

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Государственное автономное профессиональное
образовательное учреждение Архангельской области
«АРХАНГЕЛЬСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

(ГАПОУ АО «АМК»)

Е.П. Афанасьева, О.В. Дроздова, С.В. Письменная

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

Лабораторный практикум по аналитической химии

Учебно-методическое пособие

Архангельск 2015

Афанасьева Е.П., Дроздова О.В., Письменная С.В. Качественный анализ. Лабораторный практикум по аналитической химии: Учебно-методическое пособие. – Архангельск: ГАПОУ АО «АМК», 2015.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии дисциплин профессионального цикла по специальностям «Фармация», «Лабораторная диагностика».

Учебно-методическое пособие предназначено для организации аудиторной самостоятельной работы обучающихся по специальности 33.02.01 «Фармация» (базовая подготовка) при изучении одного из разделов учебной дисциплины «Аналитическая химия».

В работе даны рекомендации для подготовки и выполнения лабораторных работ по качественному анализу. В ней представлены конкретные методики проведения аналитических исследований по изучению качественного состава неорганических соединений и отдельных классов органических соединений. Предложенные вопросы для самоконтроля позволяют закрепить, расширить и углубить знания обучающихся.

Рецензенты: Белозерова А.А. – директор по развитию аптечной сети
ГУПАО «Фармация»;

Пиковская Г.А. – заведующая отделением «Фармация»,
преподаватель высшей квалификационной
категории ГАПОУ АО «АМК».

©Афанасьева Е.П., Дроздова О.В., Письменная С.В., 2015

©Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Архангельской области «Архангельский медицинский колледж»

Усл. печ. л. 5,1

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА	8
Глава 2. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ КАТИОНОВ	11
Практическое занятие № 1. <i>Тема:</i> Качественные реакции на катионы I – II групп. Анализ смеси катионов I – II аналитических групп.	11
Практическое занятие № 2. <i>Тема:</i> Качественные реакции на катионы III – IV групп. Анализ смеси катионов III аналитической группы.	26
Практическое занятие № 3. <i>Тема:</i> Качественные реакции на катионы V - VI групп. Анализ смеси катионов V аналитической группы.	39
Практическое занятие № 4. <i>Тема:</i> Анализ смеси катионов I - VI аналитических групп.	51
Глава 3. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АНИОНОВ.....	55
Практическое занятие № 5. <i>Тема:</i> Качественные реакции на анионы I – III групп. Анализ смеси анионов I – III аналитических групп.	55
Глава 4. АНАЛИЗ НЕИЗВЕСТНОЙ СОЛИ	74
Практическое занятие № 6. <i>Тема:</i> Контрольная работа №1. «Определение качественного состава неизвестной соли».	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
ПРИЛОЖЕНИЕ	80
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	82

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Сокращение или условное обозначение	Значение
!	концентрированный раствор
%	процентная концентрация раствора
↑	газ, выделение газообразного вещества
↓	осадок
N	нормальная концентрация раствора
t°	Температура, в градусах
АБС	аммиачно-буферная смесь
др.	другие
МДК	междисциплинарный курс
мл	Миллилитры
ОК	общие компетенции
п.	пункт
ПК	профессиональные компетенции
ПМ	профессиональный модуль
рис.	рисунок
pH	водородный показатель среды
см.	смотрите
т.к.	так как
табл.	таблица
ув.	увеличение
ф/ф	фенолфталеин

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания разработаны в помощь обучающимся при подготовке к практическим занятиям и для организации самостоятельной аудиторной работы по учебной дисциплине «Аналитическая химия».

Целью практического курса данной дисциплины является формирование профессиональных и общих компетенций в области проведения различных видов внутриаптечного контроля лекарственных средств.

Учебная дисциплина «Аналитическая химия» имеет большое значение в подготовке обучающихся по специальности 33.02.01. Фармация, так как является основой, базовым звеном в формировании профессиональных компетенций ПМ.02.Изготовление лекарственных форм и проведение обязательных видов внутриаптечного контроля МДК.02.02. Контроль качества лекарственных средств.

Данное учебно-методическое пособие посвящено разделу – КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ.

В результате освоения раздела дисциплины обучающийся должен уметь:

- правильно и аккуратно выполнять реакции полумикрометодом, капельным и микрокристаллоскопическим методами;
- владеть техникой обычных аналитических операций;
- грамотно оформлять и обрабатывать полученные результаты;
- уметь по химическим свойствам веществ, в том числе лекарственных, подбирать методы качественного анализа;
- работать с химической посудой и аппаратурой;
- выбирать необходимые методы анализа;
- применять методы качественного анализа при контроле различных исследуемых веществ;
- наблюдать, обобщать, сравнивать экспериментальные данные.

В результате освоения раздела дисциплины обучающийся должен знать:

- теоретические основы аналитической химии;

- методы качественного анализа;
- качественные реакции, применяемые в фармацевтическом анализе;
- требования к аналитическим реакциям.

Методические указания предназначены для самостоятельной аудиторной работы студента на 6 занятиях, соответствующих рабочей программе и календарно – тематическому плану.

Занятия проводятся в учебной лаборатории химии и контроля качества лекарственных средств. Форма занятий: практические, с выполнением лабораторных работ. Продолжительность: 4 часа. Оценка знаний – контроль усвоения знаний. На занятиях усвоение теоретического материала закрепляется индивидуальной самостоятельной исследовательской работой студентов.

При освоении учебной дисциплины «Аналитическая химия» происходит формирование следующих профессиональных и общих компетенций:

ПК 1.1. Организовывать прием, хранение лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и товаров аптечного ассортимента в соответствии с требованиями нормативно-правовой базы.

ПК 1.6. Соблюдать правила санитарно-гигиенического режима, охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности.

ПК 2.1. Изготавливать лекарственные формы по рецептам и требованиям учреждений здравоохранения.

ПК 2.2. Изготавливать внутриаптечную заготовку и фасовать лекарственные средства для последующей реализации.

ПК 2.3. Владеть обязательными видами внутриаптечного контроля лекарственных средств.

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

Данное учебно-методическое пособие разработано для проведения шести практических занятий и содержит теоретическую справку по характеристике и анализу аналитических групп катионов и анионов, лабораторные работы с описанием методик проведения качественных реакций на ионы, схемы анализа смеси ионов в ситуационных задачах экспериментального характера, вопросы для самоконтроля.

Методическая разработка включает в себя четыре главы: общие понятия качественного анализа, качественный анализ катионов, качественный анализ анионов, анализ неизвестной соли; приложения и список использованных источников.

Рейтинг практического занятия складывается из трех компонентов:

Параметры оценки	Количество баллов
1. Оценка теоретических знаний – входной или итоговый контроль в письменной или устной форме.	0 - 5
2. Оценка за лабораторную работу – полнота, правильность, аккуратность выполнения качественных реакций и заполнения дневника.	0 - 5
3. Оценка контрольной задачи на смесь ионов – полнота, логичность выполнения индивидуального эксперимента.	0 - 5
Сумма	15

10 баллов (92% и более) – 14 – 15

7 баллов (61 – 70%) – 8 – 9

9 баллов (81 – 91%) – 12 – 13

6 баллов (51 – 60%) – 6 – 7

8 баллов (71 – 80%) – 10 – 11

5 баллов (41 – 50%) – 5 – 6

Глава 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА

Аналитическая химия – это раздел химической науки, разрабатывающий на основе фундаментальных законов химии и физики методы и приёмы качественного и количественного анализа атомного, молекулярного и фазового состава вещества.

Методы аналитической химии позволяют отвечать на вопросы о том, из чего состоит вещество, какие компоненты входят в его состав. Современная аналитическая химия включает в себя два основных раздела: *качественный анализ* – обнаружение элементов, ионов, функциональных групп, индивидуальных соединений в анализируемом объекте; *количественный анализ* – определение количественного содержания отдельных составных частей в исследуемом веществе.

Реакции, применяемые в качественном анализе, называются *аналитическими*. Это химические процессы, в которых определяемый ион переводят в соединение, внешний вид и свойства которого хорошо известны и характерны. Такие реакции сопровождаются аналитическим сигналом, зависящим от природы вещества и его содержания в анализируемой пробе. Химические реакции, характерные для какого – либо иона, называются *частными*.

К аналитическим реакциям предъявляется ряд требований:

- специфичность (чем меньше ионов вступает в реакцию с данным реактивом, тем более специфична реакция);
- чувствительность (чем меньшее количество вещества может быть определено с помощью данного реактива, тем более чувствительна реакция).

Химические вещества, применяемые для проведения аналитических реакций, называются *реагентами (реактивами)*. Их подразделяют:

- специфические реактивы – образуется характерный осадок или окрашивание только с определённым ионом;

- групповые реактивы – вступают в реакцию со всеми ионами данной группы;
- избирательные (селективные) реактивы – взаимодействуют с несколькими ионами.

Определение состава вещества может осуществляться двумя путями:

1. Систематический анализ – последовательное разделение ионов и их открытие.
2. Дробный анализ – открытие ионов специфическими реакциями, проводимыми в отдельных порциях исследуемого раствора.

Химический анализ может проводиться «сухим» и «мокрым» способами. Анализ вещества, проводимый в растворах, называется *анализом мокрым путём*. Это основной путь полного определения состава вещества. При этом применяются реакции образования осадка, окрашенных соединений или выделения газа.

Реакции, проводимые сухим путём (не в растворах) применяются как вспомогательные; к ним относятся:

- проба окрашивания пламени (пирохимическая реакция);
- получение окрашенных стёкол и перлов;
- метод растирания вещества с твёрдым реактивом;
- получение металлических корольков.

При изучении состава неорганических соединений чаще всего приходится иметь дело с водными растворами кислот, солей и оснований. Эти вещества являются электролитами и в водных растворах диссоциируют на ионы. Поэтому качественный анализ сводится к определению отдельных ионов – катионов и анионов. Ионы делят на аналитические группы. Наиболее распространенной классификацией катионов является кислотно-щелочная классификация. Она основана на различной растворимости хлоридов, сульфатов и гидроксидов. Групповыми реагентами являются серная и соляная кислоты,

щелочи и водный раствор аммиака. По данной классификации все катионы делятся на шесть аналитических групп (см. табл. 1).

Таблица 1

Кислотно-щелочная классификация катионов

<i>Группа</i>	<i>Катионы</i>	<i>Групповой реагент</i>
Первая	$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+, \text{Li}^+$	Отсутствует
Вторая	$\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}$	2N HCl
Третья	$\text{Ca}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Sr}^{2+}$	2N H_2SO_4
Четвертая	$\text{Al}^{3+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Sn} (\text{II}, \text{IV}),$ $\text{As} (\text{III}, \text{V}), \text{V} (\text{V}), \text{Mo} (\text{VI})$	2N NaOH избыток
Пятая	$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Bi}^{3+}$	2N NaOH
Шестая	$\text{Cu}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Hg}^{2+}$	2N $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ избыток

Классификация анионов более простая. Она основана на различной растворимости солей серебра и бария. По данной классификации все анионы делятся на три аналитические группы (см. табл. 2).

Таблица 2

Кислотно-щелочная классификация анионов

<i>Группа</i>	<i>Катионы</i>	<i>Групповой реагент</i>
Первая	$\text{SO}_4^{2-}, \text{SO}_3^{2-}, \text{CO}_3^{2-}, \text{C}_2\text{O}_4^{2-}, \text{PO}_4^{3-}, \text{SiO}_3^{2-},$ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}, \text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ или $\text{BO}_2^-, \text{F}^-$	BaCl_2
Вторая	$\text{S}^{2-}, \text{Cl}^-, \text{Br}^-, \text{BrO}_3^-, \text{I}^-, \text{IO}_3^-, \text{SCN}^-$	$\text{AgNO}_3 + \text{HNO}_3$
Третья	$\text{NO}_3^-, \text{NO}_2^-, \text{CH}_3\text{COO}^-$,	Отсутствует

Примечание: Далее в тексте лабораторного практикума значком * будут отмечены качественные реакции, являющиеся фармакопейными или аптечными.

Глава 2. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ КАТИОНОВ

Практическое занятие № 1

Тема: Качественные реакции на катионы I – II групп.

Анализ смеси катионов I – II аналитических групп.

Цель занятия: Овладение умениями проведения качественных реакций на катионы I – II аналитических групп, систематическим анализом смеси катионов I – II групп.

Задачи:

1. Научиться проводить качественные реакции на катионы I – II аналитических групп.
2. Овладеть систематическим анализом смеси катионов I – II групп.
3. Совершенствовать умения работать с химической посудой и оборудованием.
4. Закрепить умение работать в химической лаборатории, соблюдая правила охраны труда и противопожарной безопасности.
5. Развивать аналитическое мышление, умение систематизировать, анализировать, сравнивать.
6. Формировать познавательный интерес к предмету через использование химического эксперимента и связь изучаемой темы с жизнью, профессией.

Актуализация и мотивация темы занятия:

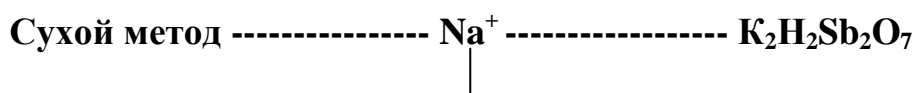
К I аналитической группе катионов относят катионы калия, натрия и аммония. В отличие от катионов других групп почти все соли натрия, калия и аммония хорошо растворимы в воде, бесцветны. Гидроксиды натрия и калия – NaOH и KOH являются легко растворимыми в воде сильными основаниями. Гидроксид аммония является слабым основанием; это неустойчивое соединение, легко разлагающееся на аммиак и воду даже при комнатной температуре. Гидролизу подвергаются все соли, образованные катионами Na^+ , K^+ , NH_4^+ и слабыми кислотами. Соли аммония являются нестойкими и легко раз-

лагаются при нагревании. Аналитическим признаком катионов данной группы является отсутствие группового реактива, то есть такого, который осаждал бы все катионы группы.

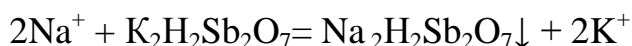
Первая аналитическая группа катионов Na^+ , K^+ , NH_4^+

Группового реактива НЕТ

Частные реакции катиона натрия - Na^+



1. Дигидростибиат (V) калия - $\text{K}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ - образует с солями натрия белый кристаллический осадок дигидростибиата (V)натрия:



Условия реакции:

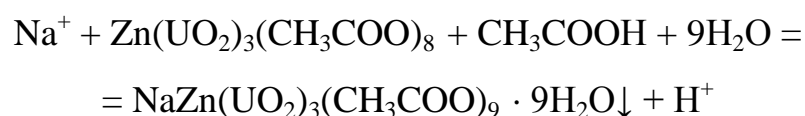
1. Полумикрометод, микрокристаллоскопический метод.
2. Среда нейтральная, т.к. в кислой среде осадок и реагент разрушаются с образованием аморфного осадка $\text{Sb}(\text{OH})_6\downarrow$, а в щелочной среде полученный осадок растворяется. По этим причинам кислый анализируемый раствор предварительно подщелачивают K_2CO_3 , а в щелочной – подкисляют CH_3COOH до $\text{pH} = 7$.
3. Реакцию проводить на холоде, т.к. при нагревании растворимость полученного осадка $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7\downarrow$ резко увеличивается.
4. Потирание стеклянной палочкой ускоряет выпадение осадка.
5. Растворы должны быть концентрированными, т.к. реакция малочувствительная.
6. Отсутствие других катионов, дающих подобные осадки (NH_4^+ , Ag^+ , Pb^{2+} , Mg^{2+} и др.).

2. Сухой метод (проба на окрашивание пламени). Все летучие соли натрия окрашивают бесцветное пламя спиртовки в интенсивно-желтый цвет.

Условия проведения опыта:

1. Сухой метод.
2. Очищенная нихромовая проволока.
3. Отсутствие катионов, дающих более яркую окраску пламени.

3*. **Цинк уранил ацетат** $-Zn(UO_2)_3(CH_3COO)_8$ (фармакопейная) – при взаимодействии с солями натрия (при pH=7) образует желто-зеленые тетраэдрические или октаэдрические кристаллы нонаацетататриуранила-цинка – натрия, растворимые в кислотах и щелочах, обладающие яркой флуоресценцией зеленого цвета:



Условия проведения реакции:

1. Микрометод (микрорисаллоскопия).
2. Уксуснокислая среда.
3. Отсутствие катионов, дающих подобные осадки с реагентом, а также K^+ , NH_4^+ .

