

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ  
Запорожский государственный медицинский университет  
Кафедра аналитической химии

## **КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ**

### Модуль 1

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АНАЛИЗА АНИОНОВ.  
АНАЛИЗ СМЕСИ СУХИХ СОЛЕЙ**  
(конспект)

### Смысловой модуль 3

Учебно-методическое пособие  
для преподавателей и студентов 2 курса  
специальностей «Фармация» и «ТПКС»

Запорожье  
2016

Учебно-методическое пособие составили:

доктор фармацевтических наук, профессор С. А. Васюк;  
кандидат фармацевтических наук А.С. Коржова.

Рецензенты:

доктор фармацевтических наук, профессор, профессор кафедры фармацевтической химии С. И. Коваленко;  
доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой токсикологической и неорганической химии А. И. Панасенко.

Учебно-методическое пособие утверждено:

на заседании Цикловой методической комиссии физико-химических дисциплин Запорожского государственного медицинского университета (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_),  
на заседании Центрального методического совета Запорожского государственного медицинского университета (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_).

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Аналитическая химия изучается согласно утвержденной типовой программы 2010 года для студентов ВУЗов III-IV уровней аккредитации Украины для специальности 7.110201 «Фармация», соответственно образовательно-квалификационной характеристики и образовательно-профессиональной программы подготовки специалистов, утвержденных приказом МОН Украины от 16.04.2003 года № 239.

Обучение осуществляется в соответствии с учебным планом подготовки специалистов по специальности «Фармация», утвержденным приказом МЗ Украины № 931 от 07.12.2009 года.

Согласно учебного плана аналитическую химию изучают в III и IV семестрах.

Программа дисциплины структурирована на 3 модуля: модуль 1 – «Качественный анализ», модуль 2 – «Количественный анализ», модуль 3 – «Инструментальные методы анализа».

Модуль 1 состоит из трех смысловых модулей:

1. Теория и практика анализа катионов I–III аналитических групп.
2. Теория и практика анализа катионов IV–IV аналитических групп.
3. Теория и практика анализа анионов. Анализ смеси сухих солей.

## Занятие № 9

**1. ТЕМА:** Качественные реакции анионов I аналитической группы ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$ ), II аналитической группы ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ ) и III аналитической группы ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOO}^-$ ).

**2. ЦЕЛЬ:** Изучить теоретические основы применения реакций окисления-восстановления в качественном анализе, химико-аналитические свойства анионов I-III аналитических групп и приобрести умения выполнять качественные реакции этих анионов.

### 3. ЦЕЛЕВЫЕ ЗАДАЧИ:

3.1. Уяснить теоретические основы применения реакций окисления-восстановления в качественном анализе.

3.2. Научиться рассчитывать редокс-потенциал, ЭДС, константу равновесия окислительно-восстановительных реакций и на основе этих величин определять возможность протекания и направление окислительно-восстановительных реакций.

3.3. Изучить химико-аналитические свойства анионов и их аналитические классификации.

3.4. Изучить качественные реакции анионов I-III аналитических групп и условия их проведения.

3.5. Научиться выполнять качественные реакции анионов с общими реагентами и реакции обнаружения отдельных анионов.

### 4. ПЛАН И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЗАНЯТИЯ:

4.1. Организационный момент .....	3 мин
4.2. Постановка цели занятия и мотивация изучения темы занятия (вступительное слово преподавателя).....	7 мин
4.3. Коррекция исходного уровня знаний-умений.....	30 мин
4.4. Организация самостоятельной работы студентов (целевые указания преподавателя, техника безопасности).....	5 мин
4.5. Лабораторная работа.....	120 мин
4.6. Итоговый контроль: проверка результатов лабораторной работы и протоколов.....	10 мин
4.7. Заключительное слово преподавателя, указания к следующему занятию.....	5 мин

### 5. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ:

5.1. Повторить теоретический материал из курса общей и неорганической химии: теория реакций окисления-восстановления, окислительно-восстановительные свойства веществ; *p*-элементы: бор, углерод, азот, фосфор, мышьяк, кислород, сера, хлор, бром, йод, их положение в периодической системе Д.И. Менделеева, электронное строение; свойства кислот: серной, сернистой, сероводородной, фосфорной, борной, угольной, мышьяковой, мышьяковистой, хлороводородной, бромоводородной, йодоводородной, азотной, азотистой.

Повторить теоретический материал из курса органической химии: карбоновые кислоты – уксусная, винная, бензойная, салициловая, щавелевая, лимонная.

5.2. Изучить программный материал по данной теме согласно вопросам, приведенным ниже.

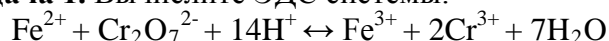
### Учебные вопросы для самоподготовки студентов

