осаждения навески хлорида калия массой 7.45 г?

133. Как устанавливается точка эквивалентности в методе Мора? Составьте уравнения протекающих при этом реакций. Какой объем 0,1н раствора соляной кислоты потребуется для осаждения серебра из навески нитрата серебра массой 0,6 г?

134. Требования к реакциям, используемым в методе осаждения. Сколько мл 0,15н раствора соляной кислоты потребуется для осаждения серебра из навески нитрата серебра массой 0,6 грамма.

135. Сущность метода Фольгарда. Рабочий раствор метода, как устанавливается точка эквивалентности в данном методе. Составьте уравнения соответствующих реакций. Сколько граммов роданида аммония необходимо взять, чтобы приготовить 1 л 0,05н раствора?

136. Каким условиям должны удовлетворять реакции, используемые в методе осаждения? Как подразделяются методы осаждения по рабочим растворам? Сколько граммов нитрата серебра необходимо для приготовления 5 л 0,5н рабочего раствора для метода Мора?

137. Определите массу хлорида натрия в 250 мл раствора, если на титрование 25 мл этого раствора требуется 26,45 мл 0,05 н раствора нитрата серебра.

138. На титрование 25 мл раствора хлорида калия затрачен 22 мл раствора нитрата серебра с титром 0,003588 г/мл. Определите массу хлорид-ионов в растворе.

139. 4,8504 г технического едкого натра растворили в 50-70 мл воды и перенесли в мерную колбу емкостью 250 мл. Нейтрализовали щелочь в этой колбе концентрированной азотной кислотой, долили воду до метки на колбе и раствор тщательно перемешали. К 25,02 мл полученного раствора прилили 30,00 мл 0,05140н раствора нитрата серебра. На титрование избытка нитрата серебра пошло 21,30 мл 0,05290 н раствора роданида аммония. Определите процентное содержание хлорида натрия в техническом продукте.

140. На аналитических весах отвесили 0,9319 г технической соли хлорида калия, растворили в мерной колбе емкостью 250 мл. При титровании 25,02 мл данного раствора израсходовали 21,30 мл 0,05141 н рабочего раствора нитрата серебра. Определите процентное содержание хлорида калия в техническом продукте.

141. Сколько граммов нитрата серебра необходимо для приготовления 2-х литров 0.4н раствора. Определите титр данного раствора.

142. В мерной колбе емкостью 500 мл растворили 5,36 г хлорида калия. К 25 мл этого раствора прибавили 50 мл 0,0847 н раствора нитрата серебра. Избыток нитрата серебра оттитровали 23,88 мл роданида аммония с титром = 0,01068 г/мл. Рассчитайте массовую долю хлорида калия в образце.

143. Определите количество осадителя (соляной кислоты) для осаждения серебра из навески AgNO_3 в 0,9254 г. Составьте уравнение реакции.

144. Какое количество осадка образуется при взаимодействии 100 г нитрата серебра с 50 г соляной кислоты?

145. Навеску природного хлорида в 7,400 г растворили и довели объем раствора до 250 мл. Взяли 50 мл этого раствора, осадили из него ионы хлора действием 40 мл 0,9540 н раствора нитрата серебра. После этого на титрование избытка нитрата серебра пошло 19,35 мл 1,0500н раствора роданида аммония. Вычислите процентное содержание хлора в природном хлориде.

146. Сущность аргентометрии. Рабочий раствор метода. Каким образом определяется точка эквивалентности? Каким требованиям должны отвечать реакции в данном методе? Составьте уравнения соответствующих реакций. Недостатки метода.

147. На титрование раствора хлорида натрия расходуется 35 мл раствора нитрата серебра с титром по хлору 0,004115 г/мл. Определите массу хлорид-ионов в растворе.

148. Сколько граммов нитрата серебра нужно взять, чтобы приготовить 3 литра 0,15н раствора. Определите титр данного раствора.

149. Какое количество воды следует прибавить к 500 мл 0,1250н раствора нитрата серебра, чтобы получить 0,1н раствор?

150. Какой объем 0,12н раствора соляной кислоты потребуется для осаждения серебра из навески нитрата серебра массой 0,55г?

151. Составьте уравнение реакции, протекающей при титровании щавелевой кислоты перманганатом калия. Уравняйте реакцию методом электронного баланса, рассчитайте молярные массы эквивалентов окислителя и восстановителя.

152. Охарактеризуйте метод йодометрии. В чем особенности метода? Приготовление рабочих растворов для данного метода. Определите, какой объем 5% раствора йода можно приготовить из 20 г кристаллического йода.