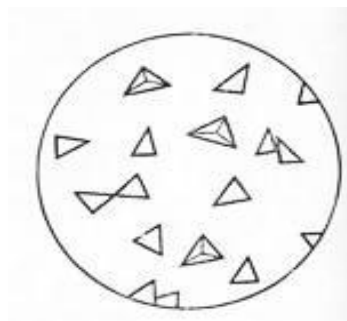


Рис.1. Кристаллы $NaZn(UO_2)_3(CH_3COO)_9 \cdot 9H_2O \downarrow$ (ув. 7 x 10)

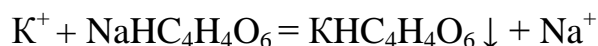
Частные реакции катиона калия - K^+



|

Сухойметод

1. Гидротартрат натрия - $NaHC_4H_4O_6$ – образует с солями калия белый кристаллический осадок гидротартрата калия:



Условия проведения реакции:

1. Полумикрометод.
2. Концентрированные растворы.
3. Реакцию вести на холоде.
4. Механическое воздействие.
5. Нейтральная реакция среды, т.к. полученный осадок растворим в щелочах и сильных кислотах, но не растворим в уксусной кислоте, поэтому среда может быть и уксуснокислой. Уравнения реакций растворения осадка в кислотах и щелочах напишите самостоятельно.
6. Отсутствие катионов, дающих подобные осадки (NH_4^+ , Mg^{2+} и др.).

2. Гексанитрокобальтат (III) натрия $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ – образует с солями калия желтый кристаллический осадок гексанитрокобальтата (III) калия-натрия:

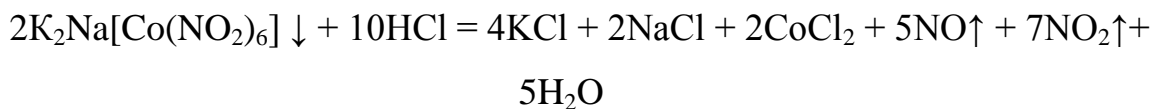


Условия проведения реакции:

1. Полумикрометод.
2. Среда нейтральная или уксуснокислая, т.к. в щелочной среде осадок и реагент разрушаются с выделением темно-бурого осадка $\text{Co}(\text{OH})_3 \downarrow$:



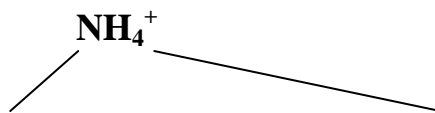
В кислой среде осадок растворяется с выделением оксидов азота:



3. Реагент должен быть свежеприготовленным, т.к. при хранении он разлагается и приобретает розовую окраску солей кобальта (II).
4. Отсутствие ионов, дающих подобный осадок (NH_4^+ , Li^+ , Mg^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} , и др.).

3. Сухой метод (проба на окрашивание пламени). Летучие соли калия окрашивают бесцветное пламя спиртовки в бледно-фиолетовый цвет, особенно при рассматривании через синее стекло. Ионы натрия маскируют эту окраску пламени.

Частные реакции катиона аммония - NH_4^+



реактив Несслера - $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOHNaOH} + \text{t}^\circ$

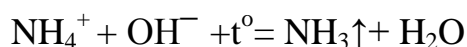
1. Реактив Несслера – смесь тетраиодомеркурата (II) – калия с гидроксидом калия $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$ – образует с солями аммония красно-бурый осадок иодида оксоамидодиртути (II):



Условия проведения реакции:

1. Капельный метод.
2. Избыток реактива Несслера.
3. Отсутствие других катионов, дающих цветные осадки со щелочами.

2. Щелочи при нагревании разлагают соли аммония с выделением газообразного аммиака:



Условия проведения реакции:

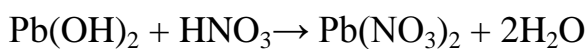
1. Полумикрометод.
2. $\text{pH} > 9$.
3. Обязательное нагревание реакционной смеси.
4. Влажную индикаторную бумажку держать, не касаясь стенок пробирки.
5. В качестве индикатора можно использовать фильтровальную бумагу, смоченную реактивом Несслера.

Вторая аналитическая группа катионов $\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}$

Групповой реагент - 2N раствор соляной кислоты – HCl

Ко II аналитической группе катионов относятся ионы $\text{Pb}^{2+}, \text{Hg}_2^{2+}, \text{Ag}^+$. Почти все соли этих катионов трудно растворимы в воде. Легко растворимы только нитраты, а также ацетаты серебра и свинца. Данные катионы бесцветны. Гидроксиды серебра и ртути (I) являются неустойчивыми соединениями

и в момент образования распадаются на соответствующий оксид и воду. Гидроксид свинца (II) является трудно растворимым слабым электролитом и обладает амфотерными свойствами:



Соли катионов второй группы подвергаются гидролизу и их растворы имеют кислую реакцию среды. Катионы второй группы способны образовывать комплексные соединения с аммонием, циан – анионом, сульфит – анионом. Благодаря этой способности можно переводить в раствор соли серебра (хлориды, бромиды в виде растворимых комплексных соединений широко применяются в качественном анализе).

Все растворимые соединения свинца и ртути ядовиты.

Соединения катионов второй группы широко применяются в медицине и фармации. Ионы серебра очень низкой концентрации стерилизуют воду и подавляют развитие бактерий. Колларгол (коллоидное серебро) применяют для промывания гнойных ран, мочевого пузыря и при гнойных конъюнктивитах. Протаргол – препарат серебра – применяют как вяжущее антисептическое средство для смазывания слизистых оболочек верхних дыхательных путей. Ацетат свинца используют для примочек и компрессов, оксид свинца – для изготовления свинцового пластыря.

Действие группового реагента на катионы 2 группы

Соляная кислота – HCl – осаждает катионы 2 группы в виде хлоридов – белых осадков, нерастворимых в разбавленных кислотах:



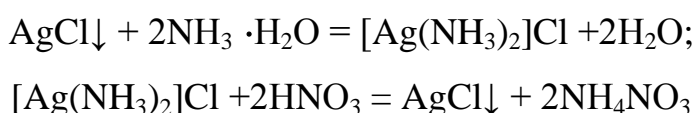
Полученные осадки могут растворяться в концентрированных кислотах с образованием комплексных соединений, например:



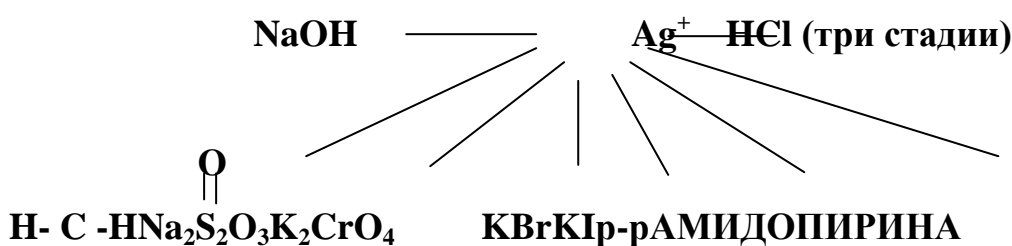
$\text{PbCl}_2\downarrow$ обладает довольно высокой растворимостью в воде, особенно горячей (это свойство используется на практике для отделения хлорида свинца от хлорида серебра), поэтому для полноты осаждения данного соеди-

нения реакцию проводят на холоде, применяя для снижения растворимости этанол.

Осадок хлорида серебра полностью растворяется в водном растворе аммиака и карбонате аммония вследствие образования комплексного соединения – хлорида диамминсеребра (II), которое легко разрушается при действии азотной кислоты:

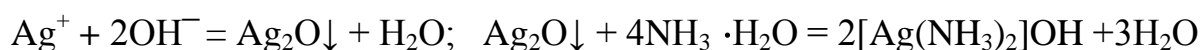


Частные реакции катиона серебра - Ag⁺

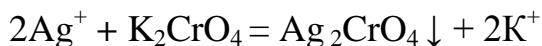


1. Соляная кислота – HCl – см. опыт «Действие группового реагента на катионы 2 группы».

2. Щелочи KOH, NaOH– образуют с солями серебра черно-бурый осадок оксида серебра (I), растворимый в азотной кислоте и растворе аммиака:



3. Хромат калия - K₂CrO₄ – образует с солями серебра кирпично-красный осадок хромата серебра, растворимый в азотной кислоте и растворе аммиака, но нерастворимый в щелочах и уксусной кислоте:

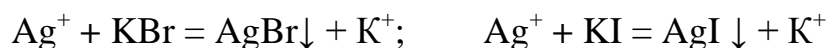


Условия проведения реакции:

1. Полумикрометод.
2. Среда нейтральная или уксуснокислая.
3. Отсутствие ионов, дающих подобные осадки (Pb²⁺, Hg²⁺, Hg²⁺, Ba²⁺ и др.).

4. Бромид и иодид калия - KBr и KI – образуют с солями серебра желтовато-белый осадок бромида серебра, растворимый в 25%-м растворе ам-

миака, и светло-желтый осадок иодида серебра, нерастворимый в 25%-м растворе аммиака, оба осадка не растворяются в азотной кислоте:

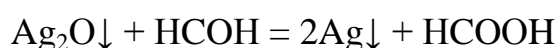
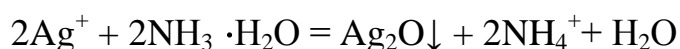


5. Тиосульфат натрия - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – образует с солями серебра белый осадок тиосульфата серебра, который при стоянии гидролизуеться до осадка чёрного цвета:



6. Раствор амидопирина (аптечная реакция)– соли серебра вступают в окислительно – восстановительное взаимодействие с раствором амидопирина, при этом образуется фиолетовое окрашивание раствора, при нагревании – серый осадок $\text{Ag}\downarrow$.

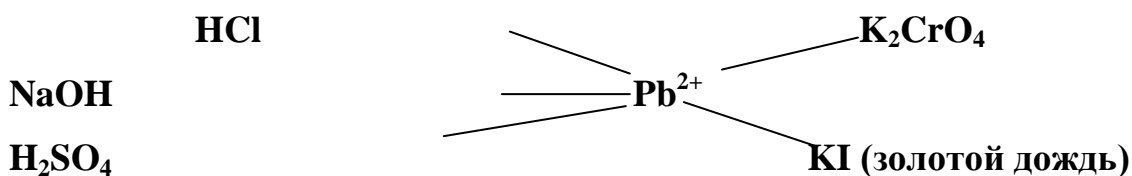
7. Формалин (реакция «серебряного зеркала»)–соли серебра вступают в окислительно – восстановительное взаимодействие с раствором формальдегида, при нагревании – образуется серебряный налет или бурый осадок $\text{Ag}\downarrow$.



Условия проведения реакции:

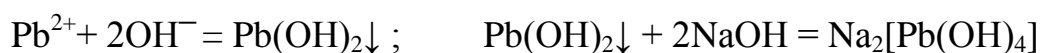
1. Полумикрометод.
2. Среда аммиачная.
3. Нагревание.

Частные реакции катиона свинца - Pb^{2+}

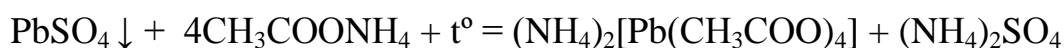
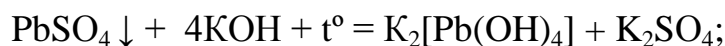


1. Соляная кислота – HCl - см. опыт «Действие группового реагента на катионы 2 группы».

2. Щелочи KOH , NaOH – образуют с солями свинца белый осадок гидроксида свинца, проявляющий амфотерные свойства (что это такое?):

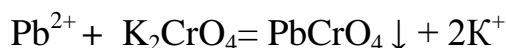


3. Серная кислота – H_2SO_4 – осаждает ионы свинца из его солей в виде белого осадка сульфата свинца, растворимого в кислотах, горячих щелочах, 30%-м растворе ацетата аммония при нагревании:



Ионы серебра (I) также дают подобные сульфату свинца осадки, но они нерастворимы в щелочах и ацетате свинца при нагревании.

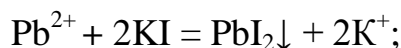
4. Хромат калия - K_2CrO_4 – образует с солями свинца желтый осадок хромата свинца, растворимый в азотной кислоте и щелочах, но нерастворимый в уксусной кислоте и водном растворе аммиака:



Условия проведения реакции:

1. Полумикрометод.
2. Среда нейтральная или уксуснокислая.
3. Отсутствие ионов серебра, бария.

5. Иодид калия - KI – реакция «золотой дождь». KI осаждает ионы свинца в виде желтого осадка иодида свинца, растворимого в избытке реагента, горячей воде и уксусной кислоте:



Под микроскопом кристаллы осадка имеют форму треугольников и шестиугольников.

Лабораторная работа

«Проведение качественных реакции на катионы I - II групп.

Анализ смеси катионов I - II аналитических групп»

Проведение качественных реакций на катион натрия

1. В пробирку с 2-3 каплями раствора соли натрия прибавьте равный объём реагента – дигидростибиат (V) калия - $\text{K}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$, потрите стеклянной

палочкой внутреннюю поверхность пробирки (при необходимости пробирку охладите под струей холодной воды). Рассмотрите осадок, убедитесь, что он кристаллический. Разделите осадок на три части и проверьте его растворимость в горячей воде, растворах щелочи и HCl .

Данную реакцию можно провести и микрокристаллоскопически. Для этого на предметное стекло нанесите каплю раствора соли натрия и на некотором расстоянии 2 капли реагента. Соедините капли стеклянной палочкой, потирая ею по стеклу. Подсушите стекло над пламенем спиртовки, охладите на воздухе и рассмотрите осадок под микроскопом. Выпавшие кристаллы имеют форму зерен.

2. Сухой метод (проба на окрашивание пламени). Нихромовую проволоку смочите концентрированным раствором соляной кислоты, прокалите в пламени спиртовки. Эту операцию повторите 2-3 раза для того, чтобы убедиться в чистоте проволоки (пламя должно быть бесцветным). После этого смочите проволоку раствором соли натрия и внесите сначала в основание пламени, а затем в самую его горячую часть. Пламя окрасится в желтый цвет.

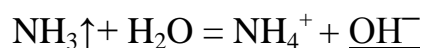
Проведение качественных реакций на катион калия

3. В пробирку с 3-5 каплями раствора соли калия добавьте равный объем реагентов – растворов винной кислоты и ацетата натрия, потрите стеклянной палочкой внутреннюю поверхность стенок пробирки (при необходимости пробирку охладите). Рассмотрите осадок, убедитесь, что он кристаллический. Разделите его на 4 части и проверьте растворимость в горячей воде, щелочи, соляной и уксусной кислотах.
4. Сухой метод (проба на окрашивание пламени). Проведите опыт по методике, описанной для соли натрия. Определите условия проведения опыта.
5. К 2-3 каплям раствора соли калия прибавьте 3 капли свежеприготовленного реагента - гексанитрокобальтат (III) натрия $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$. Выпадает желтый кристаллический осадок. Реакция очень чувствительная и может быть проведена капельным методом на предметном стекле, при этом бе-

рется по 1 капле растворов. Полученный осадок разделите на 3 части и проверьте его растворимость в щелочи, соляной и уксусной кислотах.

Проведение качественных реакций на катион аммония

6. К 1 капле разбавленного раствора соли аммония на предметном стекле прибавьте 2-3 капли реактива Несслера. Выпадает красно-бурый осадок, растворимый в избытке солей аммония. Реакция очень чувствительная.
7. В пробирку поместите 0,5 мл раствора соли аммония и 1 мл раствора NaOH или KOH. Смесь слегка нагрейте. Обратите внимание на запах выделяющегося газа. Для обнаружения аммиака поместите на отверстие пробирки, не касаясь её, влажную индикаторную бумажку. Бумажка окрасится в синий цвет в результате взаимодействия аммиака с водой (pH >7):



Данная реакция является специфической, то есть с её помощью ионы аммония можно обнаружить в задаче в присутствии других катионов.