1. Сущность окислительно-восстановительных реакций. В чем заключается процесс окисления и процесс восстановления? Важнейшие окислители и восстановители, применяемые в анализе, редокс-амфотерные соединения.
2. Понятие электродного потенциала, природа его возникновения, расчет величины электродного потенциала (уравнение Нернста). Понятие редокс-пары.
3. Стандартный редокс-потенциал, реальный редокс-потенциал, формальный редокс-потенциал.
4. Как величина стандартного редокс-потенциала характеризует окислительно-восстановительные свойства редокс-пары? Привести примеры сильных и слабых окислителей и восстановителей, применяемых в анализе.
5. Как учитываются при составлении уравнения Нернста агрегатное состояние одной из форм редокс-пары и рН среды?
6. Влияние различных факторов на величину редокс-потенциала.
7. Электродвижущая сила (ЭДС) системы, константа равновесия ( $K_p$ ) реакций окисления-восстановления, формулы их расчета.
8. Возможность, направление и полнота протекания реакций окисления-восстановления.
9. Какие условия необходимо создать, чтобы реакция:  

$$\text{AsO}_2^- + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HAsO}_4^{2-} + 2\text{I}^- + 3\text{H}^+$$
 пошла в прямом направлении? При каких условиях ее можно сместить в обратном направлении?
10. Общая характеристика анионов и аналитические классификации анионов по группам.
11. Почему пробу на анионы I аналитической группы с  $\text{BaCl}_2$  выполняют в нейтральной или слабощелочной среде, а на анионы II группы с  $\text{AgNO}_3$  – в азотнокислой?
12. Свидетельствует ли отрицательная проба с  $\text{BaCl}_2$  об отсутствии всех анионов I группы?
13. Какие заключения можно сделать на основании растворимости бариевых солей анионов I группы?
14. Какие реакции, в какой последовательности и с каким внешним эффектом идут при добавлении хлорной воды по каплям к подкисленному раствору, содержащему  $\text{I}^-$  и  $\text{Br}^-$ -ионы в присутствии бензола или хлороформа? Можно ли этой реакцией обнаружить  $\text{I}^-$  и  $\text{Br}^-$ -ионы при совместном присутствии? Почему хлорную воду необходимо добавлять по каплям?
15. Какие анионы и какими реакциями можно обнаружить в сухой пробе (твердом образце)?
16. Качественные реакции обнаружения анионов I-III аналитических групп и условия их проведения (см. п. 6).

### 5.3. Решить задачи:

**Задача 1.** Вычислите ЭДС системы:



при  $\text{pH} = 0$ ,  $[\text{Fe}^{2+}] = 0,01$  моль/л;  $[\text{Fe}^{3+}] = 10^{-6}$  моль/л;  $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,1$  моль/л;  $[\text{Cr}^{3+}] = 10^{-6}$  моль/л.

Ответ: 0,903 В.

**Задача 2.** Вычислите значение  $K_p$ , оцените направление и полноту протекания реакции:  
 $\text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 при  $\text{pH} = 1$ .

Ответ:  $10^{-40}$ .

### Литература:

1. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 349-370, 463-522.
2. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
3. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 177-191.
4. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 85-104, 250-269.
5. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 146-175, 418-500.

## 6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

**При выполнении лабораторной работы необходимо строго соблюдать правила ТБ работы в химической лаборатории**

1. Работы с концентрированными кислотами, растворами сульфидов, спиртом проводить под вытяжным шкафом.
2. Помнить, что соединения **мышьяка – ядовиты!**
3. Продукты, полученные при выполнении реакций на  $\text{AsO}_3^{3-}$  и  $\text{AsO}_4^{3-}$ -ионы, сливать в предназначенные склянки, находящиеся в вытяжном шкафу.

### Общие реакции анионов I аналитической группы

#### С хлоридом бария

### Характерные реакции анионов I аналитической группы

#### Реакции $\text{SO}_4^{2-}$ -ионов

1. Реакция с хлоридом бария и родизонатом натрия (капельная реакция).
2. Реакция с катионами свинца.

#### Реакции $\text{SO}_3^{2-}$ -ионов

1. Реакция с минеральными кислотами.
2. Реакция с йодной или бромной водой.
3. Реакция восстановления металлическим Zn в кислой среде.

#### Реакции $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ионов

1. Реакция с минеральными кислотами.

2. Реакция с йодной водой.
3. Реакция с нитратом серебра.

#### Реакции $\text{PO}_4^{3-}$ -ионов

1. Реакция с нитратом серебра.
2. Реакция с магниальной смесью ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NH}_3$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).
3. Реакция с молибденовой жидкостью (раствор  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  и  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в  $\text{HNO}_3$ ).

#### Реакции $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ -ионов

1. Реакция окрашивания пламени сложными эфирами борной кислоты.

#### Реакции $\text{CO}_3^{2-}$ -ионов

1. Реакция с минеральными кислотами.
2. Реакция с сульфатом магния.

#### Реакции $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ -ионов

1. Реакция с хлоридом кальция.
2. Реакция с перманганатом калия в кислой среде.

#### Реакции $\text{AsO}_3^{3-}$ -ионов

1. Реакция с нитратом серебра.
2. Реакция с сульфид-ионами.
3. Реакция с раствором йода.

#### Реакции $\text{AsO}_4^{3-}$ -ионов

1. Реакция с нитратом серебра.
2. Реакция с магниальной смесью ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NH}_3$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).
3. Реакция с молибденовой жидкостью (раствор  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  и  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в  $\text{HNO}_3$ ).
4. Реакция с сульфид-ионами.
5. Реакция с йодидом калия.

#### Реакции тартрат-ионов $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$

Реакция с хлоридом калия.

#### Реакции цитрат-ионов $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$

Реакция с хлоридом кальция.

**Общие реакции анионов II аналитической группы**

**С нитратом серебра в растворе 2 М азотной кислоты**

**Характерные реакции анионов II аналитической группы**

### Реакции $\text{Cl}^-$ -ионов

1. Реакция с дихроматом калия – реакция образования хлористого хрома.
2. Реакция с окислителями ( $\text{KMnO}_4$ ).

### Реакции $\text{Br}^-$ -ионов

Реакция с окислителями (хлорная вода).

### Реакции $\text{I}^-$ -ионов

Реакция с окислителями (хлорная вода).