153. Какой закон лежит в основе расчетов в объемном анализе, в чем его суть? Определите объем 0,0179н раствора перманганата калия, который потребуется на титрование раствора, содержащего 0,15 моль-экв соли Мора?

154. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов раствора перекиси водорода, если на титрование 12 мл этого раствора израсходовано 21 мл 0,1143н раствора перманганата калия. Составьте уравнение соответствующей реакции и рассчитайте молярные массы эквивалентов окислителя и восстановителя.

155. Приведите пример прямого титрования в методе осадительного титрования. Как называется этот метод, что является рабочим раствором, как устанавливается точка эквивалентности? Приведите уравнения соответствующих реакций.

156. Приведите пример непрямого титрования в методе осаждения. Как называется такой метод осадительного титрования, что является рабочими растворами, как устанавливается точка эквивалентности? Напишите уравнения реакций, характеризующих данный метод.

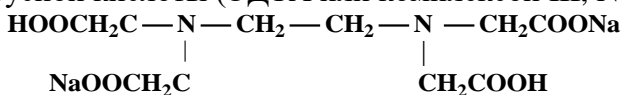
157. Аргентометрия. На титрование раствора хлорида натрия израсходовано 34,5 мл раствора нитрата серебра с титром по хлору равным 0,003545 г/мл. Определите массу хлорида натрия в растворе.

158. Охарактеризуйте метод Мора, в чем его особенности? Рассчитайте, сколько граммов нитрата серебра необходимо для приготовления 3 л 0,25н рабочего раствора.

3.2.4. Комплексонометрическое титрование

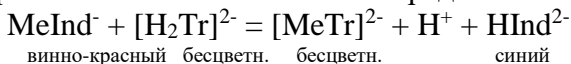
Метод комплексонометрии основан на том, что вещество, содержащееся в рабочем растворе, образует с анализируемым катионом прочное, растворимое внутрикомплексное соединение. Хотя в ходе титрования осадок не образуется, концентрация определяемого иона по мере титрования уменьшается, так как всё большее количество его связывается в комплекс. Определяемый ион связывается в комплекс тем полнее, чем прочнее этот комплекс, т. е. чем меньше константа его нестойкости.

В настоящее время для химического анализа широко применяют группу органических реактивов, объединённых под общим названием – *комплексоны*. Наиболее широко применяется комплексон под названием трилон Б, из которого готовят рабочий раствор для титрования методом комплексонометрии. Трилон Б – кислая динатриевая соль этилендиамин-тетрауксусной кислоты (ЭДТА или комплексон III, $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Tr}$):



Трилон Б, как и другие комплексоны, образует прочные, растворимые в воде комплексные соединения с ионами магния, щелочноземельных металлов, марганца, редкоземельных и других металлов. При комплексообразовании ион металла замещает ионы водорода в карбоксильных группах комплексона и связывается координационно с ионами азота трилона Б.

Образование комплекса можно представить так:



Константа нестойкости таких комплексов чрезвычайно мала: от 10^{-9} до 10^{-18} . В частности, константа нестойкости комплекса кальция $2,7 \cdot 10^{-11}$, магния $2,0 \cdot 10^{-9}$.

Чтобы сдвинуть равновесие в сторону образования комплекса, следует связать ионы водорода. Этого достигают, добавляя аммиачный буфер ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$), обеспечивающий достаточно высокий pH раствора.

Индикаторами в методе комплексонометрии служат органические реактивы, которые дают с определяемым ионом характерно окрашенные соединения. Их цвет резко отличается от цвета раствора самого индикатора. Вблизи точки эквивалентности, когда почти все определяемые катионы связываются с трилоном Б в комплекс, т.е. концентрация определяемых ионов резко уменьшается, окраска раствора меняется.

Вопросы для выполнения контрольной работы

159. Опишите ход определения жесткости воды комплексонометрическим методом. Чему равна жесткость воды, если на титрование 100 мл воды потребовалось 5 мл 0,1н трилона Б?

160. Жесткость воды. Способы ее устранения. Напишите уравнения соответствующих реакций. Определите жесткость природной воды, если в 1 литре ее содержится 0,30 г сульфата магния.

161. Чем определяется временная жесткость воды? Как ее можно устранить? Приведите уравнения соответствующих реакций. Временная жесткость воды = 4,5 ммоль-экв/л. Вычислите какое количество гидрокарбоната кальция содержится в 6 литрах такой воды.

162. Комплексонометрическое титрование. Сущность метода. Рабочий раствор метода. Индикаторы. Приведите

уравнения реакций, протекающих при использовании данного метода.

163. Какие виды жесткости воды Вам известны? Сколько гашеной извести надо прибавить к 1 м³ воды, чтобы устранить ее временную жесткость равную 3,6 ммоль-экв/л?