Проведение качественных реакций на катион серебра

8. В пробирку поместите 2 капли раствора нитрата серебра, добавьте к нему 2 капли разбавленной соляной кислоты. К раствору с осадком добавьте 5 капель 10%-ного раствора аммиака и встряхните смесь до растворения осадка. К полученному раствору прибавьте 6 капель концентрированной азотной кислоты. Наблюдайте образование осадка.
9. В пробирку поместите 2 капли раствора нитрата серебра, добавьте 2 капли раствора щелочи и наблюдайте выпадение осадка.
10. К 2 каплям раствора нитрата серебра добавьте 2 капли раствора хромата калия и наблюдайте выпадение осадка.
11. В пробирку поместите 2 капли раствора нитрата серебра, добавьте 2 капли раствора бромида калия и наблюдайте выпадение осадка. К раствору с осадком добавьте 5 капель концентрированного 25%-ного раствора аммиака и встряхните смесь до растворения осадка.

12. В пробирку поместите 2 капли раствора нитрата серебра, добавьте 2 капли раствора иодида калия и наблюдайте выпадение осадка. К раствору с осадком добавьте 5 капель концентрированного раствора аммиака, встряхните смесь.
13. На предметное стекло нанесите 2 капли раствора нитрата серебра, добавьте 2 капли раствора тиосульфата натрия, наблюдайте выпадение осадка и изменение его цвета через некоторое время.
14. К 2 каплям раствора нитрата серебра добавьте 2 капли 1% раствора амидопирин, наблюдайте изменение окраски раствора и выпадение осадка через некоторое время или при нагревании.
15. К 2 каплям раствора нитрата серебра добавьте 2 капли формалина, реакционную смесь нагрейте и наблюдайте выпадение осадка (реакцию лучше проводить на предметном стекле).

Проведение качественных реакций на катион свинца

16. В пробирку поместите 2 капли раствора нитрата свинца, добавьте к нему 2 капли соляной кислоты. К раствору с осадком добавьте 0,5 мл воды очищенной и нагрейте смесь на кипящей водяной бане. Наблюдайте растворение осадка и постепенное его выпадение при охлаждении раствора.
17. К 2 каплям раствора нитрата свинца, добавьте сначала 1 каплю раствора щелочи, а затем её избыток, наблюдайте выпадение осадка и последующее его растворение в избытке щелочи.
18. В пробирку поместите 2 капли раствора нитрата свинца, добавьте 2 капли раствора серной кислоты и наблюдайте выпадение осадка.
19. К 2 каплям раствора нитрата свинца добавьте 2 капли раствора хромата калия и наблюдайте выпадение осадка.
20. К 2 каплям раствора нитрата свинца добавьте 2 капли раствора иодида калия. Полученный раствор с осадком разбавьте 0,5 мл воды и нагрейте смесь на кипящей водяной бане в течение 2 минут, затем охладите содержимое пробирки под струёй воды. Растворившийся при нагревании осадок иодида свинца вновь выпадает в виде красивых золотистых чешуек.

**Анализ контрольной задачи на смесь катионов
первой и второй аналитических групп**

Задание: Проведите анализ, используя схему (Рис.2). Вычертите схему анализа в дневнике, работу оформите в виде таблицы (см. приложение, таблица 2).



Рис.2.Схема анализа смеси катионов первой и второй аналитических групп

Ход анализа смеси катионов первой и второй аналитических групп

1. *Открытие ионов аммония.* Ионы аммония можно открыть дробно в присутствии других катионов I группы, используя реактив Несслера или щелочь (при нагревании). См. методику.
2. *Удаление ионов аммония.* При наличии ионов аммония в вашей задаче их необходимо удалить перед открытием ионов калия и натрия. Для удаления ионов аммония поступают следующим образом: возьмите пробирку, поместите 5-10 капель вашей задачи, добавьте столько же 40% раствора формалина. После этого раствор дробно на предметном стекле проверьте на полноту удаления ионов аммония реактивом Несслера. Если бурой или желтой окраски раствора нет, то ионы аммония полностью удалены (в про-

тивном случае содержимое пробирки нужно слегка подогреть, или добавить ещё формалина и затем снова проверить на полноту удаления ионов аммония).

3. *Открытие ионов калия и натрия.* После полного удаления ионов аммония из раствора, частными реакциями приступите к открытию ионов калия и натрия. Если ионы аммония в вашей задаче отсутствуют, то п.2 выполнять не надо, а нужно дробно открывать частными реакциями ионы натрия и калия прямо из задачи.
4. *Осаждение катионов 2 группы.* В пробирку поместите 15-20 капель задачи, добавьте столько же 2NHCl и 5 капель этанола ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), перемешайте. Через минуту осадок отцентрифугируйте. Центрифугат (раствор) слейте в отдельную пробирку и проверьте его на полноту осаждения катионов 2 группы, добавив каплю HCl , если осадок не образуется, значит, в растворе нет катионов 2 группы, в противном случае осаждение необходимо повторить. В дальнейшем этот центрифугат не используется.
5. *Отделение и открытие ионов свинца.* К осадку добавьте 5-10 капель дистиллированной воды, перемешайте стеклянной палочкой и осторожно нагрейте до кипения. После кипячения раствор аккуратно слейте с осадка в горячем виде в чистую пробирку. Повторите эту операцию 2-3 раза. При кипячении в горячей воде будет растворяться хлорид свинца (если он есть в задаче). Поэтому слитый горячий раствор проверьте на присутствие ионов свинца реакцией «золотой дождь». Если ионы свинца есть в задаче, их необходимо полностью удалить из осадка, промывая последний горячей водой до отрицательной реакции на ион свинца в сливаемом растворе.
6. К осадку (после обработки его горячей водой) добавьте 25% раствор аммиака и хорошо перемешайте. При этом хлорид серебра должен раствориться и перейти в раствор в виде комплексного соединения $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$. Осадок отделите от раствора центрифугированием.
7. *Открытие ионов серебра.* Несколько капель центрифугата, полученного в п. 6, поместите в чистую пробирку или на предметное стекло и прибавьте

несколько капель концентрированной HNO_3 . Выпадение белого осадка AgCl или помутнение указывают на присутствие в вашей задаче ионов серебра, вместо HNO_3 ! можно использовать KI .

8. Результаты работы оформите в таблицу (образец – приложение 2), напишите уравнения необходимых реакций, сделайте вывод о наличии тех или иных катионов 1- 2 группы в вашей задаче.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается I аналитическая группа катионов от других аналитических групп кислотно-щелочной классификации?
2. В какой среде проводят реакции обнаружения катионов I группы? Ответ обоснуйте.
3. Можно ли обнаружить катионы калия и натрия в присутствии катионов аммония? Ответ мотивируйте.
4. Какая из реакций обнаружения катионов аммония является специфической?
5. Как можно удалить ионы аммония из задачи? Зачем это необходимо сделать?
6. Как можно проверить полноту удаления ионов аммония?
7. Почему при обнаружении ионов аммония щелочами необходимо нагревание и применение влажной индикаторной бумаги?
8. Какие реагенты используют для обнаружения катиона калия?
9. Какие реагенты используют для обнаружения катиона натрия?
10. Можно ли использовать сухой метод для открытия катионов I группы? Как это сделать?
11. Общая характеристика катионов I группы, их влияние на живой организм.
12. Какой реагент является групповым на 2 группу катионов?
13. Методика выполнения реакции «золотой дождь».
14. На чём основано удаление хлорида свинца из осадка хлоридов катионов 2 группы?

15. Если при обработке горячей водой осадка хлоридов катионов 2 группы он растворился полностью, что это значит?
16. На чём основано растворение осадка хлорида серебра в растворе аммиака?
17. Какой вывод сделаете, если осадок хлоридов катионов 2 группы, отмытый от хлорида свинца, полностью растворился в растворе аммиака?
18. Чем можно разрушить аммиачный комплекс серебра? Что при этом наблюдается?
19. Общая характеристика катионов 2 группы, их роль в окружающей среде, действие на живой организм.

Практическое занятие № 2

Тема: Качественные реакции на катионы III – IV групп.

Анализ смеси катионов III аналитической группы.

Цель занятия: Овладение умениями проведения качественных реакций на катионы III – IV аналитических групп, систематическим анализом смеси катионов III группы.

Задачи:

1. Научиться проводить качественные реакции на катионы III – IV аналитических групп.
2. Овладеть систематическим анализом смеси катионов III группы.
3. Совершенствовать умения работать с химической посудой и оборудованием.
4. Закрепить умение работать в химической лаборатории, соблюдая правила охраны труда и противопожарной безопасности.
5. Развивать аналитическое мышление, умение систематизировать, анализировать, сравнивать.
6. Формировать познавательный интерес к предмету через использование химического эксперимента и связь изучаемой темы с жизнью, профессией.

Актуализация и мотивация темы занятия:

К третьей аналитической группе катионов относятся ионы двухвалентных металлов Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} . Соли их большей частью бесцветны. К числу растворимых в воде солей относятся галогениды, нитраты и ацетаты. Групповым реактивом является 2N раствор серной кислоты.

К четвёртой аналитической группе относятся катионы Zn^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} . Групповым реактивом является 2N раствор щелочи в избытке. Соли всех катионов четвёртой группы в той или иной степени подвергаются гидролизу. Гидроксиды цинка $Zn(OH)_2$, алюминия $Al(OH)_3$ и хрома $Cr(OH)_3$ трудно растворимы в воде, представляют собой амфотерные соединения. Они обладают свойствами и кислот, растворяются и в кислотах и в щелочах.

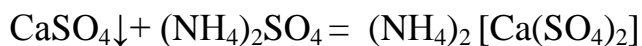
Третья аналитическая группа катионов Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+}

Групповой реагент - 2N раствор серной кислоты – H_2SO_4

1. Действие группового реагента. Серная кислота – H_2SO_4 – осаждает катионы 3 группы в виде сульфатов – белых осадков, нерастворимых в кислотах:



Для полноты осаждения сульфата кальция необходимо использовать смесь серной кислоты с этанолом или ацетоном в соотношении 1:1. Это обусловлено тем, что растворимость сульфата кальция в воде гораздо выше, чем в этиловом спирте. В отсутствие органического растворителя ионы кальция могут остаться в растворе. В отличие от сульфатов бария, сульфат кальция хорошо растворяется в насыщенном растворе сульфата аммония вследствие образования комплексного соединения:



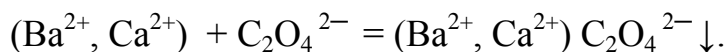
С помощью этой реакции можно отделить ионы кальция от других катионов 3 группы.

2. Действие растворимых карбонатов. Карбонат натрия (калия) – Na_2CO_3 (K_2CO_3) осаждает катионы 3 группы в виде карбонатов – белых осадков,

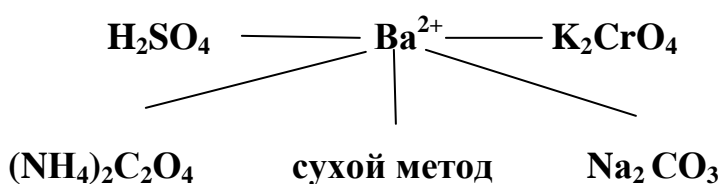
растворимых в минеральных кислотах и даже в уксусной кислоте: $(Ba^{2+}, Ca^{2+}) + CO_3^{2-} = (Ba^{2+}, Ca^{2+}) CO_3 \downarrow$

3. Действие оксалата аммония

Оксалат аммония - $(NH_4)_2C_2O_4$ - осаждает катионы 3 группы в виде оксалатов— белых осадков, растворимых в минеральных кислотах. В уксусной кислоте оксалат кальция нерастворим, а оксалат бария растворяется только при нагревании:



Частные реакции катиона бария - Ba^{2+}

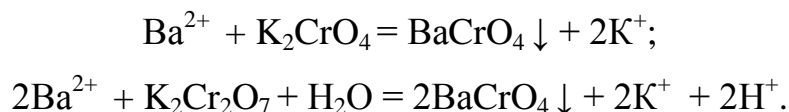


1. **Серная кислота** - H_2SO_4 - смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 3 группы».

2. **Карбонат натрия** - Na_2CO_3 - смотрите опыт «Действие растворимых карбонатов на катионы 3 группы».

3. **Оксалат аммония** - $(NH_4)_2C_2O_4$ - смотрите опыт «Действие оксалата аммония на катионы 3 группы».

4. **Хромат калия** - K_2CrO_4 - образует с солями бария желтый осадок хромата бария, нерастворимый в уксусной кислоте. Подобная реакция идёт и при использовании дихромата калия в ацетатном буферном растворе:

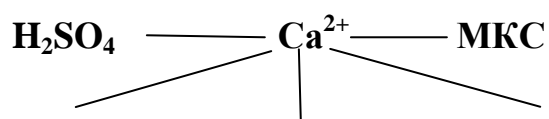


Условия проведения реакции:

1. Полумикрометод.
2. Нейтральная или уксуснокислая среда.
3. Нагревание ускоряет образование осадка.
4. При использовании в качестве реагента дихромата калия необходимо присутствие ацетата натрия, играющего роль буферного раствора.
5. Отсутствие катионов 2 группы.

5. Сухой метод. Летучие соли бария окрашивают бесцветное пламя горелки в желто-зеленый цвет.

Частные реакции катиона бария - Ca^{2+}



$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ сухой метод

Na_2CO_3

1. Серная кислота - H_2SO_4 - смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 3 группы».

2. Карбонат натрия - Na_2CO_3 - смотрите опыт «Действие растворимых карбонатов на катионы 3 группы».

3. Оксалат аммония - $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ - смотрите опыт «Действие оксалата аммония на катионы 3 группы».

4. Микрокристаллоскопическая реакция с серной кислотой. При взаимодействии ионов кальция с серной кислотой образуется осадок сульфата кальция (гипс), кристаллы которого под микроскопом имеют характерную форму отдельных игл или игл, образованных в пучки.

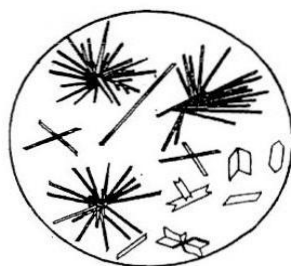


Рис.3. Кристаллы $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ув. 7 x 10)

Условия проведения реакции:

1. Микрокристаллоскопический метод.
2. Отсутствие ионов бария, свинца.
3. Легкое нагревание.

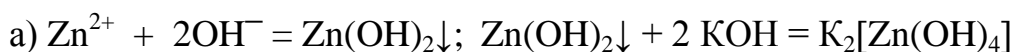
5. Сухой метод. Летучие соединения кальция окрашивают бесцветное пламя горелки в кирпично-красный (оранжевый) цвет.

Четвертая аналитическая группа катионов Zn^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+}

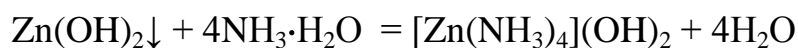
Групповой реагент - 2N раствор щелочи в избытке – KOH, NaOH

1. Действие группового реагента

При действии растворов щелочей на растворы солей катионов 4 группы образуются осадки гидроксидов металлов с амфотерными свойствами. Они легко растворяются не только в кислотах, но и в избытке раствора щелочи с образованием комплексных соединений, а $Zn(OH)_2$ растворяется еще и в растворе аммиака:



тетрагидроксоцинкат (II) калия;



гидроксид тетраамминцинка



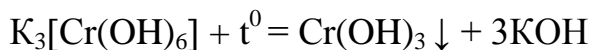
тетрагидроксоалюминат калия;



тетрагидроксохромат (III) калия

Уравнения реакции растворения гидроксидов в кислотах напишите самостоятельно.

Все гидроксиды катионов 4 группы – белые осадки, кроме $Cr(OH)_3$, имеющего грязно-зеленую, а иногда и фиолетовую окраску. Гидроксохроматы – довольно неустойчивые соединения и при кипячении подвергаются гидролизу с образованием $Cr(OH)_3$:



Гидроксоалюминаты, цинкаты устойчивее гидроксохроматов и не разрушаются при нагревании. Это различие в устойчивости гидроксокомплексов используется на практике для отделения ионов хрома (III).