### Реакции $\text{SCN}^-$ -ионов

1. Реакция с солями кобальта(II).
2. Реакция с солями железа(III).

### Реакции $\text{S}^{2-}$ -ионов

1. Реакция с минеральными кислотами.
2. Реакция с солями кадмия.
3. Реакция с нитропруссидом натрия.

### Реакции бензоат-ионов $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$

Реакция с хлоридом железа(III).

## Характерные реакции анионов III аналитической группы

### Реакции $\text{NO}_3^-$ -ионов

1. Реакция с дифениламином.
2. Реакция с металлическим Al или Zn.
3. Реакция с сульфатом железа(II) и конц. серной кислотой.
4. Реакция с антипирином.

### Реакции $\text{NO}_2^-$ -ионов

1. Реакция с минеральными кислотами.
2. Реакция с йодидом калия.
3. Реакция с антипирином.

Реакция обнаружения  $\text{NO}_2^-$ -ионов и  $\text{NO}_3^-$ -ионов при их совместном присутствии в растворе

### Реакции $\text{BrO}_3^-$ -ионов

1. Реакция с сульфатом марганца в кислой среде.
2. Реакция с бромид- или йодид-ионами в кислой среде.

### Реакции ацетат-ионов $\text{CH}_3\text{COO}^-$



1. Реакция с минеральными кислотами.
2. Реакция с хлоридом железа(III).
3. Реакция образования эфиров.

### Реакции салицилат-ионов $C_6H_4OHCOO^-$

*Реакция с хлоридом железа(III).*

#### 7. НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ, ТС ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

- 7.1. Табличный фонд по теме занятия.
- 7.2. Учебные пособия:
  - справочник по аналитической химии.
- 7.3. ТС обучения и контроля:
  - карточки для выявления исходного уровня знаний-умений;
  - контрольные вопросы;
  - тесты.

### Занятие № 10

**1. ТЕМА: Анализ смеси анионов I-III аналитических групп.**

**2. ЦЕЛЬ: Закрепить теоретические знания и научиться их применять в самостоятельной практической работе по анализу анионов I-III аналитических групп и для анализа смеси анионов I-III аналитических групп.**

**3. ЦЕЛЕВЫЕ ЗАДАЧИ:**

- 3.1. Закрепить знания по основам окислительно-восстановительных реакций и применению их в качественном анализе.
- 3.2. Сформировать умения применять знания теоретических вопросов и качественных реакций на анионы для проведения систематического хода анализа некоторых смесей анионов и для решения предложенных ситуационных задач.
- 3.3. Научиться проводить анализ смеси анионов I-III аналитических групп, сочетая подробный анализ анионов с элементами систематического хода анализа, и делать логические выводы по результатам анализа задачи.

**4. ПЛАН И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЗАНЯТИЯ:**

- 4.1. Организационный момент ..... 3 мин
- 4.2. Постановка цели занятия и мотивация изучения темы занятия (вступительное слово преподавателя)..... 7 мин
- 4.3. Коррекция исходного уровня знаний-умений..... 30 мин
- 4.4. Организация самостоятельной работы студентов (целевые указания преподавателя, техника безопасности)..... 5 мин
- 4.5. Лабораторная работа..... 120 мин
- 4.6. Итоговый контроль: проверка результатов лабораторной работы и протоколов..... 10 мин
- 4.7. Заключительное слово преподавателя, указания к следующему занятию..... 5 мин

## 5. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ:

5.1. Повторить теоретический материал предыдущего занятия по аналитической химии: окислительно-восстановительные реакции в аналитической химии; химико-аналитические свойства анионов I-III аналитических групп, классификация анионов; качественные реакции анионов I-III аналитических групп.

5.2. Изучить программный материал по данной теме согласно вопросам, приведенным ниже.

### Учебные вопросы для самоподготовки студентов

1. Как делятся анионы на группы по растворимости солей бария и серебра?
2. Каково деление анионов по окислительно-восстановительным свойствам?
3. Как использовать окислительно-восстановительные свойства анионов в анализе смесей анионов?
4. Какие анионы можно обнаружить по обесцвечиванию раствора перманганата калия в кислой, нейтральной средах?
5. Какие анионы вызывают обесцвечивание раствора йода?
6. Какие анионы можно обнаружить по выделению йода из раствора йодида калия в кислой среде?
7. Какие анионы при взаимодействии с хлороводородной кислотой выделяют газы? Как обнаруживают эти газы?
8. Какую информацию о присутствии или об отсутствии анионов можно получить на основе значения pH водного раствора? Наличие каких анионов можно исключить в кислой среде?
9. Как обнаружить нитрит- и нитрат-ионы при их совместном присутствии в растворе?
10. Как можно обнаружить йодид- и тиоционат-ионы при их совместном присутствии в растворе?
11. Можно ли обнаружить хлорной водой йодид- и бромид-ионы при их совместном присутствии в растворе? В какой последовательности будет проходить окисление указанных ионов? Ответ подтвердите, пользуясь значениями редокс-потенциалов соответствующих окислительно-восстановительных пар. Запишите химизм реакций.
12. Как проанализировать следующие смеси анионов I-III аналитических групп:
  - $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ;
  - $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ;
  - $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ;
  - $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ;
  - $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

### Литература:

1. Алексеев В.Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 515-522.
2. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
3. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 296-271.
4. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 479-500.

## 6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Каждый студент получает контрольную задачу в виде раствора, содержащего смесь анионов I-III аналитических групп. Анализ смеси анионов I-III аналитических групп проводят в последовательности, приведенной ниже.