164. На титрование 200 мл воды израсходовали 10 мл 0,1н раствора комплексона III. Определите, чему равна жесткость такой воды.

165. Определить массовую долю примесей в MgSO₄·7H₂O, если после растворения навески массой 0,2 г магний оттитровывали 14,64 мл 0,1100н раствора ЭДТА.

166. Жесткость воды из скважин и колодцев достигает 8 ммоль-экв/л. Для умягчения такой воды можно использовать золу подсолнечника, в которой содержится около 20% карбоната калия. Рассчитайте сколько граммов золы нужно израсходовать, чтобы устранить жесткость в 50 л такой воды.

167. Сколько гашеной извести надо прибавить к 15 литрам воды, чтобы устранить ее временную жесткость = 4,5 ммоль-экв/л?

168. Рассчитайте, чему равна жесткость воды, если на титрование 200 мл воды потребовалось 12 мл 0,1н комплексона III.

169. В чем заключается сущность комплексонометрии? Назовите важнейшие комплексоны. Составьте их структурные формулы. В чем состоит преимущество комплексона III по сравнению с комплексонами I и II? Какие индикаторы применяют в данном методе?

170. Сколько Ca(HCO₃)₂ содержится в 1м³ воды, временная жесткость которой равна 3 ммоль-экв/л.

171. Вычислите массовую долю (%) карбоната кальция и карбоната магния в известняке, если после растворения 2,00 г известняка получили 200 мл раствора. На титрование 20 мл данного раствора для определения суммарного содержания магния и кальция израсходовали 18,50 мл 0,1н раствора ЭДТА, а на титрование кальция с мурексидом в отдельной пробе затратили 5,15 мл этого же раствора ЭДТА.

172. Сколько гашеной извести надо прибавить к 10 литрам воды, чтобы устранить временную жесткость воды, равную 3,6 ммоль-экв/л? Составьте уравнение реакции.

173. Определите временную жёсткость воды, если для устранения на 1000мл воды понадобилось прибавить 40г NaOH.

174. В мерной колбе емкостью 200 мл растворили хлорид алюминия. К 20 мл этого раствора добавили 25 мл трилона Б с молярной концентрацией эквивалентов 0,05 н. Избыток трилона Б оттитровали 10,50 мл сульфата магния с титром = 0,001525 г/мл. Рассчитайте массу хлорида алюминия, взятую для приготовления раствора.

175. Сколько гашеной извести надо прибавить к 40 литрам воды, чтобы устранить временную жесткость воды, равную 4,2 ммоль-экв/л? Составьте уравнение соответствующей реакции.

176. Определите карбонатную жесткость воды, если на титрование 100 мл воды пошло в среднем 12,25 мл 0,1016н раствора соляной кислоты.

177. На титрование 250 мл водопроводной воды было затрачено 7,5 мл 0,1н раствора комплексона III. Определите жесткость воды.

178. На титрование 400 мл воды израсходовали 20 мл 0,1н раствора комплексона III.

179. Определите, чему равна жесткость такой воды. Охарактеризуйте группу органических реактивов, объединенных под общим названием «комплексоны» и используемых в комплексонометрическом титровании. Составьте структурную формулу трилона Б. Почему именно это вещество используется в качестве рабочего раствора?

180. Определите массовую долю примесей в техническом сульфате магния, если при растворении в воде его навески массой 0,1954 г магний оттитровали 13,8 мл 0,1н раствора ЭДТА.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Список литературы, рекомендованной для выполнения контрольной работы

Основной

Аналитическая химия: учебник / Н.И. Мовчан, Р.Г. Романова, Т.С. Горбунова [и др.]. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 394 с. (ЭБС Инфра-М: URL: <https://znanium.com/catalog/product/1693697>)

Дополнительный

Васюкова А.Т. Аналитическая химия: учебник / А.Т. Васюкова, М.Д. Веденяпина. – Москва: Дашков и К, 2019. – 156 с. (ЭБС Лань: URL: <https://e.lanbook.com/book/119244>)

Вершинин В.И. Аналитическая химия: учебник / В.И. Вершинин, И.В. Власова, И.А. Никифорова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 428 с. (ЭБС Лань: URL: <https://e.lanbook.com/book/115526>)

Таблица 1

Классификация анионов

Группа	Анионы	Групповой реагент	Характеристики группы
1	Cl^- , Br^- , I^-	AgNO_3 в присутствии HNO_3	Соли серебра практически не растворимы в воде и разбавленной азотной кислоте
2	SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_2^- , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, AsO_3^{3-} ,	BaCl_2 в нейтральном или слабощелочном растворе	Соли бария практически не растворимы в воде
3	NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^-	Группового реагента нет	Соли бария и серебра растворимы в воде