$Cr(OH)_3$ обладает свойством соосаждения с другими гидроксидами (гидроксидами цинка, кобальта). В присутствии этих катионов образуется соединение, нерастворимое в избытке щелочей. Например: если в растворе за-

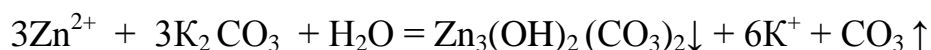
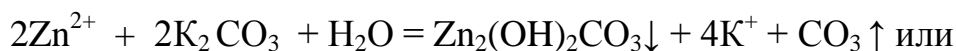
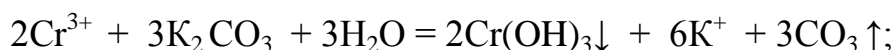
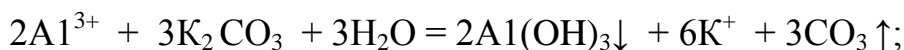
дачи одновременно присутствуют ионы хрома (III) и цинка, то при действии раствора щелочи образуется осадок, нерастворимый в избытке щелочи. Это объясняется тем, что ионы хрома и цинка соосаждаются и вместо амфотерных гидроксидов образуется комплексное соединение – тетрагидроксоцинкат (II) хрома (III):



Этот осадок не проявляет амфотерные свойства. Он может быть получен и действием ацетата натрия на раствор, содержащий ионы хрома и цинка.

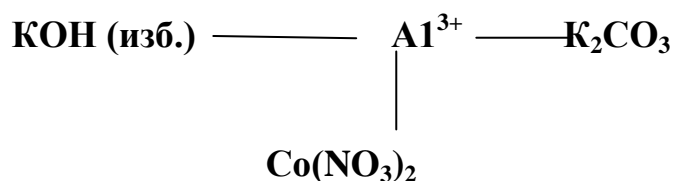
2. Действие растворимых карбонатов на катионы 4 группы

Карбонат натрия (калия) – Na_2CO_3 (K_2CO_3) – осаждает ионы алюминия, хрома из их солей в виде гидроксидов, а ионы цинка – в виде основных солей. Это обусловлено тем, что образуемые карбонаты сразу же гидролизуются:



Все осадки растворимы в кислотах и щелочах, а гидроксокарбонаты цинка еще и в растворе аммиака (лучше в присутствии хлорида аммония).

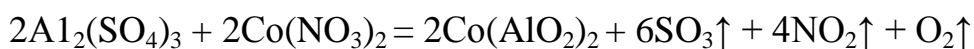
Частные реакции катиона алюминия - Al^{3+}



1. **Щелочи** – KOH , NaOH – в избытке. Смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 4 группы».

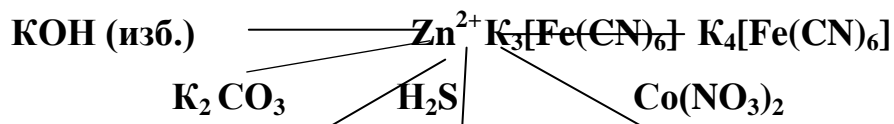
2. **Карбонат калия** - K_2CO_3 - смотрите опыт «Действие растворимых карбонатов на катионы 4 группы».

3. Нитраткобальта- $Co(NO_3)_2$. Раствор нитрата кобальта (II) образует с солями алюминия алюминат кобальта (II), синего цвета, называемый «тенаровая синь»:



Смешанный оксид алюминия и кобальта
(алюминат кобальта), «тенаровая синь»

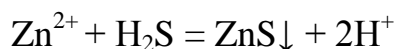
Частные реакции катиона цинка - Zn^{2+}



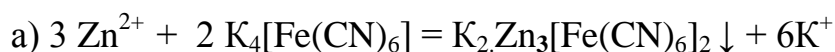
1. Щелочи – KOH , $NaOH$ – в избытке. Смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 4 группы».

2. Карбонат калия - K_2CO_3 - смотрите опыт «Действие растворимых карбонатов на катионы 4 группы».

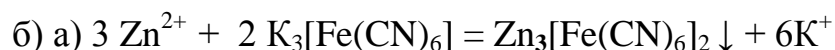
3. Сероводородная вода - H_2S – образует с солями цинка белый осадок сульфида цинка, растворимый во всех кислотах, кроме уксусной:



4. Гексацианоферрат (III) калия (красная кровяная соль) - $K_3[Fe(CN)_6]$; гексацианоферрат (II) калия (желтая кровяная соль) - $K_4[Fe(CN)_6]$ – образуют с солями цинка комплексные соединения в виде осадков: а) с желтой кровяной солью – белого цвета, растворимого в щелочах, но нерастворимого в кислотах; б) с красной кровяной солью – желто-коричневого цвета, растворимого в соляной кислоте и растворе аммиака:

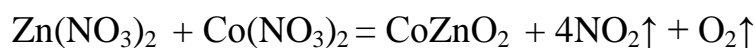


гексацианоферрат (II) калия-цинка



гексацианоферрат (III) цинка

5. Нитрат кобальта - $Co(NO_3)_2$. Раствор нитрата кобальта (II) образует с солями цинка смешанный оксид кобальта и цинка (цинкат кобальта(II)) зеленого цвета, называемый «зелень Ринмана»:



цинкат кобальта(II),

«зелень Ринмана»

Лабораторная работа

«Проведение качественных реакции на катионы III - IV групп.

Анализ смеси катионов III аналитической группы»

Проведение качественных реакций на катион бария

1. Пирохимическая реакция: нихромовую проволоку смочите концентрированным раствором соляной кислоты, прокалите в пламени спиртовки. Эту операцию повторите 2-3 раза для того, чтобы убедиться в чистоте проволоки (пламя должно быть бесцветным). После этого смочите проволоку раствором соли бария и внесите сначала в основание пламени, а затем в самую его горячую часть. Наблюдайте изменение окраски пламени.
2. К 1 капле раствора соли бария добавьте 1 каплю разбавленной серной кислоты. Проверьте растворимость полученного осадка в избытке кислоты и в растворе щелочи.
3. К 2 каплям раствора соли бария добавьте 2 капли раствора хромата калия. Наблюдайте эффект реакции.
4. В пробирку поместите 2 капли раствора соли бария, добавьте 1 каплю разбавленного раствора аммиака и 2 капли раствора карбоната натрия или аммония. Наблюдайте эффект реакции.
5. К 2 каплям раствора соли бария добавьте 2 капли раствора оксалата аммония. Наблюдайте эффект реакции.
6. *Проведение качественных реакций на катион кальция*
7. Сухой метод (проба на окрашивание пламени). Проведите опыт по методике, описанной для соли бария. Определите условия проведения опыта. 7. К 1 капле раствора хлорида кальция добавьте 1 каплю разбавленной серной кислоты. Для повышения чувствительности добавьте 5 – 7 капель этилового спирта. Наблюдайте эффект реакции.

8. К 2 каплям раствора хлорида кальция добавьте 8 - 10 капель АБС и избыток раствора карбоната аммония. Проверьте растворимость полученного осадка в соляной и уксусной кислотах. Наблюдайте эффект реакции.
9. К 2 каплям раствора хлорида кальция добавьте 8 - 10 капель АБС и избыток раствора оксалата аммония. Осадок проверьте на растворимость в соляной и уксусной кислотах. Наблюдайте эффект реакции.
10. На предметное стекло нанесите 1 каплю раствора хлорида кальция, добавьте 2 капли раствора серной кислоты, реакционную смесь нагрейте над пламенем спиртовки до образования каймы. Проведите микроскопию.
11. В пробирку поместите 2 капли раствора хлорида кальция, добавьте 8 – 10 капель АБС и 2 капли раствора желтой кровяной соли. Наблюдайте эффект реакции.

Проведение качественных реакций на катион цинка

12. К 2 каплям раствора сульфата цинка добавьте по каплям раствор щелочи, наблюдайте образование осадка. Проверьте растворимость полученного осадка в избытке раствора щелочи и соляной кислоте. Наблюдайте эффект реакции.
13. К 2 каплям раствора сульфата цинка добавьте 1 каплю серной кислоты и 1 – 2 капли раствора желтой кровяной соли. Наблюдайте эффект реакции.
14. К 2 каплям раствора сульфата цинка добавьте 1 каплю серной кислоты и 1 – 2 капли раствора красной кровяной соли. Наблюдайте эффект реакции.
15. К 2 каплям раствора сульфата цинка добавьте 2 капли сульфида натрия. Наблюдайте эффект реакции.
16. На фильтровальную бумагу нанесите 1 – 2 капли раствора сульфата цинка и 2 капли раствора нитрата кобальта $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, высушите; фильтр сожгите в фарфоровой чашке. Наблюдайте образование золы зелёного цвета.

Проведение качественных реакций на катион алюминия

17. К 2 каплям раствора хлорида алюминия добавьте по каплям раствор щелочи, наблюдайте образование осадка; проверьте его на растворимость в избытке раствора щелочи и в растворе соляной кислоты.
18. К 2 каплям раствора хлорида алюминия добавьте избыток раствора щелочи до растворения выпавшего осадка. К полученному раствору добавьте сухой хлорид аммония. Пробирку несколько раз сильно встряхните, наблюдайте выпадение осадка, и изменение цвета влажной синей лакмусовой бумажки.
19. На фильтровальную бумагу нанесите 1 – 2 капли исследуемого раствора (AlCl_3) и 2 капли раствора нитрата кобальта $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, высушите; фильтр сожгите в фарфоровой чашке. Наблюдайте образование золы синего цвета.

Анализ контрольной задачи на смесь катионов третьей группы

Задание: Проведите анализ, используя схему (Рис. 4). Вычертите схему анализа в дневнике, работу оформите в виде таблицы (см. приложение, таблица 2).

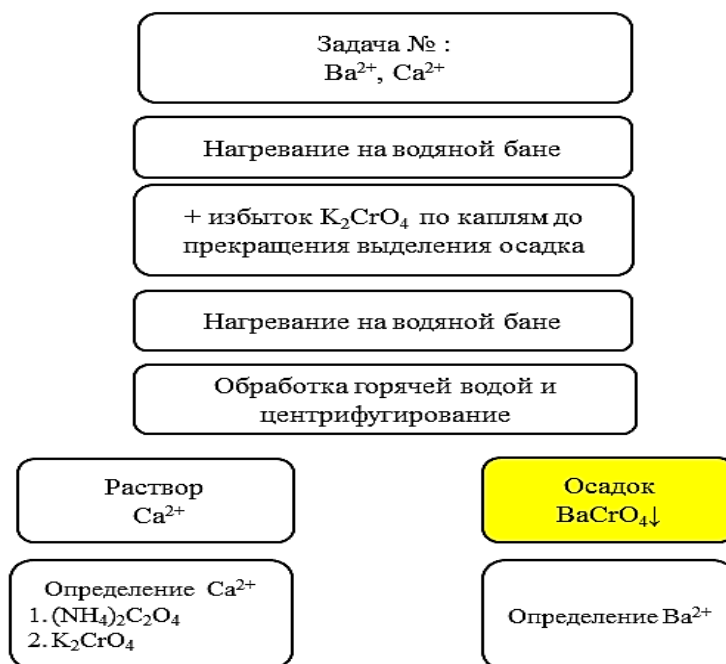


Рис.4.Схема анализа смеси катионов III аналитической группы

Ход анализа смеси катионов 3 группы

- 1. Дробное открытие ионов бария.* Для этого к 3 каплям задачи в отдельной пробирке прибавьте 4 капли уксусной кислоты и 5 капель хромата калия. Вместо уксусной кислоты и хромата калия можно использовать ацетат натрия и дихромат калия. Образование желтого осадка, нерастворимого в уксусной кислоте, указывает на присутствие в вашей задаче ионов бария, которые необходимо удалить и только после этого открывать ионы кальция, т.к. ионы бария будут мешать их открытию.
- 2. Удаление ионов бария.* В пробирку поместите 20 капель задачи, добавьте 20 капель уксусной кислоты и 25 капель хромата калия, перемешайте стеклянной палочкой (при необходимости смесь нагрейте). Образовавшийся осадок хромата бария отделите от раствора центрифугированием. Центрифугат проверьте на полноту осаждения ионов бария действием хромата калия. Если желтый осадок не появился, ионы бария полностью удалены, в противном случае удаление повторите. Осадок хромата бария отбрасывается, а в центрифугате после соответствующей обработки открываются ионы кальция.
- 3. Осаждение ионов кальция.* Центрифугат после удаления ионов бария содержит избыток хромат-ионов желтого цвета, мешающих дальнейшей работе. Поэтому ионы кальция осадите из раствора, прибавляя 10N раствор поташа или соды до $pH=10$. Образовавшийся осадок карбоната кальция отделите от раствора центрифугированием и промойте несколько раз дистиллированной водой (промывные воды отбросьте). Белый осадок карбонатов обработайте 2 N CH_3COOH до полного его растворения. Если в вашей задаче нет ионов бария, то п.2-3 проводить не надо.
- 4. Открытие ионов кальция.* В центрифугате проведите МКС с серной кислотой.
- 5. Результаты* работы оформите в таблицу, напишите необходимые уравнения реакций, сделайте вывод о присутствии тех или иных катионов 3 группы в вашей задаче.

Вопросы для самоконтроля

1. Как понизить растворимость сульфата кальция?
2. С помощью какого реагента открывают ионы бария в присутствии других катионов 3 группы?
3. Почему необходимо удалить ионы бария перед открытием других катионов 3 группы? Как это сделать?
4. Как выполнить микрокристаллическую реакцию на ионы кальция?
5. В чем растворяются карбонаты катионов 3 группы?
6. Как провести проверку на полноту удаления иона? Покажите на конкретном примере.
7. Составьте схему анализа смеси, содержащей ионы бария и кальция.
8. Общая характеристика катионов 3 группы, их роль в окружающей среде и действие на живой организм.
9. Какое свойство катионов 4 группы позволило выделить их в отдельную группу?
10. Для каких катионов 4 группы характерны окислительно-восстановительные реакции? Какие?
11. С помощью какого реагента можно отделить ионы цинка от других катионов 4 группы?
12. О чем свидетельствует отсутствие окраски раствора, содержащего смесь катионов 4 группы?
13. Что такое осаждение? Для какого катиона 4 группы характерна эта реакция?
14. Составьте схему анализа смеси катионов 4 группы (систематический анализ).

Практическое занятие № 3

Тема: Качественные реакции на катионы V - VI групп.

Анализ смеси катионов V аналитической группы.

Цель занятия: Овладение умениями проведения качественных реакций на катионы V - VI аналитических групп, систематическим анализом смеси катионов V группы.

Задачи:

1. Научиться проводить качественные реакции на катионы V - VI аналитических групп.
2. Овладеть систематическим анализом смеси катионов V группы.
3. Совершенствовать умения работать с химической посудой и оборудованием.
4. Закрепить умение работать в химической лаборатории, соблюдая правила охраны труда и противопожарной безопасности.
5. Развивать аналитическое мышление, умение систематизировать, анализировать, сравнивать.
6. Формировать познавательный интерес к предмету через использование химического эксперимента и связь изучаемой темы с жизнью, профессией.

Актуализация и мотивация темы занятия:

К катионам пятой аналитической группы относятся катионы Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} . Легко растворимы в воде хлориды, сульфаты, нитраты. Гидроксиды катионов этой группы являются слабыми труднорастворимыми электролитами. Они не растворимы в избытке щелочи и растворе аммиака, чем и отличаются от катионов IV и VI групп. Все соли катионов этой группы подвергаются гидролизу.

Групповым реактивом является 2N раствор щелочи – KOH, NaOH. Катионы Fe^{2+} , Fe^{3+} - легко образуют комплексные соединения. Для них характерны окислительно – восстановительные реакции.

Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} - катионы, необходимые для жизнедеятельности организма человека. Катионы железа входят в состав гемоглобина и ферментов, участвуют в углеводном обмене. Соли магния определяют жёсткость воды, регулируют работу сердца. Перманганат калия KMnO_4 используется в качестве антисептика; препараты железа применяются при железодефицитной анемии, магния сульфат – в качестве слабительного, рвотного средства.

К катионам шестой аналитической группы относят Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} . Хлориды, сульфаты, нитраты этих катионов легко растворимы в воде. Растворы катионов Cu^{2+} - голубые, Co^{2+} - имеют розовую окраску, Ni^{2+} - зелёные. Соли катионов данной группы подвергаются гидролизу; характерны реакции комплексообразования.