## АНАЛИЗ СМЕСИ АНИОНОВ I-III АНАЛИТИЧЕСКИХ ГРУПП

### Предварительные испытания

#### **Определение pH среды.**

Если  $\text{pH} < 2$ , то в анализируемом растворе отсутствуют анионы неустойчивых кислот, разлагающихся в кислой среде, то есть  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ .

В кислой среде при  $\text{pH} \leq 5$  также не могут присутствовать одновременно анионы-восстановители и анионы-окислители, например,  $\text{I}^-$  и  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{I}^-$  и  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{AsO}_3^{3-}$  и т. д., поскольку они реагируют друг с другом.

В щелочной среде могут присутствовать все анионы.

#### **Проба на присутствие анионов I аналитической группы.**

В пробирку вносят 4-5 капель анализируемого раствора, доводят (при необходимости) значение pH до 7-9, прибавляют 4-5 капель раствора хлорида бария.

Образование осадка указывает на присутствие анионов I аналитической группы.

Если осадок не выпадает, то указанные анионы отсутствуют в растворе, но  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{BaO}_7^{2-}$  и  $\text{AsO}_3^{3-}$  могут присутствовать, так как их осадки образуются только из концентрированных растворов.

В случае выпадения осадка полученную смесь раствора с осадком подкисляют раствором хлороводородной кислоты. Если осадок растворился не полностью, то это означает, что в растворе присутствуют  $\text{SO}_4^{2-}$ -ионы. Полное растворение осадка указывает на отсутствие  $\text{SO}_4^{2-}$ -ионов в анализируемом растворе.

#### **Проба на присутствие анионов II аналитической группы.**

В пробирку вносят 4-5 капель анализируемого раствора, прибавляют 4-5 капель раствора нитрата серебра и 2-3 капли разбавленной азотной кислоты.

Выпадение осадка указывает на присутствие в растворе анионов II аналитической группы.

#### **Проба на присутствие анионов-окислителей.**

В пробирку помещают 5-6 капель анализируемого раствора, прибавляют 2 капли разбавленной серной кислоты, 5 капель хлороформа, 2-3 капли раствора йодида калия и взбалтывают. Появление фиолетовой окраски хлороформного слоя указывает на возможное присутствие анионов –  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .

#### **Проба на присутствие анионов-восстановителей.**

▪ К 5-6 каплям анализируемого раствора прибавляют 1-2 капли разбавленной серной кислоты, 2-3 капли раствора перманганата калия.

Если раствор обесцветился, то в нем могут присутствовать анионы –  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{CN}^-$ .

Если раствор не обесцветился, то его осторожно нагревают на водяной бане до 70-80°C, поскольку  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ -ионы окисляются только при нагревании.

▪ К 3-4 каплям анализируемого раствора прибавляют каплю разбавленной серной кислоты и 2-3 капли раствора йода.

Обесцвечивание раствора указывает на возможное присутствие в нем анионов –  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ .

**Проба на присутствие анионов неустойчивых кислот.**

В пробирку помещают 4-5 капель анализируемого раствора, прибавляют 1-2 капли разбавленной серной кислоты и осторожно нагревают на кипящей водяной бане.

Выделение пузырьков газа означает, что в растворе возможно присутствие анионов  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ .

Желто-бурый цвет газов оксидов азота указывает на наличие  $\text{NO}_2^-$ -ионов в растворе с возможным присутствием и остальных анионов неустойчивых кислот. Помутнение раствора при его подкислении свидетельствует о наличии в нем  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ионов, разлагающихся с выделением элементарной серы.

**Обнаружение анионов**

С учетом данных, полученных при предварительных испытаниях, делают заключение о возможном присутствии тех или иных анионов в анализируемом растворе, после чего открывают их *дробным методом* и, используя *систематический ход анализа* для некоторых смесей анионов.

**Открытие  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ -ионов**

Если проба на присутствие восстановителей раствором  $\text{I}_2$  дала положительный результат, то в отдельной порции исходного раствора открывают анионы  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ .

**Открытие и отделение  $\text{S}^{2-}$ -ионов**

К капле щелочного анализируемого раствора прибавляют каплю раствора нитропрусида натрия. Появление красно-фиолетовой окраски указывает на присутствие  $\text{S}^{2-}$ -ионов.

Если  $\text{S}^{2-}$ -ионы открыты, то к 5 каплям раствора прибавляют немного твердого  $\text{CdCO}_3$ , взбалтывают, смесь центрифугируют и проверяют полноту осаждения, подействовав на каплю раствора нитропруссидом натрия:



Осадок 1 промывают, желтый цвет осадка подтверждает присутствие  $\text{S}^{2-}$ -ионов.  $\text{S}^{2-}$ -ионы также открывают по выделению  $\text{H}_2\text{S} \uparrow$  при действии на осадок 1 разбавленной хлороводородной кислотой.

**Открытие  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ионов**

К 2 каплям раствора 1 (или исходного анализируемого раствора, если  $\text{S}^{2-}$ -ионы отсутствуют) прибавляют 3-4 капли 2 М раствора  $\text{HCl}$  и смесь нагревают на кипящей водяной бане. Образование белой или желтоватой мути (сера) указывает на присутствие  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ионов.

**Открытие  $\text{SO}_3^{2-}$ -ионов и  $\text{SO}_4^{2-}$ -ионов**

Если открыты  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ионы, то к остальному раствору 1 прибавляют раствор  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{SrCl}_2$  до полного осаждения. Выпавший осадок ( $\text{SrSO}_3 \downarrow$ ,  $\text{SrSO}_4 \downarrow$ ) тщательно промывают (для удаления  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -ионов) и, взмутив в 3-4 каплях воды, делят полученную мутную жидкость на две части.