Таблица 2

Кислотно-основная классификация катионов

Группа	Растворимая K^+, Na^+, NH_4^+	Хлоридная Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	Сульфатная $Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}$ (Pb^{2+})	Амфолитная $Al^{3+}, Cr^{3+},$ $Zn^{2+}, Sn^{2+},$ $Sn^{4+}, As^{5+}, As^{3+}$	Гидроксидная $Mn^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+},$ $Fe^{3+}, Bi^{3+}, Sb^{3+},$ Sb^{5+}	Аммиакатная $Cu^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+},$ Co^{2+}, Ni^{2+}
Характеристика группы	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде	Хлориды не растворимы в воде и разбавленных кислотах	Сульфаты не растворимы в воде и кислотах	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи	Гидроксиды, не растворимы в избытке щелочи	Гидроксиды образуют растворимые аммиакаты
Групповой реагент	Не имеет	2 н раствор NaCl	2 н раствор H_2SO_4	Избыток 4 н р-ра NaOH или KOH	Избыток 25%-го р-ра NH_4OH	Избыток 25% -го р-ра NH_4OH
Характер полученных соединений	Раствор K^+, Na^+, NH_4^+	Осадок $AgCl$ $PbCl_2$ Hg_2Cl_2	Осадок $BaSO_4,$ $SrSO_4$ $CaSO_4$ ($PbSO_4$)	Раствор $AlO_2^-, CrO_2^-,$ $ZnO_2^{2-}, SnO_3^{2-},$ AsO_3^{2-}	Осадок $Mg(OH)_2,$ $Mn(OH)_2,$ $Fe(OH)_2,$ $Fe(OH)_3,$ $Bi(OH)_3$ $HSbO_2$ $HSbO_3$	Раствор $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ $[Hg(NH_3)_4]^{2+}$ $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ $[Co(NH_3)_4]^{2+}$ $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$

Таблица 3

Классификация титриметрических методов

Метод титрования, тип реакции	Подгруппы методов	Вещества, применяемые для приготовления титрантов
Кислотно-основное $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O}$	Ацидиметрия (H_3O^+) Алкалиметрия (OH^-)	HCl NaOH, Na_2CO_3
Окислительно-восстановительное $a\text{Ox}_1 + b\text{Red}_2 = a\text{Red}_1 + b\text{Ox}_2$	Перманганатометрия Иодометрия Дихроматометрия Броматометрия Иодатометрия Ванадатометрия Титанометрия Хромометрия	KMnO_4 I_2 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ KBrO_3 KIO_3 NH_4VO_3 TiCl_3 CrCl_2
Осадительное	Аргентометрия Роданидометрия Меркурометрия	AgNO_3 NH_4CNS $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$
Комплексонометрическое	Комплексонометрия	ЭДТА

Таблица 4

Индикаторы метода нейтрализации

Индикатор	Цвет		Область перехода рН - инди- каторов	Показатель титрования, рТ	Кол-во капель индикатора на 20мл	Концентрация индикатора, %. Растворитель
	в кислоте	в щелочи				
Метилоранж	Красный	Желтый	3,1-4,4	4	1-2	0,05-0,1. Вода
Метилрот	Красный	Желтый	4,4-6,2	5,5	1-2	0,2-60. Спирт
Лакмус	Красный	Синий	5,0-8,0	7,0	1-2	1. Вода
Фенолфталеин	Бесцветный	Малиновый	8,0-10,0	9,0	2-3	1-79. Спирт

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Рекомендации по выполнению и оформлению работ.....	5
Методические советы по изучению отдельных тем дисциплины «Аналитическая химия» и вопросы контрольных заданий.....	7
Раздел 1. Метрологические основы аналитической химии.....	8
Раздел 2. Качественный анализ.....	16
2.1. Анализ катионов.....	18
2.2. Анализ анионов.....	19
Раздел 3. Количественный анализ.....	23
3.1. Гравиметрический (весовой) анализ.....	24
3.2. Титриметрический (объемный) анализ.....	28
3.2.1. Метод нейтрализации.....	36
3.2.2. Оксидиметрические методы объемного анализа.....	43
3.2.3. Осадительное титрование.....	47
3.2.4. Комплексометрическое титрование.....	52
Приложения.....	56

Коваль Юлия Ивановна
Бокова Татьяна Ивановна

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Сборник задач и упражнений для выполнения контрольных работ

Издается в авторской редакции

Формат 60 x 84 1/16.
Объем 2,1 уч.- изд. л., 3,875 усл. печ. л.

Издательский центр НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, оф.106
Тел. (383) 267-09-10, 2134539@mail.ru