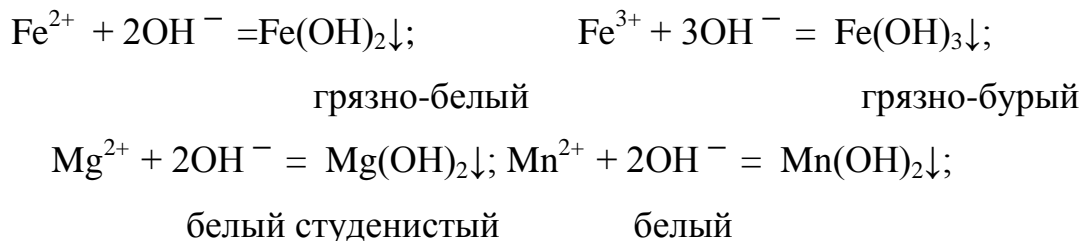
Групповым реактивом является 2N раствор аммиака в избытке – $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Cu^{2+} - микроэлемент; соли меди используются как удобрения, способствуя росту растений на малоплодородных почвах.

Пятая аналитическая группа катионов Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Mn^{2+}

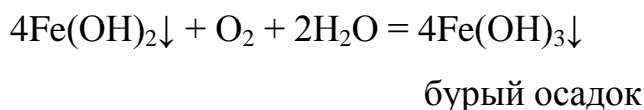
Групповой реагент - 2N раствор щелочи – KOH, NaOH

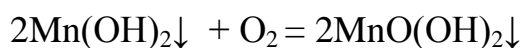
1. Действие группового реагента на катионы 5 группы

Щелочи - KOH, NaOH – осаждают катионы 5 группы в виде неамфотерных гидроксидов – разноцветных осадков (гидроксиды железа окрашены, гидроксиды других катионов 5 группы белые), легко растворимых в кислотах, но нерастворимых в избытке щелочи.



Гидроксиды железа (II) и марганца (II) на воздухе постепенно меняют свою окраску вследствие окисления:



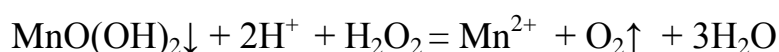


темно-коричневый осадок

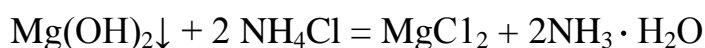
Составьте для данных реакций ионно-электронные полуреакции.

При действии на катионы железа (II), марганца (II) щелочью в присутствии окислителей (H_2O_2) сразу выпадают осадки $\text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow$, $\text{MnO}(\text{OH})_2\downarrow$. Напишите самостоятельно уравнения реакций образования этих осадков и уравняйте их ионно-электронными методом.

Растворение осадка $\text{MnO}(\text{OH})_2\downarrow$ возможно в кислотах только в присутствии восстановителя (H_2O_2):

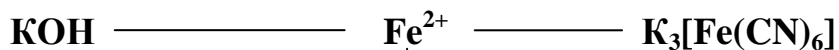


Осаждение гидроксидов железа(II), марганца (II) и магния раствором аммиака будет неполным, так как эти гидроксиды довольно хорошо растворяются в ненасыщенных растворах солей аммония (NH_4Cl), например:



Это свойство используется для отделения катиона магния от других катионов 5 группы.

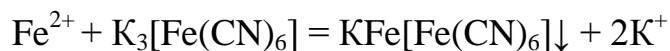
Частные реакции катионов железа (II) – Fe^{2+}



Реакция «бурое кольцо»

1. Щелочи – KOH , NaOH . Смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 5 группы».

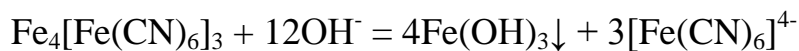
2. Гексацианоферрат (III) калия (красная кровяная соль) - $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ - образует с солями железа (II) синий осадок комплексного соединения «турнбулева синь», нерастворимый в кислотах, но разрушающийся в щелочах до гидроксида железа (II), при избытке реагента осадок приобретает зеленый оттенок. Реакция специфична:



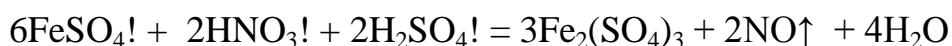
гексацианоферрат (III) калия-железа (II)

Условия проведения реакции:

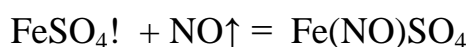
1. Полумикрометод.
2. Среда сернокислая, т.к. в щелочной среде осадок разрушается с выделением темно-бурого осадка $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$:



3. Реакция «бурого кольца» - это реакция окисления железа (II) при действии смеси концентрированных кислот азотной и серной:

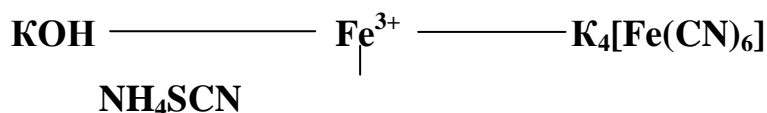


Составьте ионно-электронные полуреакции



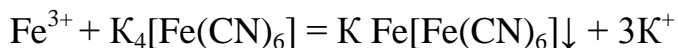
нитрозосульфат железа (II) или «бурое кольцо»

Частные реакции катионов железа (III) – Fe^{3+}



1. Щелочи – KOH , NaOH . Смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 5 группы».

2. Гексацианоферрат (II) калия (желтая кровяная соль) – $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ - образует с солями железа (III) синий осадок комплексного соединения «берлинская лазурь», нерастворимый в кислотах, но разрушающийся в щелочах до гидроксида железа (III), в избытке реагента осадок заметно растворяется:



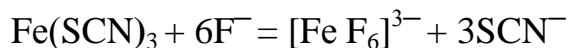
гексацианоферрат (II) калия-железа (III).

По составу турнбулева синь и берлинская лазурь - аналогичны.

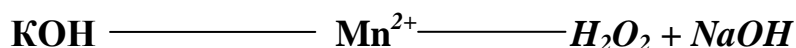
3. Роданид (тиоцианат) аммония - NH_4SCN - образует с солями железа (III) кроваво-красный раствор комплексного соединения роданида железа (III):



Реакция обратима, поэтому реагент берется в избытке, Проведению реакции мешают сильные окислители (H_2O_2 , KMnO_4). Роданид железа (III), устойчивый к действию кислот, разрушается под действием фторидов, фосфатов, оксалатов, тартратов калия (натрия), образующих с ионами железа более прочные бесцветные комплексные соединения:

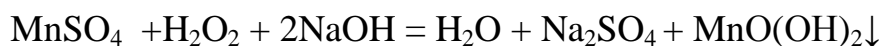


Частные реакции катионов марганца (II) – Mn^{2+}



1. Щелочи – KOH , NaOH . Смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 5 группы».

2. Пероксид водорода в присутствии щелочи- $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH}$ - окисляет ионы марганца (II) до $\text{MnO}(\text{OH})_2$, образуется тёмно – бурый осадок, нерастворимый в серной кислоте. Реакция идет по схеме:



Составьте ионно-электронные полуреакции

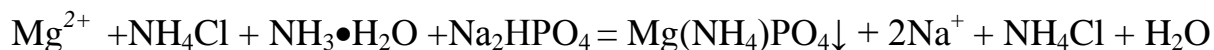
Реакция окисления ионов марганца (II) специфична и может быть использована при дробном обнаружении этих ионов в задаче.

Частные реакции катионов магния – Mg^{2+}



1. Щелочи – KOH , NaOH . Смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 5 группы».

2. Микрорекристаллоскопическая реакция с гидрофосфатом натрия - Na_2HPO_4 . В присутствии аммонийного буферного раствора гидрофосфат натрия образует с катионом магния белый кристаллический осадок двойной соли (фосфата аммония-магния), хорошо растворимый в кислотах. Под микроскопом кристаллы этого соединения имеют форму шестилучевых звёзд или снежинок.



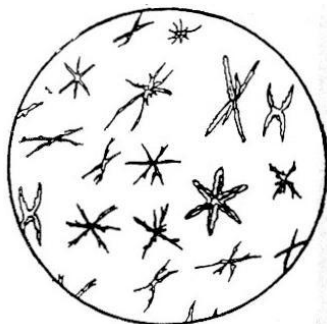


Рис.5. Кристаллы $Mg(NH_4)PO_4 \cdot 6H_2O$ (ув. 7 x 10)

Условия проведения реакции:

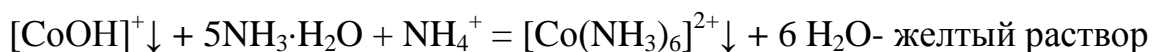
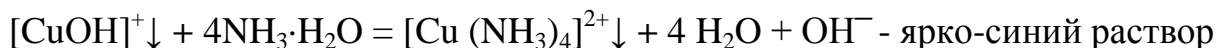
1. Микрорисаллоскопический метод.
2. Добавление аммонийного буферного раствора, т.к. рН должна быть 8-10, что препятствует образованию аморфного осадка гидроксида магния.
3. Отсутствие катионов из всех других групп, кроме I.

Шестая аналитическая группа катионов Cu^{2+} , Co^{2+}

Групповой реагент - 2N раствор аммиака в избытке – $NH_3 \cdot H_2O$

1. Действие группового реагента на катионы 6 группы

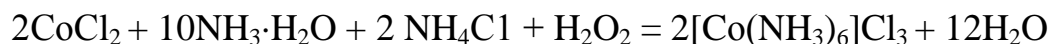
Водный раствор аммиака - $NH_3 \cdot H_2O$, взятый в эквивалентных количествах, осаждает катионы 6 группы в виде цветных осадков основных солей, гидроксидов или амидокомплексов, легко растворимых в кислотах и в избытке раствора аммиака, в последнем случае образуются цветные растворы аммиокомплексов (аммиакат кобальта образуется только в присутствии солей аммония при нагревании).



Дайте химические названия всем комплексным соединениям.

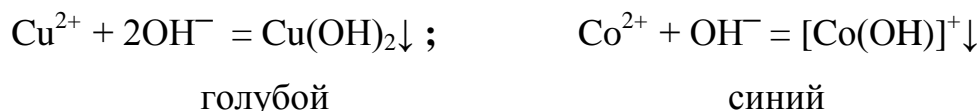
Все аммиакаты устойчивы, кроме аммиака кобальта (II), который на воздухе постепенно окисляется и переходит в аммиакат кобальта (III) -

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}\downarrow$ - вишнево-красного цвета (пероксид водорода ускоряет эту реакцию):



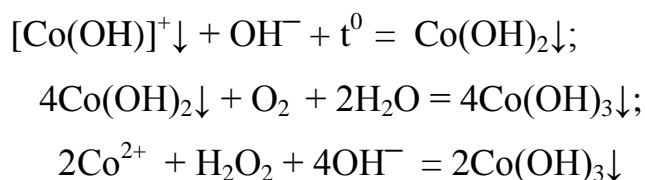
2. Действие щелочей - KOH, NaOH – на катионы 6 группы

Все катионы 6 группы при действии эквивалентных количеств щелочи образуют разноцветные осадки, растворимые в минеральных кислотах:



Гидроксид меди заметно растворим в избытке щелочи с образованием комплексных соединений: $\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{OH}^- = [\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$. При нагревании этот гидроксид легко разлагается с образованием черного осадка оксида меди (II): $\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{t}^0 = \text{CuO}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$.

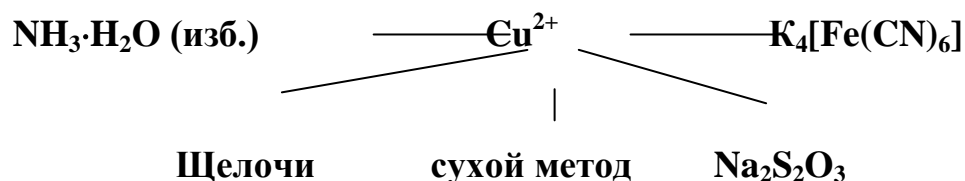
Основная соль кобальта (II) при добавлении избытка щелочи при нагревании превращается в розовый осадок гидроксида кобальта (II), который на воздухе окисляется до гидроксида кобальта (III), в присутствии окислителей (H_2O_2) реакция происходит мгновенно и образуется темно-бурый осадок.



Гидроксид кобальта (III) нерастворим в кислотах.

Основная соль кобальта (II), гидроксиды меди хорошо растворяются в 25%-м растворе $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Напишите уравнения этих реакций, дайте названия получившимся соединениям.

Частные реакции катиона меди (II) - Cu^{2+}

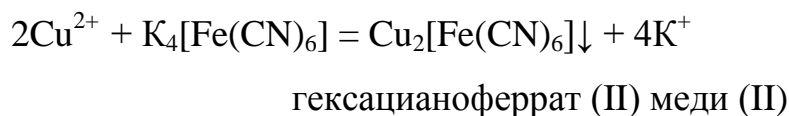


1. Раствор аммиака $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - в избытке. Смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 6 группы».

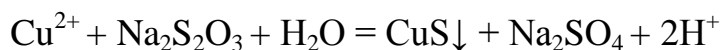
2. Щелочи – *KOH, NaOH*. Смотрите опыт «Действие группового реагента на катионы 6 группы».

3. Сухой метод. Летучие соли меди окрашивают бесцветное пламя горелки в голубовато-зеленый цвет.

4. Гексацианоферрат (II) калия (желтая кровяная соль) - $K_4[Fe(CN)_6]$ - образует с солями меди (II) красно-бурый осадок комплексного соединения, нерастворимый в кислотах, но растворимый в растворе аммиака и разрушающийся в щелочах до гидроксида меди (II):



5. Тиосульфат натрия - $Na_2S_2O_3$ – осаждает ионы меди (II) в виде черного осадка сульфида меди:



При избытке реагента подкисленный раствор соли меди (II) обесцвечивается вследствие образования тиосульфатного комплекса меди. При нагревании комплекс разрушается с образованием темно-бурого осадка смеси сульфида меди (I) и серы:



Лабораторная работа

«Проведение качественных реакций на катионы V- VI групп.

Систематический анализ смеси катионов V аналитической группы»

Проведение качественных реакций на катион железа Fe^{2+}

1. В пробирку поместите 2 капли раствора $FeSO_4$ и добавьте 2 капли раствора щелочи, наблюдайте изменение окраски осадка при стоянии.
2. Две капли раствора сульфата железа (II) подкислите 1 каплей разбавленной соляной кислоты и добавьте 1 каплю раствора красной кровяной соли.

3. К 2 каплям раствора FeSO_4 добавьте 1 каплю раствора серной кислоты и 2 капли раствора перманганата калия. Наблюдайте обесцвечивание раствора.
4. К 2 каплям раствора FeSO_4 добавьте 1 каплю раствора аммиака. При стоянии наблюдайте образование бледно – зелёного осадка.

Проведение качественных реакций на катион железа Fe^{3+}

5. В пробирку поместите 2 капли раствора FeCl_3 и добавьте 2 капли раствора щелочи, наблюдайте образование осадка.
6. В пробирку поместите 2 капли раствора FeCl_3 и добавьте 2 капли раствора роданида аммония, наблюдайте изменение цвета раствора.
7. В пробирку поместите 2 капли раствора FeCl_3 и добавьте 1 каплю раствора желтой кровяной соли, наблюдайте образование осадка.
8. К 2 каплям раствора FeCl_3 добавьте по 1 капле растворов соляной кислоты и иодида калия, наблюдайте образование бурого осадка. Добавьте в реакционную смесь 1 каплю крахмала. Наблюдайте изменение цвета раствора.
9. В пробирку поместите 2 капли раствора FeCl_3 и добавьте 3 капли раствора ацетата натрия, наблюдайте образование раствора цвета крепко заваренного чая, который при стоянии переходит в бурый осадок.

Проведение качественных реакций на катион магния

10. В пробирку поместите 2 капли раствора сульфата магния и добавьте 2 капли раствора щелочи, наблюдайте образование осадка. Затем добавьте 5 капель раствора хлорида аммония; наблюдайте растворение осадка.
11. К 2 каплям раствора сульфата магния добавьте по каплям раствор аммиака или хлорида аммония до полного растворения образующегося осадка, затем 1 – 2 капли раствора гидрофосфата натрия Na_2HPO_4 , наблюдайте образование осадка. Или реакцию предлагается проделать микрокристаллоскопически: на предметное стекло нанесите 1 – 2 капли раствора магния сульфата, 2 капли АБС, 1 каплю раствора Na_2HPO_4 ,

перемешайте стеклянной палочкой, кристаллы изучите под микроскопом.