**Открытие  $\text{SO}_3^{2-}$ -ионов.** К одной части прибавляют 2-3 капли 2 М раствора  $\text{HCl}$  и по каплям раствор  $\text{I}_2$ . Обесцвечивание его свидетельствует о присутствии  $\text{SO}_3^{2-}$ -ионов.

*Открытие  $SO_4^{2-}$ -ионов.* На другую порцию осадка действуют 2 каплями раствора  $BaCl_2$  (для превращения  $SrSO_4\downarrow$  в менее растворимую соль –  $BaSO_4\downarrow$ ) и избытком 2 М раствора  $HCl$ . Нерастворимость в ней осадка указывает на присутствие  $SO_4^{2-}$ -ионов.  $SO_4^{2-}$ -ионы также открывают в предварительных испытаниях.

***Открытие  $CO_3^{2-}$ -ионов в присутствии  $SO_3^{2-}$  и  $S_2O_3^{2-}$ -ионов***

Если предыдущими опытами в веществе было обнаружено присутствие  $SO_3^{2-}$  и  $S_2O_3^{2-}$ -ионов, то их предварительно окисляют прибавлением 5-6 капель 3%-ного раствора  $H_2O_2$ . Затем  $CO_3^{2-}$ -ионы открывают реакцией с минеральными кислотами.

***Открытие  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ -ионов***

Если в предварительных испытаниях открыто присутствие анионов II аналитической группы, то в отдельной порции исходного раствора открывают анионы  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ .

*Осаждение  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ -ионов*

К 3-4 каплям анализируемого раствора прибавляют несколько капель раствора  $AgNO_3$ , 2-3 капли разбавленной азотной кислоты, добиваются полноты осаждения. Осадок отделяют центрифугированием и промывают водой:

<u>осадок 1</u>	<u>раствор 1</u>
$AgCl\downarrow$ , $AgBr\downarrow$ , $AgI\downarrow$	отбрасывают

*Растворение  $AgCl\downarrow$  и открытие  $Cl^-$ -ионов*

Осадок 1 энергично взбалтывают 1 минуту с 20-30 каплями 12%-ного раствора  $(NH_4)_2CO_3$ . Смесь центрифугируют и промывают:

<u>осадок 2</u>	<u>раствор 2</u>
$AgBr\downarrow$ , $AgI\downarrow$	$[Ag(NH_3)_2]^+$ , $Cl^-$

К раствору 2 прибавляют по каплям раствор  $KBr$ . При наличии в нем  $Cl^-$ -ионов получается интенсивное помутнение (вследствие образования  $AgBr\downarrow$ ), свидетельствующее о присутствии  $Cl^-$ -ионов в анализируемом растворе.

*Переведение  $Br^-$ ,  $I^-$ -ионов в раствор*

К осадку 2 прибавляют 5-6 капель воды, 5-6 капель 1 М раствора серной кислоты и несколько кусочков металлического цинка, смесь нагревают на кипящей водяной бане в течение нескольких минут, после чего осадок отделяют центрифугированием и отбрасывают:

<u>осадок 3</u>	<u>раствор 3</u>
$Zn\downarrow$ , $Ag\downarrow$	$Br^-$ , $I^-$
отбрасывают	

***Открытие  $Br^-$ ,  $I^-$ -ионов***

2 капли раствора 3 подкисляют 2-3 каплями раствора серной кислоты, добавляют 4-5 капель хлороформа и открывают  $Br^-$ ,  $I^-$ -ионы действием хлорной воды, добавляя ее по каплям.

***Открытие  $PO_4^{3-}$ ,  $AsO_3^{3-}$ ,  $AsO_4^{3-}$ -ионов***

Если в предварительных испытаниях открыто присутствие анионов I аналитической группы, то в отдельной порции исходного раствора открывают анионы  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ .

*Отделение  $\text{AsO}_4^{3-}$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ -ионов от  $\text{AsO}_3^{3-}$ -ионов*

К 5-6 каплям анализируемого раствора прибавляют 5-6 капель магниезальной смеси. Если осадок выпадает не сразу, протирают стенки пробирки стеклянной палочкой. Через 15 минут выпавший осадок отделяют центрифугированием и промывают водой, содержащей несколько капель  $\text{NH}_4\text{OH}$ :



*Открытие  $\text{AsO}_3^{3-}$ -ионов*

Раствор 1 подкисляют несколькими каплями 2 М раствора  $\text{HCl}$ , нагревают на кипящей водяной бане и добавляют в него  $\text{H}_2\text{S}$ . Выпадение желтого осадка, растворимого в  $\text{NH}_4\text{OH}$  и снова выпадающего при подкислении раствора, указывает на присутствие  $\text{AsO}_3^{3-}$ -ионов.

*Открытие  $\text{AsO}_4^{3-}$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ -ионов*

Осадок 1 растворяют в нескольких каплях 2 М раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и в отдельных порциях раствора открывают  $\text{AsO}_4^{3-}$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ -ионы.

*Открытие  $\text{AsO}_4^{3-}$ -ионов.* К 2-3 каплям полученного раствора прибавляют 2-3 капли концентрированной хлороводородной кислоты, 1 каплю раствора йодида калия и 2-3 капли хлороформа. Появление при взбалтывании фиолетовой окраски органического слоя указывает на присутствие  $\text{AsO}_4^{3-}$ -ионов.