Проведение качественных реакций на катион марганца (II)

12. К 2 каплям раствора сульфата марганца (II) добавьте 2 капли раствора щелочи, наблюдайте изменение цвета раствора, при стоянии - образование осадка.
13. В пробирку поместите 2 капли раствора сульфата марганца (II), добавьте 4 капли щелочи и 2 капли концентрированного раствора перекиси водорода (пергидроль). Наблюдайте образование осадка.

Проведение качественных реакций на катион меди (II)

14. К 2 каплям раствора сульфата меди (II) добавьте 2 капли раствора щелочи, наблюдайте образование осадка.
15. К 2 каплям раствора сульфата меди (II) добавьте избыток раствора аммиака, наблюдайте аналитический эффект реакции.
16. К 2 каплям раствора сульфата меди (II) добавьте 2 капли раствора желтой кровяной соли $K_4[Fe(CN)_6]$, наблюдайте аналитический эффект реакции.
17. К 2 каплям раствора сульфата меди (II) добавьте 2 капли раствора иодида калия, отметьте аналитический эффект реакции.

Анализ контрольной задачи на смесь катионов пятой группы

Задание: Проведите анализ, используя схему (рис. 6). Вычертите схему анализа в дневнике, работу оформите в виде таблицы (см. приложение, таблица2).

Ход анализа смеси катионов 5 группы

Анализ контрольной задачи выполняют как подробно, так и систематически.

Предварительные испытания. Обратите внимание на цвет анализируемого раствора (задачи). По окраске раствора сделайте предположение о присутствии тех или иных катионов 5 группы. Если задача бесцветна, то, скорее всего в ней нет окрашенных ионов.

Испытание на присутствие ионов железа (II и III) проводят подробно по следующим методикам:

1. *Открытие ионов железа (II)*. Используйте реакцию с красной кровяной солью $K_3[Fe(CN)_6]$ в присутствии соляной кислоты.

2. *Открытие ионов железа (III)*. Используйте реакцию с желтой кровяной солью $K_4[Fe(CN)_6]$ или роданидом аммония в присутствии соляной кислоты.

Разделение катионов 5 аналитической группы (систематический анализ):

3. При этом поступают следующим образом: к 20 каплям задачи добавьте 10 капель раствора щелочи и 5 - 6 капель пероксида водорода, смесь нагрейте на водяной бане до прекращения выделения пузырьков газа. Выпавший осадок после охлаждения отцентрифугируйте, центрифугат отбросьте, а осадок несколько раз промойте горячей водой и раствором хлорида аммония. Промытый осадок растворите в насыщенном (6N) растворе хлорида аммония и центрифугируйте.

4. *Открытие ионов магния*. Полученный раствор (центрифугат) используйте для открытия в нём ионов магния микрокристаллоскопической реакцией с гидрофосфатом натрия в присутствии АБС.

5. *Подтверждение наличия ионов железа*. Осадок гидроксидов растворите в азотной кислоте, центрифугируйте. В полученном растворе подтвердите наличие ионов железа реакцией с тиоцианатом аммония.

6. *Открытие ионов марганца*. Наличие черно-бурого осадка, нерастворимого в кислотах, доказывает присутствие в смеси ионов марганца.

7. *Результаты* работы оформите в таблицу, напишите необходимые уравнения реакций, сделайте вывод о присутствии тех или иных катионов 5 группы в вашей задаче.

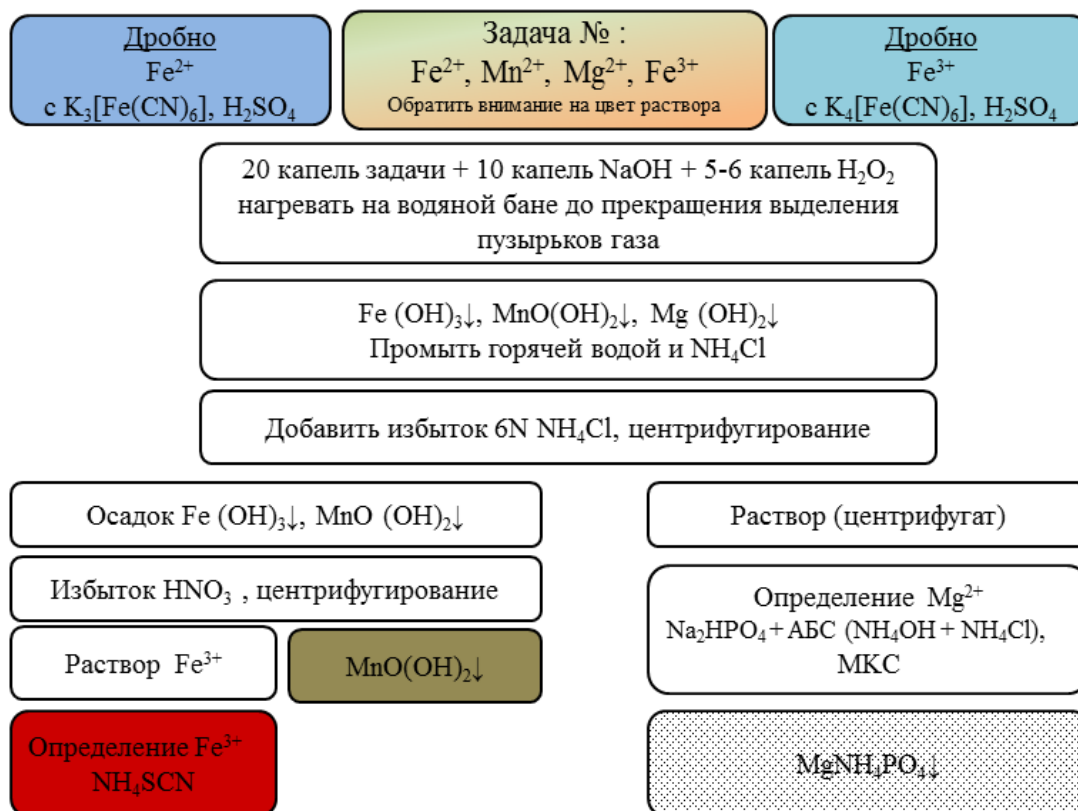


Рис.6.Схема анализа смеси катионов V аналитической группы

Вопросы для самоконтроля

1. Какими свойствами обладают гидроксиды катионов 5 группы?
2. На чём основано отделение ионов магния от остальных катионов 5 группы?
3. Какие катионы 5 группы можно открывать в задаче дробно без дополнительной обработки?
4. Какие катионы пятой группы открываются окислительно - восстановительными реакциями? Какими?
5. При действии щелочи на смесь катионов 5 группы выпал белый осадок. Какие катионы этой группы отсутствуют в растворе?
6. Какой ион образуется при окислении иона марганца (II) сильными окислителями в кислой среде? Какова его окраска?
7. Общая характеристика катионов 5 группы, их роль в окружающей среде и действии на организм.

8. Какое свойство катионов 6 группы позволило выделить их в отдельную группу?

9. При помощи какого реагента можно осадить ионы меди в виде сульфидов?

10. Общая характеристика катионов 6 группы, их роль в окружающей среде и действии на организм.

Практическое занятие № 4

Тема: Анализ смеси катионов I - VI аналитических групп.

Цель занятия: Овладение ходом проведения систематического анализа смеси катионов I - VI аналитических групп.

Задачи:

1. Научиться проводить систематический анализ смеси катионов I - VI аналитических групп.
2. Совершенствовать умения работать с химической посудой и оборудованием (микроскоп, центрифуга, водяная баня).
3. Закрепить умение работать в химической лаборатории, соблюдая правила охраны труда и противопожарной безопасности.
4. Развивать аналитическое мышление, умение систематизировать, анализировать, сравнивать.
5. Формировать познавательный интерес к предмету через использование химического эксперимента и связь изучаемой темы с жизнью, профессией.

Лабораторная работа

«Анализ смеси катионов I - VI аналитических групп»

Задание: Проведите анализ, используя схему (рис. 7). Вычертите схему анализа в дневнике, работу оформите (см. табл. 4).

Ход анализа смеси катионов всех аналитических групп

При анализе контрольной задачи на смесь катионов всех шести аналитических групп необходимо в первую очередь провести предварительные испытания и ориентировочно определить отсутствующие катионы.

Предварительные испытания. Проведите предварительные испытания, опираясь на признаки, представленные ниже в таблице 3.

Анализируемая задача может быть с осадком и без него. Если в задаче имеется осадок, то он может содержать:

1. Хлориды катионов 2 группы.
2. Сульфаты катионов 3 группы и сульфат свинца (II).
3. Возможно наличие гидроксидов катионов 4 – 6 аналитических групп.

После проведения предварительных испытаний, приступайте к систематическому анализу смеси катионов, используя схему (см. рис. 6).

Таблица 3

Предварительные испытания задачи на смесь катионов I – VI групп

№ п/п	Признаки	Ориентировочно отсутствующие катионы
1.	Раствор бесцветный	Cr^{3+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}
2.	Действие HCl (в отдельной пробе) – осадок не образуется	Катионы 2 группы
3.	Действие H_2SO_4 (в отдельной пробе) – осадок не образуется	Катионы 3 группы и Pb^{2+}

Ход анализа смеси катионов I - VI аналитических групп.

1. *Дробное открытие ионов* железа (II), (III), аммония, калия, натрия, кальция, магния. После предварительных испытаний открывайте дробно из отдельных проб задачи (см. методики проведения реакций выше).
2. *Осаждение, отделение и открытие катионов 2 группы.* Возьмите 2 мл задачи, добавьте избыток раствора 2NHCl и несколько капель этанола, смесь перемешайте и осадок отделите от раствора центрифугированием. Осадок содержит катионы 2 группы (Ag^+ , Pb^{2+}). Проанализируйте его по схеме анализа катионов 2 группы. Центрифугат (1) содержит катионы 1, 3 – 5 аналитических групп и, возможно, ионы свинца, которые полностью не осадилась соляной кислотой.

3. *Осаждение, отделение и открытие катионов 3 группы.* К центрифугату (1), полученному в п.2, добавьте равный объём смеси $2\text{NH}_2\text{SO}_4$ и этанола (1:1), смесь перемешайте и отделите осадок (2) от раствора (2) центрифугированием. Осадок (2), содержащий сульфаты катионов 3 группы, переведите в карбонаты обработкой раствором поташа или соды и анализируйте по схеме катионов 3 группы. Центрифугат (2), полученный в п.3, содержит катионы 1, 4, 5 аналитических групп и, возможно, ионы кальция, которые полностью не были осаждены серной кислотой.
4. *Открытие катионов IV и V групп.* Центрифугат (2) нейтрализуйте щелочью до $\text{pH}=7$, в присутствии 10-12 капель раствора пероксида водорода, при нагревании. Центрифугируйте.
5. В центрифугате (3) открывайте в нём катионы 4 группы с раствором сульфида натрия.
6. С осадком (3) поступайте согласно анализу смеси катионов 5 группы (методики проведения реакций выше).
7. Сделайте вывод о наличии катионов каждой группы в вашей задаче.
8. Оформите результаты анализа в таблице:

Таблица 4

Анализ смеси катионов I – VI групп

Аналитическая группа катионов	Наличие катионов
I	
II	
III	
IV	
V	

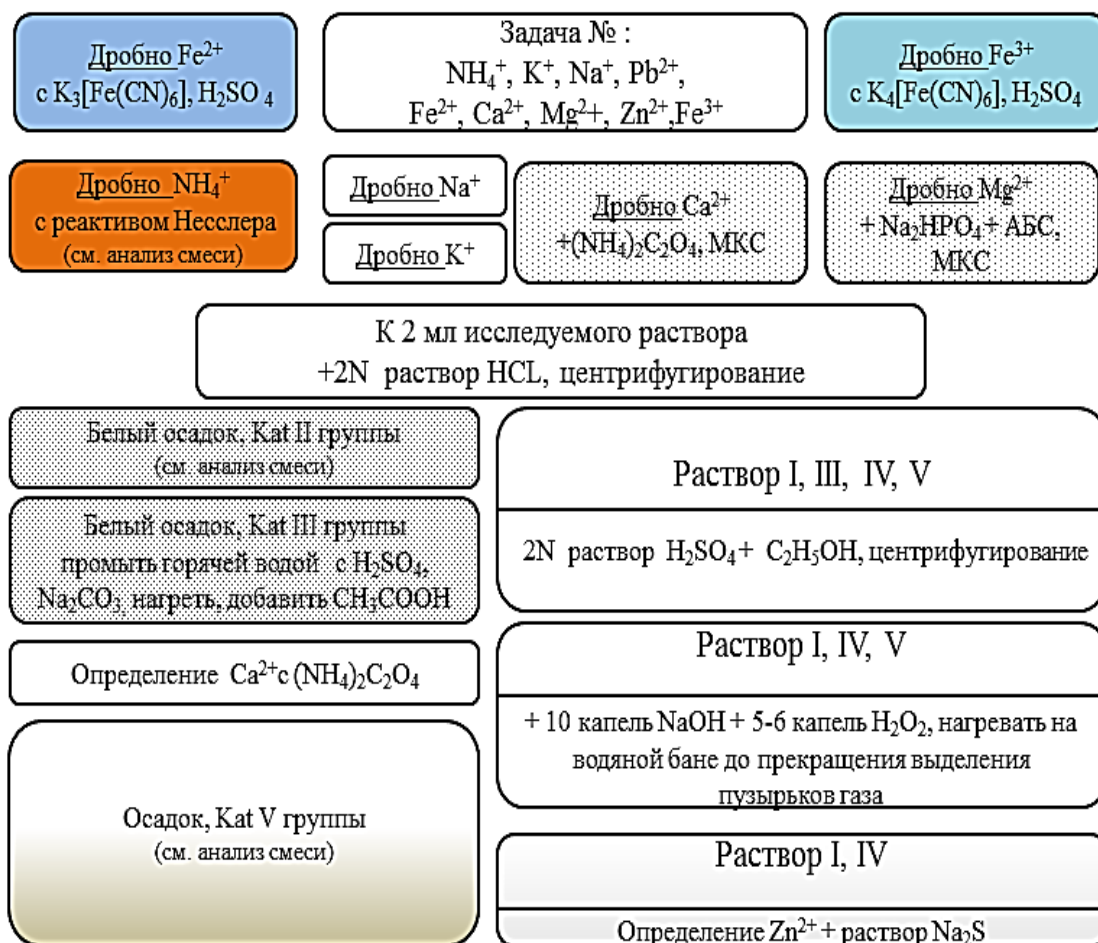


Рис.7.Схема анализа смеси катионов I -VI аналитических групп

Вопросы для самоконтроля

1. Какие катионы можно открыть дробно при анализе смеси катионов 1 – 6 групп? Какими реагентами?
2. Как выделить из смеси катионы 2 группы? 3 группы?
3. В чём можно растворить сульфат свинца?
4. С какой целью переводят сульфаты катионов 3 группы в карбонаты? Как это сделать?
5. Какие катионы относятся к группе микроэлементов? Какова их роль для живого организма?
6. Какие из изученных катионов обладают токсическим действием? В чём заключается их отравляющее действие на живой организм?

Глава 3. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АНИОНОВ

Практическое занятие № 5

Тема: Качественные реакции на анионы I – III групп. Анализ смеси анионов I – III аналитических групп.

Цель занятия: Овладение умениями проведения качественных реакций на анионы I – III аналитических групп, анализом смеси анионов всех трёх групп.

Задачи:

1. Научиться проводить качественные реакции на анионы I – III аналитических групп.
2. Овладеть анализом смеси анионов I – III групп.
3. Совершенствовать умения составлять уравнения химических реакции в молекулярном и ионном видах; работать с химической посудой и оборудованием.
4. Закрепить умение работать в химической лаборатории, соблюдая правила охраны труда и противопожарной безопасности.
5. Развивать аналитическое мышление, умение систематизировать, анализировать, сравнивать.
6. Формировать познавательный интерес к предмету через использование химического эксперимента и связь изучаемой темы с жизнью, профессией.

Актуализация и мотивация темы занятия:

Особенности анализа анионов

Методика качественного анализа анионов существенно отличается от методики анализа катионов.

Единое деление анионов на аналитические группы отсутствует; нет также и систематического хода анализа как для катионов. Иную роль играют здесь и групповые реактивы. Они используются главным образом для обнаружения группы анионов.

Первая классификация анионов основана на различной растворимости бариевых и серебряных солей (см. табл.5).

Таблица 5.

Классификация анионов по растворимости солей бария и серебра.

Группа	Групповой реактив	Анион	Характеристика
I	2NBaCl ₂ в нейтральной или слабощелочной среде	SO ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , CO ₃ ²⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , B ₄ O ₇ ²⁻ (BO ₂ ⁻)	Бариевые соли нерастворимы в воде, но растворимы в разбавленных кислотах (искл. BaSO ₄)
II	раствор AgNO ₃ в присутствии HNO ₃	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , S ²⁻ , SCN ⁻	Серебряные соли нерастворимы в воде и растворе азотной кислоты
III	-	NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , CH ₃ COO ⁻	Бариевые и серебряные соли растворимы в воде

В основе второй классификации лежат окислительно - восстановительные свойства анионов. По данному признаку анионы подразделяются на три группы: анионы – окислители, анионы – восстановители и анионы, не проявляющие окислительно – восстановительных свойств (см. табл. 6).

Таблица 6.

Классификация анионов по окислительно-восстановительным свойствам.

Группа	Групповой реактив	Анион	Характеристика
I	раствор KI в кислой среде	NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , MnO ₄ ⁻ CrO ₄ ²⁻	Анионы - окислители выделяют свободный йод I ₂ из раствора иодида калия KI при подкислении 2NH ₂ SO ₄
II	раствор KMnO ₄ в кислой среде	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , S ²⁻ , SCN ⁻ , SO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻	Анионы - восстановители обесцвечивают 0,1NKMnO ₄ в присутствии 2NH ₂ SO ₄

Группа	Групповой реактив	Анион	Характеристика
III	-	SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , CH_3COO^-	Не участвуют в окислительно – восстановительных реакциях, не взаимодействуют с растворами KMnO_4 и KI

При анализе смеси анионов наиболее целесообразным оказывается непосредственное обнаружение отдельных анионов без предварительного разделения. Эта возможность обусловлена тем, что анионы большей частью не мешают открытию друг друга.

При выполнении частных реакций на анионы необходимо иметь в виду, что внешний вид осадков многих анионов, полученных с бариевыми или серебряными солями, одинаков. Поэтому особое внимание следует уделять наблюдению над характером и степенью растворимости тех или иных осадков в кислотах или других реактивах.

Первая аналитическая группа анионов



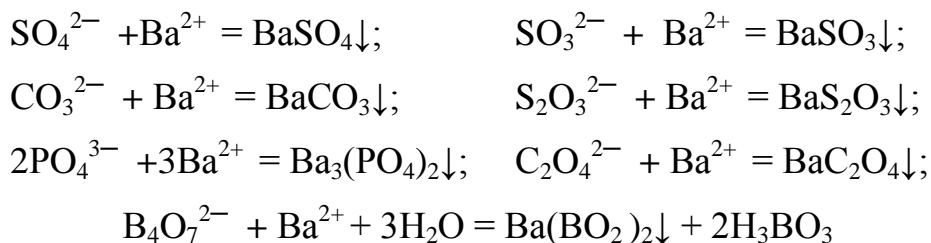
Групповой реактив – 2N раствор нитрата или хлорида бария

$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ или BaCl_2 – в нейтральной или слабощелочной среде

Действие группового реагента на анионы I группы

Анионы I группы осаждаются 2N раствором нитрата или хлорида бария [$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ или BaCl_2] в нейтральной или слабощелочной среде в виде

белых осадков бариевых солей:

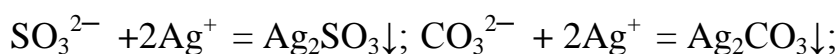
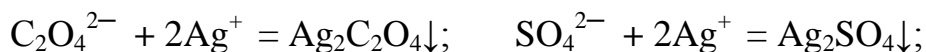


Все полученные осадки, кроме сульфата бария ($\text{BaSO}_4\downarrow$ ни в чем нерастворим), растворимы в минеральных кислотах, а некоторые даже в уксусной. $\text{BaCO}_3\downarrow$ и $\text{BaSO}_3\downarrow$ реагируют с кислотами с выделением соответствующей

щих газов: $\text{SO}_2\uparrow$ и $\text{CO}_2\uparrow$. Напишите уравнения этих реакций самостоятельно. $\text{BaC}_2\text{O}_4\downarrow$ растворим в кипящей воде, в CH_3COOH только при кипячении, но нерастворим в серной кислоте.

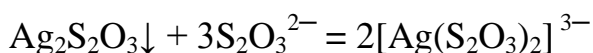
Действие нитрата серебра – AgNO_3 - на анионы 1 группы

Все анионы 1 группы в нейтральной среде образуют с нитратом серебра - AgNO_3 – белые осадки серебряных солей (исключение - AgPO_4 – желтый осадок), растворимые в азотной, но нерастворимые в соляной и уксусной кислотах:

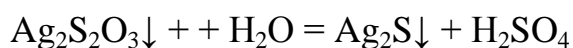


$\text{Ag}_2\text{SO}_4\downarrow$ - малорастворимое соединение, поэтому оно образуется только при взаимодействии концентрированных растворов при кипячении.

$\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3\downarrow$ - растворим в избытке тиосульфат-ионов с образованием комплексных дитиосульфатоаргентат (I) – ионов:

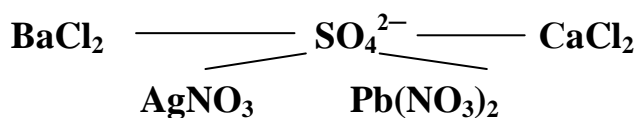


$\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3\downarrow$ подвергается гидролизу, вследствие чего цвет осадка меняется с белого на желтый, бурый и затем на чёрный. Реакция протекает по схеме:



$\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3\downarrow$ растворим в 25%-м растворе $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Частные реакции сульфат-иона - SO_4^{2-}



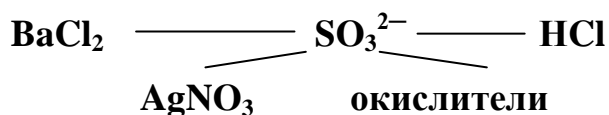
1. Хлорид или нитрат бария - BaCl_2 или $\text{Ba(NO}_3)_2$ – смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 1 группы».

2. Нитрат серебра - AgNO_3 - смотрите опыт «Действие нитрата серебра на анионы 1 группы».

3. Хлорид кальция - $CaCl_2$ - с сульфат-ионами образует белый осадок сульфата кальция (гипса), кристаллы которого под микроскопом имеют форму отдельных игл или игл, собранных в пучки. Напишите уравнение реакции.

4. Нитрат свинца (II) - $Pb(NO_3)_2$ - с сульфат-ионами образует белый кристаллический осадок сульфата свинца, растворимый в кислотах, горячем растворе щелочи и 30%-м растворе ацетата аммония при нагревании. Напишите уравнения реакций.

Частные реакции сульфит-иона – SO_3^{2-}



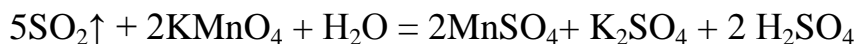
1. Хлорид или нитрат бария - $BaCl_2$ или $Ba(NO_3)_2$ – смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 1 группы».

2. Нитрат серебра - $AgNO_3$ - смотрите опыт «Действие нитрата серебра на анионы 1 группы».

3. Соляная кислота - HCl - разлагает сульфиты (при нагревании) с образованием газа – оксида серы (IV) с запахом спичек:



Выделяющийся газ можно определить, используя его свойство обесцвечивать растворы йода или перманганата калия в кислой среде:



Составьте ионно-электронные полуреакции.

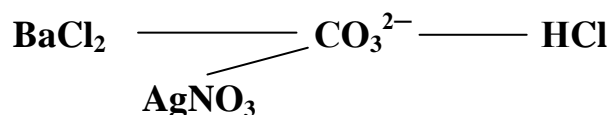
Условия проведения реакции:

1. Полумикрометод.
2. Концентрированный раствор сульфита натрия.
3. Отсутствие восстановителей (анионов 2 группы).
4. Среда кислая.
5. Нагревание.

6. Вместо пробки с пипеткой можно использовать фильтровальную бумагу, смоченную одной из указанных выше смесей.

4. Окислитель - I_2 , $KMnO_4$ могут обесцвечиваться при непосредственном взаимодействии с сульфитами в кислой среде (без нагревания). Уравнения этих окислительно-восстановительных реакций составьте самостоятельно и уравняйте ионно-электронным методом.

Частные реакции карбонат-иона – CO_3^{2-}



1. Хлорид или нитрат бария - $BaCl_2$ или $Ba(NO_3)_2$ – смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 1 группы».

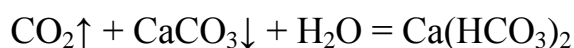
2. Нитрат серебра - $AgNO_3$ – смотрите опыт «Действие нитрата серебра на анионы 1 группы».

3. Соляная кислота - HCl – разлагает карбонаты с образованием углекислого газа – оксида углерода (IV). Выделение газа довольно бурное, «вскипание» заметно даже без нагревания:



Выделяющийся газ можно определить с помощью известковой воды – $Ca(OH)_2$ (по её помутнению): $CO_2\uparrow + Ca(OH)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$.

Опыт требует тщательного выполнения, т.к. аналитический эффект реакции слабо выражен. Карбонаты, поглощая $CO_2\uparrow$, легко переходят в гидрокарбонаты, при этом помутнение известковой воды исчезает из-за реакции:



Проведению опыта мешают сульфит-ионы, поэтому их предварительно переводят в сульфат-ионы действием H_2O_2 .

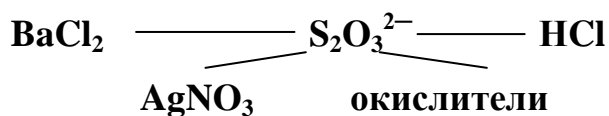
Частные реакции фосфат-иона – PO_4^{3-}



1. Хлорид или нитрат бария - $BaCl_2$ или $Ba(NO_3)_2$ – смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 1 группы».

2. Нитрат серебра - $AgNO_3$ - смотрите опыт «Действие нитрата серебра на анионы 1 группы».

Частные реакции тиосульфат - иона – $S_2O_3^{2-}$



1. Хлорид или нитрат бария - $BaCl_2$ или $Ba(NO_3)_2$ – смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 1 группы».

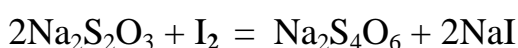
2. Нитрат серебра - $AgNO_3$ - смотрите опыт «Действие нитрата серебра на анионы 1 группы».

3. Соляная кислота - HCl – разрушает тиосульфаты (при нагревании) с выделением тиосернистой кислоты, которая разлагается на SO_2 и S:



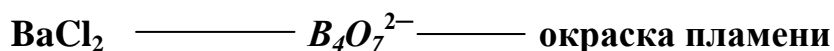
В растворе появляется белая муть серы. SO_2 обнаруживают либо по характерному запаху спичек, либо по обесцвечиванию растворов йода или перманганата калия. Реакция специфическая.

4. Окислители – I_2 , $KMnO_4$ – могут обесцвечиваться при непосредственном взаимодействии с тиосульфатами в кислой среде:



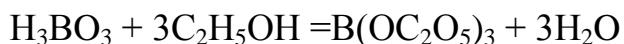
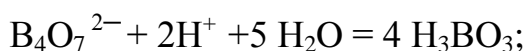
Уравнение окислительно-восстановительной реакции с $KMnO_4$ составьте самостоятельно. Уравняйте их ионно-электронным методом, дайте названия продуктам реакций. Обнаружению $S_2O_3^{2-}$ мешают SO_3^{2-} и S^{2-} .

Частные реакции борат-ионов – $B_4O_7^{2-}$, BO_2^- , $[B(OH)_4]$

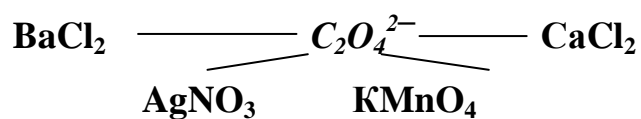


1. Хлорид или нитрат бария - $BaCl_2$ или $Ba(NO_3)_2$ – смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 1 группы».

2. Окраска пламени. Летучие соединения бора окрашивают пламя горелки в зеленый цвет. Мешают соли бария, меди, фосфаты. Перевод боратов в борноэтиловый эфир позволяет значительно повысить избирательность реакции:



Частные реакции оксалат -иона – $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

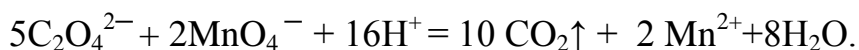


1. Хлорид или нитрат бария - BaCl_2 или $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ – смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 1 группы».

2. Нитрат серебра - AgNO_3 - смотрите опыт «Действие нитрата серебра на анионы 1 группы».

3. Хлорид кальция - CaCl_2 – *осаждает оксалат* – ионы в виде белого осадка CaC_2O_4 , растворимого в минеральных кислотах, но нерастворимого в CH_3COOH . Под микроскопом кристаллы имеют октаэдрическую форму (форму почтовых конвертов). Уравнение реакции напишите самостоятельно.

4. Перманганат калия - KMnO_4 – окисляет оксалат-ионы в кислой среде при нагревании до CO_2 ; сам KMnO_4 при этом обесцвечивается вследствие реакции восстановления:



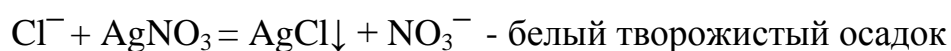
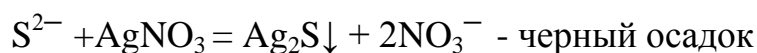
Напишите уравнение реакции в молекулярном виде и уравняйте его ионно-электронным методом.

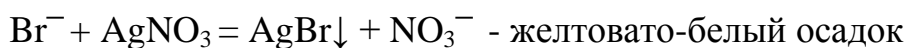
Вторая аналитическая группа анионов S^{2-} , Cl^- , Br^- , I^-

Групповой реактив – 2N раствор нитрата серебра - AgNO_3 – в азотнокислой среде

Действие группового реагента на анионы 2 группы

Анионы 2 группы осаждаются 2N раствором нитрата серебра - AgNO_3 - в виде цветных осадков серебряных солей, нерастворимых в азотной кислоте (только AgS растворяется в HNO_3 при нагревании). Это отличает их от анионов 1 группы, которые образуют с нитратом серебра осадки, растворимые в азотной кислоте:





$\text{AgCl}\downarrow$ растворим в $2\text{NNH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, 12% -м растворе $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Напишите уравнения реакций растворения хлорида серебра в первых двух реагентах. $\text{AgBr}\downarrow$ растворяется только в 25%-м растворе $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, а $\text{AgI}\downarrow$ не растворим в $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$.

$\text{Ag}_2\text{S}\downarrow$ нерастворим в $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, но растворим в горячей HNO_3 .

Частные реакции хлорид-иона – Cl^-

Окислители ——— Cl^- ——— **AgNO_3 (в три стадии)**

1. Нитрат серебра - AgNO_3 — смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 2 группы». Реакция идет в три стадии: а) получение хлорида серебра; б) растворение хлорида серебра в $2\text{NNH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ или 12% -м растворе $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ с образованием одного и того же комплексного соединения $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$; в) разрушение комплексного соединения $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ азотной кислотой или KI .

2. Окислители - KMnO_4 , MnO_2 – окисляют хлорид ионы до свободного хлора, который легко обнаружить по посинению влажной йодокрахмальной бумажки:



Составьте ионно-электронные полуреакции. Напишите уравнение реакции окисления хлорид-ионов MnO_2 . Посинение йодокрахмальной бумажки обусловлено следующей реакцией: $\text{Cl}_2\uparrow + 2\text{I}^- = \text{I}_2\downarrow + 2\text{Cl}^-$.