*Открытие  $\text{PO}_4^{3-}$ -ионов.* К 3-4 каплям полученного раствора прибавляют 3-4 капли молибденовой жидкости в присутствии винной кислоты. Смесь нагревают на водяной бане при температуре не выше  $50^\circ\text{C}$ . Выпадение желтого осадка подтверждает наличие  $\text{PO}_4^{3-}$ -ионов.

На основании полученных результатов исследования делают вывод об обнаруженных анионах в исследуемом растворе.

## 7. НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ, ТС ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

7.1. Табличный фонд по теме занятия.

7.2. Учебные пособия:

– справочник по аналитической химии.

7.3. ТС обучения и контроля:

– карточки для выявления исходного уровня знаний-умений;

– контрольные вопросы;

– тесты.

## Занятие № 11

**1. ТЕМА:** Итоговое занятие по теории и практике анализа анионов I-III аналитических групп, методам разделения и концентрирования.

**2. ЦЕЛЬ:** Закрепить знания по теории и практике анализа анионов I-III аналитических групп, проверить усвоение студентами пройденного материала и умение применять его в анализе и для решения расчетных задач.

### 3. ЦЕЛЕВЫЕ ЗАДАЧИ:

- 3.1. Проверить и закрепить знания по окислительно-восстановительным равновесиям и их роли в аналитической химии.
- 3.2. Проверить знания по методам разделения и концентрирования веществ в аналитической химии.
- 3.3. Закрепить умения решать расчетные задачи по изученным темам.
- 3.4. Сформировать четкие представления о детальном анализе анионов и систематическом ходе анализа некоторых смесей анионов I-III аналитических групп.

### 4. ПЛАН И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЗАНЯТИЯ:

- 4.1. Организационный момент .....3 мин
- 4.2. Постановка цели занятия и мотивация изучения темы занятия (вступительное слово преподавателя).....7 мин
- 4.3. Выявление уровня знаний-умений (картированный контроль).....45 мин
- 4.4. Индивидуальное собеседование.....80 мин
- 4.5. Тестовый контроль.....25 мин
- 4.7. Проверка протоколов.....15 мин
- 4.8. Заключительное слово преподавателя, указания к следующему занятию.....5 мин

### 5. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ:

- 5.1. Повторить теоретический материал занятий 9 и 10.
- 5.2. Повторить характерные реакции и анализ смеси анионов I-III аналитических групп.
- 5.3. Изучить программный материал по данной теме в соответствии с предлагаемыми вопросами, решить приведенные ниже задачи, проработать тестовые задания.

#### **Вопросы по изученному разделу качественного анализа**

##### *I. Окислительно-восстановительные равновесия в аналитической химии*

1. Окислительно-восстановительные реакции, их механизм.
2. Окислительно-восстановительные потенциалы редокс-пар.
3. Потенциал реакции (ЭДС). Направление протекания окислительно-восстановительных реакций.
4. Влияние различных факторов на значения ОВ потенциалов и направление протекания реакций окисления-восстановления.
5. Полнота протекания окислительно-восстановительных реакций. Константы равновесия ОВР.
6. Использование окислительно-восстановительных реакций в качественном анализе.

##### *II. Методы разделения и концентрирования веществ в аналитической химии*

1. Сущность и классификация методов разделения и концентрирования. Значение в аналитической химии.

- Осаждение и соосаждение. Понятие адсорбции, окклюзии, изоморфизма.
- Экстракция в аналитической химии. Принцип метода экстракции. Основные законы и количественные характеристики.

### **III. Хроматографические методы анализа**

- Хроматография, сущность метода.
- Классификация хроматографических методов анализа.
- Адсорбционная хроматография.
- Распределительная хроматография.
- Плоскостная хроматография.
- Осадочная хроматография.

### **IV. Химико-аналитические свойства и анализ анионов I-III аналитических групп**

- Общая характеристика анионов. Аналитические классификации анионов. Принцип разделения анионов на аналитические группы и групповые реагенты. Роль групповых реагентов в анализе анионов.
- Химико-аналитические свойства анионов I-III аналитических групп.
- Качественные реакции анионов I аналитической группы ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$ ), II аналитической группы ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ ) и III аналитической группы ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOO}^-$ ).
- Анализ смеси анионов I-III аналитических групп.
- Составьте схему хода анализа и напишите уравнения реакций открытия следующих смесей анионов:
  - $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ;
  - $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ;
  - $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ;
  - $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ;
  - $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ;
  - $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ;
  - $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ;
  - $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ;
  - $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

#### **5.4. Решить задачи:**

**Задача 1.** Из 40 мл водного раствора экстрагируют никель(II) в виде диметилглиоксимата 10 мл хлороформа, коэффициент распределения никеля(II) между хлороформом и водой равен 410. Рассчитайте степень извлечения никеля(II) в хлороформ при этих условиях.

Ответ: 99%.

**Задача 2.** Коэффициент распределения оксихинолята железа(III) между водой и бензолом при pH=12 равен 15. Рассчитайте молярную концентрацию железа(III) в водной фазе после экстракции его из 50 мл водного 0,1 М раствора четырьмя порциями бензола по 10 мл.

Ответ:  $3,9 \cdot 10^{-4}$  моль/л.



**Задача 3.** Для стандартных растворов веществ А и В были получены следующие значения  $R_f$  – соответственно 0,56 и 0,34. При хроматографировании в тех же условиях неизвестного раствора на пластинке были получены два пятна, расположенные на расстоянии 5,7 см и 4,3 см. Растворитель же прошел расстояние, равное 12,6 см. Установите, присутствуют ли в анализируемом растворе вещества А и В.

#### Литература:

1. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 349-370, 463-522.
2. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
3. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 177-203, 207-236.
4. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 85-104, 250-270.
5. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 146-176, 233-262, 450-500.

#### Занятие № 12

**1. ТЕМА: Анализ смеси сухих солей.**

**2. ЦЕЛЬ: Закрепить теоретические знания и практические навыки по анализу смесей катионов и анионов и научиться применять их для проведения анализа смеси сухих солей неизвестного состава.**

**3. ЦЕЛЕВЫЕ ЗАДАЧИ:**

- 3.1. Закрепить теоретические знания основных этапов и приемов анализа неизвестного вещества.
- 3.2. Научиться на основе знания химико-аналитических свойств катионов и анионов делать правильные выводы о совместимости и несовместимости катионов и анионов в смеси.
- 3.3. Научиться составлять схемы систематического или дробного анализа смеси катионов и анионов в соответствии с результатами анализа.
- 3.4. Овладеть практическими приемами и методикой анализа смеси сухих солей и научиться делать правильные выводы по результатам проведенного исследования.

**4. ПЛАН И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЗАНЯТИЯ:**

- 4.1. Организационный момент .....3 мин
- 4.2. Постановка цели занятия и мотивация изучения темы занятия (вступительное слово преподавателя).....7 мин
- 4.3. Выявление исходного уровня знаний-умений (картированный контроль).....15 мин
- 4.4. Коррекция исходного уровня знаний-умений.....15 мин

4.5. Организация самостоятельной работы студентов (целевые указания преподавателя, техника безопасности).....	5 мин
4.6. Лабораторная работа.....	120 мин
4.7. Итоговый контроль: проверка результатов лабораторной работы и протоколов.....	10 мин
4.8. Заключительное слово преподавателя, указания к следующему занятию.....	5 мин

## 5. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ:

5.1. Повторить теоретический материал предыдущих занятий по аналитической химии: качественные реакции катионов и анионов с общими и характерными реагентами, условия проведения этих реакций; дробный и систематический анализ катионов I-VI аналитических групп по кислотно-основной классификации; анализ смеси анионов I-III аналитических групп.

5.2. Изучить материал по анализу смеси веществ неизвестного состава.

### Учебные вопросы для самоподготовки студентов

1. Основные этапы анализа веществ неизвестного состава.
2. Предварительные наблюдения и испытания смеси сухих солей. Какую информацию о составе образца можно получить на основе исследования его однородности, формы и цвета кристаллов отдельных компонентов? Какие катионы и анионы можно исключить, если исследуемое вещество не окрашено?
3. Подбор растворителя для переведения твердого образца в раствор.
4. Как можно установить частичную растворимость вещества в воде?
5. Какое вещество присутствует в смеси сухих солей, если оно не растворяется в воде, в 2 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , но растворяется: а) в конц. растворе  $\text{NH}_3$ ; б) в 30% растворе  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ?
6. В какой последовательности подбирают нужную кислоту для растворения смеси сухих солей?
7. Если смесь сухих солей растворяется только в  $\text{HCl}$ , могут ли присутствовать в ней катионы I аналитической группы?
8. Об отсутствии каких катионов можно судить, если смесь сухих солей растворяется в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ?
9. Как проводят анализ раствора на наличие катионов?
10. Как обнаруживают анионы в исследуемом растворе?
11. На основании чего можно сделать вывод о несовместимости катионов и анионов в исследуемом растворе?
12. Какие анионы должны отсутствовать в растворе, если в нем обнаружены: катионы  $\text{Ba}^{2+}$ ; катионы  $\text{Ag}^+$ ?
13. Какие анионы могут присутствовать в растворе, если среда кислая, щелочная, нейтральная?
14. Какой анион присутствует в смеси сухих солей, если при действии 1 М раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  выделяется газ без запаха; с запахом горячей серы; бурого цвета?
15. Что такое «содовая вытяжка»? В каких случаях она готовится, как нейтрализуется? Можно ли в ней открывать  $\text{CO}_3^{2-}$ -ион?
16. Как на основании результатов проведенного исследования делают вывод о составе исследуемого образца?

### Литература:

1. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – С. 522-557.

2. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
3. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 271-277.
4. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 501-515.

## 6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Каждый студент получает контрольную задачу, представляющую собой смесь двух сухих солей неизвестного состава. Анализ проводят в последовательности, приведенной ниже.

### АНАЛИЗ СМЕСИ СУХИХ СОЛЕЙ

Полученную смесь измельчают в ступке, высыпают на лист белой бумаги и проводят тщательный осмотр пробы невооруженным глазом и под микроскопом. Обращают внимание на форму, цвет и запах кристаллов, на основании чего делают предположение о присутствии (или отсутствии) тех или иных ионов.

#### Предварительные испытания

*Окрашивание пламени горелки.*

Исследуют поведение образца в пламени газовой горелки (обугливание, улетучивание, окраска пламени) и делают соответствующие предположения.

*Выбор растворителя.*

Растворимость анализируемого вещества в различных растворителях исследуют, отбирая небольшие его порции (2-5 мг). Сначала проверяют растворимость в воде при комнатной температуре и (в случае необходимости) при нагревании. Если вещество нерастворимо или частично растворимо в воде, то испытывают его растворимость в кислотах: разбавленной уксусной, разбавленных и концентрированных (при необходимости) хлороводородной и азотной кислотами, наблюдая за тем, выделяются или не выделяются газообразные продукты.

*Подготовка смеси к анализу и перевод анализируемого образца в раствор.*

Анализируемую смесь делят на три части: для анализа катионов, для анализа анионов, для контроля (арбитражная).

Около 50 мг смеси растворяют в 3 мл выбранного растворителя, регулируют pH среды.

*Открытие катионов.*

Анализ смеси целесообразно начинать с открытия катионов, поскольку наличие некоторых из них будет свидетельствовать об отсутствии ряда анионов. Для анализа катионов берут 1 мл приготовленного раствора и проводят систематический ход анализа.

*Открытие анионов.*

Для анализа анионов берут 2 мл приготовленного раствора и предварительно осаждают из него катионы раствором  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (получают «содовую вытяжку»). Избыток  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нейтрализуют различными кислотами ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ) в зависимости от обнаруживаемых анионов. Анализ анионов проводят подробно с элементами систематического хода анализа.

На основании всех полученных результатов исследования делают *вывод о составе сухих солей*.

## 7. НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ, ТС ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

7.1. Табличный фонд по теме занятия.

7.2. Учебные пособия:

– справочник по аналитической химии.

7.3. ТС обучения и контроля:

– карточки для выявления исходного уровня знаний-умений;

– контрольные вопросы;

– тесты.

## Занятие № 13

**1. ТЕМА: Анализ смеси сухих солей (продолжение).**

**2. ЦЕЛЬ: Закрепить теоретические знания и практические навыки по анализу смесей катионов и анионов и научиться применять их для проведения анализа смеси сухих солей неизвестного состава.**

**3. ЦЕЛЕВЫЕ ЗАДАЧИ:**

3.1. Осуществить итоговый компьютерный контроль знаний студентов по качественному анализу.

3.2. Закончить анализ смеси сухих солей и сделать правильные выводы по результатам проведенного исследования.

**4. ПЛАН И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЗАНЯТИЯ:**

4.1. Организационный момент .....	3 мин
4.2. Постановка цели занятия и мотивация изучения темы занятия (вступительное слово преподавателя).....	7 мин
4.3. Выявление исходного уровня знаний-умений (компьютерный контроль).....	35 мин
4.4. Лабораторная работа.....	20 мин
4.5. Итоговый контроль: проверка результатов лабораторной работы и протоколов.....	10 мин
4.6. Заключительное слово преподавателя, указания к следующему занятию.....	5 мин

**5. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ:**

5.1. Повторить теоретический материал предыдущих занятий по аналитической химии.

5.2. Проработать теоретический материал по рекомендуемой литературе и лекциям, а также тестовые задания по всем темам качественного анализа.

**Литература:**

1. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – 583 с.
2. Кунце У., Шведт Г. Основы качественного и количественного анализа: Пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – С. 14-38, 51-71, 184-199, 212-223, 228-258, 277-307.
3. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
4. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 4-21, 96-107, 117-268.
5. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – 303 с.
6. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – 614 с.

## 6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Закончить анализ смеси двух сухих солей неизвестного состава, оформить протокол.

## 7. НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ, ТС ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

- 7.1. Табличный фонд по теме занятия.
- 7.2. Учебные пособия:
  - справочник по аналитической химии.
- 7.3. ТС обучения и контроля:
  - карточки для выявления исходного уровня знаний-умений;
  - контрольные вопросы;
  - тесты.

## Занятие № 14

**1. ТЕМА:** Зачетное занятие по качественному анализу. Тестовый письменный контроль.

**2. ЦЕЛЬ:** Оценить знания и умения студентов по изученному разделу аналитической химии.

**3. ЦЕЛЕВЫЕ ЗАДАЧИ:**

- 3.1. Провести итоговый тестовый контроль и индивидуальное собеседование со студентами по качественному анализу.
- 3.2. Проверить умения студентов обоснованно составлять схему анализа смеси веществ.

**4. ПЛАН И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ЗАНЯТИЯ:**

- 4.1. Организационный момент .....3 мин
- 4.2. Выявление конечного уровня знаний-умений  
(тестовый контроль).....50 мин
- 4.3. Коррекция конечного уровня знаний-умений  
(индивидуальное собеседование).....100 мин
- 4.4. Проверка протоколов.....20 мин
- 4.5. Заключительное слово преподавателя

по результатам итогового контроля.....7 мин

## 5. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ:

5.1. Повторить теоретический материал и решение расчетных задач по темам «Анализ катионов I-III аналитических групп», «Анализ катионов IV-VI аналитических групп», «Анализ анионов I-III аналитических групп. Анализ смеси сухих солей».

5.2. Проработать вопросы тестового контроля по разделам «Анализ катионов I-III аналитических групп», «Анализ катионов IV-VI аналитических групп», «Анализ анионов I-III аналитических групп. Анализ смеси сухих солей».

### Литература:

1. Алексеев В. Н. Качественный анализ. – М.: Химия, 1972. – 583 с.
2. Кунце У., Шведт Г. Основы качественного и количественного анализа: Пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – С. 14-38, 51-71, 184-199, 212-223, 228-258, 277-307.
3. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
4. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 4-21, 96-107, 117-268.
5. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – 303 с.
6. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – 614 с.

## 6. НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ, ТС ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

6.1. Табличный фонд по теме занятия.

6.2. Учебные пособия:

– справочник по аналитической химии.

6.3. ТС обучения и контроля:

– карточки для выявления исходного уровня знаний-умений;

– контрольные вопросы;

– тесты.