Частные реакции бромид-иона – Br^-

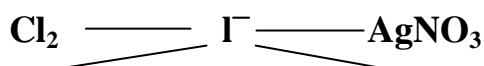
Cl_2 ——— Br^- ——— **AgNO_3**

1. Нитрат серебра - AgNO_3 — смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 2 группы».

2. Хлорная вода, хлорная известь - Cl_2 – в кислой среде окисляют бромид-ионы до свободного брома, который окрашивает раствор в желтой или бурый цвет. Чувствительность этой реакции повышается в присутствии

органического растворителя: $2 \text{Br} + \text{Cl}_2 = \text{Br}_2\downarrow + 2\text{Cl}^-$. Восстановители мешают проведению опыта. Кроме хлора в качестве окислителей можно использовать KMnO_4 .

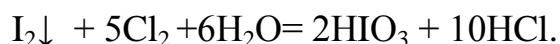
Частные реакции иодид-иона – I^-



$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ реакция «золотой дождь» NaNO_2

1. Нитрат серебра - AgNO_3 — смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 2 группы».

2. Хлорная вода, хлорная известь - Cl_2 – окисляют иодид-ионы в кислой среде до свободного йода, который окрашивает раствор органического растворителя в малиновый цвет: $2 \text{I}^- + \text{Cl}_2 = \text{I}_2\downarrow + 2\text{Cl}^-$. Избытком хлорной воды йод окисляется до йодноватой кислоты (бесцветная):



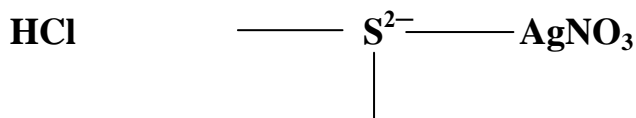
Восстановители мешают проведению опыта. Кроме хлора в качестве окислителей можно использовать KMnO_4 .

3. Нитрат свинца - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ - образует с иодид-ионами желтый кристаллический осадок иодида свинца, растворимый в избытке KI , горячей воде и уксусной кислоте. Реакция получила название «золотой дождь».

4. Нитрит натрия - NaNO_2 – в кислой среде окисляет I^- до I_2 :

$\text{KI} + \text{KNO}_2 + \text{HCl} = \text{I}_2\downarrow + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$ (уравняйте реакцию ионно-электронным методом). Мешают SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, S^{2-} .

Частные реакции сульфид-иона – S^{2-}



$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

1. Нитрат серебра - AgNO_3 — смотрите опыт «Действие группового реагента на анионы 2 группы».

2. Соляная кислота – HCl – разлагает сульфиды с выделением газа - сероводорода: $\text{S}^{2-} + 2 \text{HCl} = \text{H}_2\text{S}\uparrow + 2\text{Cl}^-$.

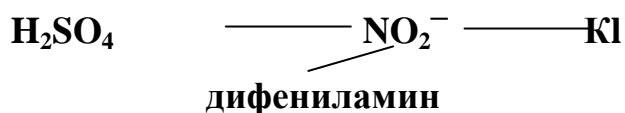
$\text{H}_2\text{S}\uparrow$ можно обнаружить по характерному запаху тухлых яиц и по почернению фильтровальной бумаги, смоченной ацетатом свинца (из-за образования черного осадка сульфида свинца), при поднесении её к отверстию пробирки. Уравнение реакции напишите самостоятельно.

3. Ацетат свинца - $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ образует с сульфид-ионами черный осадок сульфида свинца, как и с сероводородом. Уравнение реакции напишите самостоятельно.

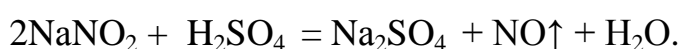
Третья аналитическая группа анионов NO_2^- ; NO_3^- ; CH_3COO^-

Группового реактива НЕТ

Частные реакции нитрит – иона NO_2^-



1. Серная кислота - H_2SO_4 - разрушает нитриты с выделением газообразных оксидов азота (в том числе и бурого газа NO_2):



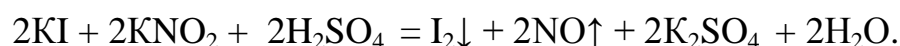
Составьте ионно-электронные полуреакции.

2. Дифениламин (C_6H_5)₂ NH – окисляется нитрит-ионами до хиноидного соединения (дифенилдифенохинондиимин) интенсивно-синего цвета, который затем необратимо разрушается, поэтому при стоянии цвет раствора меняется от синего через бурый до желтого. Подобную реакцию с дифениламином дают нитрат-ионы.

Условия проведения реакции:

1. Полумикрометод.
2. Отсутствие нитрат-ионов, анионов-окислителей, анионов – восстановителей.
3. Использовать разбавленный анализируемый раствор.

3. Иодид калия - KI – в сернокислой среде окисляется нитрит-ионами до свободного иода, который можно определить по посинению крахмала:



Составьте ионно-электронные полуреакции. Проведению реакции мешают сильные окислители и восстановители.

Частные реакции нитрат – иона NO_3^-



1. Дифениламин $(C_6H_5)_2NH$ – с нитрат-ионами, так же, как и с нитрит-ионами, дает интенсивно-синее окрашивание.

2. Медь в присутствии концентрированной серной кислоты - $Cu + H_2SO_4!$ – восстанавливает нитрат-ионы до оксида азота (IV) или бурого газа $NO_2\uparrow$:



Данную реакцию уравняйте ионно-электронным методом.

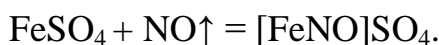
Условия проведения реакции:

1. Полумикрометод.
2. Медь должна быть чистой и обезжиренной.
3. Отсутствие нитрит-ионов.
4. Концентрированная серная кислота.
5. Нагревание.

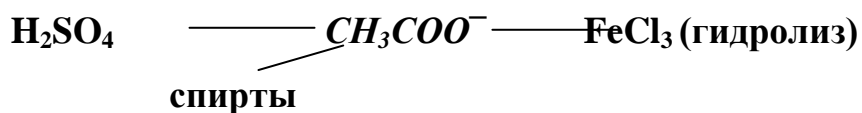
3. Реакция «бурого кольца» с сульфатом железа (II) – $FeSO_4$ – основана на восстановлении нитрат-ионов сульфатом железа (II) до оксида азота (II), который с избытком реагента образует комплексное соединение – нитрозосульфат железа (II) в виде «бурого кольца», легко разрушающегося при нагревании и сильном встряхивании:



Составьте ионно-электронные полуреакции.

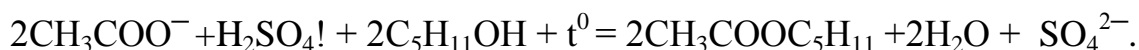


Частные реакции ацетат – иона CH_3COO^-



1. Серная кислота H_2SO_4 – вытесняет уксусную кислоту (с характерным запахом) из её солей – ацетатов: $2CH_3COO^- + H_2SO_4 \xrightarrow{t^0} 2CH_3COOH \uparrow + SO_4^{2-}$.

2. Реакция этерификации (со спиртами – $C_5H_{11}OH$ и др.)– это образование сложных эфиров, обладающих специфическим запахом, при взаимодействии ацетат-ионов со спиртами в присутствии концентрированной серной кислоты при нагревании:

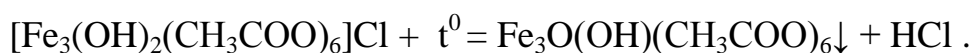
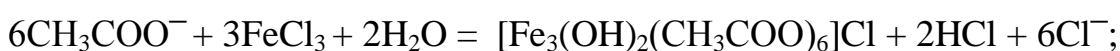


запах грушевой эссенции

Условия проведения опыта:

1. Полумикрометод.
2. Спирт не следует брать в избытке, это мешает обнаружить эфир.
3. Нагревание на водяной бане.
4. Добавление концентрированной серной кислоты.

3. Хлорид железа (III) - $FeCl_3$ – образует с ацетат-ионами в нейтральной среде растворимое в воде комплексное соединение красно-бурого цвета, которое при разбавлении водой и нагревании разрушается с образованием бурого осадка основного ацетата железа (III):



Лабораторная работа

«Проведение качественных реакции на анионы I - III групп. Анализ смеси анионов I – III аналитических групп»

Проведите качественные реакции на анионы I - III аналитических групп. Оформите результат химического эксперимента в лабораторном журнале в виде таблицы (см. приложение, таблица 1)

Проведение качественных реакций на сульфат-анион SO_4^{2-}

1. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора хлорида бария. Наблюдайте образование осадка, проверьте его растворимость в кислотах, щелочах, горячей воде.

2. В пробирку поместите 2 капли анализируемого раствора, добавьте 2 капли раствора ацетата свинца (II) $\text{-Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, наблюдайте эффект реакции.

Проведение качественных реакций на тиосульфат-ион $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

3. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора хлорида бария. Наблюдайте образование осадка.

4. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора соляной кислоты, реакционную смесь слегка нагрейте. Наблюдайте эффект реакции.

5. К 1 капле анализируемого раствора добавьте 3 капли раствора нитрата серебра. Наблюдайте образование осадка, и изменение его цвета во времени.

6. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора йода. Наблюдайте эффект реакции.

Проведение качественных реакций на карбонат- (гидрокарбонат-)ионы CO_3^{2-} (HCO_3^-)

7. К 5 каплям анализируемого раствора добавьте 5 капель раствора хлорида бария. Наблюдайте образование осадка, проверьте его растворимость в разбавленных растворах кислот.

8. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте по каплям раствор соляной или серной кислоты. Наблюдайте выделение газа.

9. К 5 каплям анализируемого раствора добавьте 5 капель раствора нитрата серебра. Наблюдайте образование осадка, проверьте его растворимость в азотной кислоте и растворе аммиака.

Проведение качественных реакций на оксалат-ионы $C_2O_4^{2-}$

10. К 2 каплям анализируемого раствора добавить 2 капли раствора хлорида бария $BaCl_2$. Наблюдайте эффект реакции.

11. К 2 каплям анализируемого раствора добавить 2 капли раствора хлорида кальция $CaCl_2$. Наблюдайте эффект реакции. Этот же опыт проведите микрокристаллоскопически. Определите форму кристаллов.

12. В пробирку поместите 4 капли анализируемого раствора добавить 5 капель раствора серной кислоты H_2SO_4 , смесь нагрейте до 70-80°C, добавьте по каплям раствор перманганата калия $KMnO_4$. Наблюдайте эффект реакции.

Проведение качественных реакций на фосфат- (гидрофосфат-) ионы PO_4^{3-} (HPO_4^{2-})

13. К 2 каплям анализируемого раствора добавить 2 капли раствора хлорида бария $BaCl_2$. Наблюдайте эффект реакции, проверьте растворимость осадка.

14. К 2 каплям анализируемого раствора добавить по 2 капли растворов хлорида аммония NH_4Cl , аммиака NH_4OH (или 4 капли АБС), хлорида магния $MgCl_2$. Наблюдайте эффект реакции, проверьте растворимость осадка.

15. В пробирку поместите 4 капли анализируемого раствора, добавьте 4 капли раствора нитрата серебра $AgNO_3$. Наблюдайте выпадение осадка, проверьте его растворимость.

Проведение качественных реакций на борат- (тетраборат-) ионы BO_3^{3-} ($B_4O_7^{2-}$)

16. К 2 каплям анализируемого раствора добавить 2 капли раствора хлорида бария $BaCl_2$. Наблюдайте эффект реакции, проверьте растворимость осадка.

17. В фарфоровой чашке выпарьте 4-6 капель раствора, содержащего борат-ионы. Сухой остаток (после охлаждения) смочите 2-3 каплями концен-

трированной серной кислоты $H_2SO_4!$, добавьте 5-6 капель этанола C_2H_5OH , смесь перемешайте и подожгите. Отметьте цвет каймы пламени.

18. На полоску желтой куркумовой бумажки нанесите 2 капли анализируемого раствора, добавьте 1 каплю раствора соляной кислоты HCl , высушите бумажку, затем наносите 1 каплю раствора аммиака NH_4OH . Отметьте изменение окраски куркумовой бумажки.

19. *Реакция отличия* борной кислоты H_3BO_3 от тетрабората натрия $Na_2B_4O_7$: к 1 мл анализируемого раствора добавьте 1 каплю индикатора фенолфталеина ф/ф и 1 мл глицерина. Отметьте изменение цвета раствора, объясните происходящие изменения.

Проведение качественных реакций на хлорид-ион Cl^-

20. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора нитрата серебра $AgNO_3$, добавьте по каплям до растворения осадка 10%-ный раствор аммиака $NH_4OH!$, а затем по каплям - раствор азотной кислоты HNO_3 . Объясните происходящие изменения.

21. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора ацетата свинца (II) $Pb(CH_3COO)_2$, затем нагрейте реакцию смесь до растворения осадка, после чего вновь охладите.

Проведение качественных реакций на бромид-ион Br^-

22. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора нитрата серебра $AgNO_3$. Проверьте растворимость осадка в концентрированном 25% растворе аммиака $NH_4OH!$ и растворе тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3$.

23. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 1 мл хлороформа $CHCl_3$ и 1-2 капли раствора серной кислоты H_2SO_4 ; затем по каплям при взбалтывании добавьте раствор хлорамина (хлорной воды).

24. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 1 каплю раствора серной кислоты H_2SO_4 ; затем по каплям добавьте раствор перманганата калия $KMnO_4$. Наблюдайте аналитический эффект реакции.

25. К порошку бромида натрия или калия добавьте 2 капли концентрированной серной кислоты H_2SO_4 и 2 капли раствора медного купороса $CuSO_4$.

Проведение качественных реакций на иодид-ион I^-

26. К 2 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора нитрата серебра $AgNO_3$. Проверьте растворимость полученного осадка в растворе аммиака.

27. В пробирку поместите 3 капли анализируемого раствора, добавьте 3 капли раствора ацетата свинца $Pb(CH_3COO)_2$, затем добавьте 1 мл воды очищенной, 2-3 капли раствора уксусной кислоты CH_3COOH , аккуратно нагрейте смесь до растворения осадка, затем охладите и наблюдайте выпадение осадка, отметьте его характер.

28. К 5 каплям анализируемого раствора добавьте 1 мл хлороформа $CHCl_3$, 3 капли раствора серной кислоты H_2SO_4 и по каплям раствор хлорной воды (или хлорамина), смесь взболтайте. Отметьте эффект реакции.

29. К 1 капле исследуемого раствора добавьте 1 каплю хлорной воды Cl_2/H_2O и 1 каплю крахмала. Наблюдайте аналитический эффект реакции.

30. На фильтровальную бумагу нанесите по 1 капле растворов иодида калия KI , соляной кислоты HCl , хлорида железа (III) $FeCl_3$. Отметьте происходящие изменения.

31. К 5 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора серной кислоты H_2SO_4 добавьте по каплям раствор нитрата натрия $NaNO_3$. Наблюдайте аналитический эффект реакции.

32. К 5 каплям анализируемого раствора добавьте 2 капли раствора серной кислоты H_2SO_4 и по каплям раствор перманганата калия $KMnO_4$. Отметьте происходящие изменения.

Проведение качественных реакций на нитрат-ион NO_3^-

33. На предметное стекло поместите 3 капли раствора дифениламина в концентрированной H_2SO_4 и 1 каплю исследуемого раствора, смесь перемешайте, наблюдайте эффект реакции.

34. В пробирку с 2-3 каплями охлажденного нитрата калия (натрия) бросьте несколько кристалликов сухой соли сульфата железа (II). Пробирку со смесью охладите снегом или льдом, и аккуратно прилейте по стенке пробирки охлажденную концентрированную серную кислоту из другой пробирки. При этом реакцию смесь продолжайте охлаждать. Наблюдайте появление «бурого кольца», которое быстро исчезает при сильном встряхивании пробирки или нагревании реакционной смеси до комнатной температуры.

35. Медную проволоку поместите в сухую пробирку, добавьте 5 капель раствора нитрата и 5 капель концентрированной серной кислоты H_2SO_4 !. Пробирку закройте, эффект наблюдайте во времени.

Анализ контрольной задачи на смесь анионов I – III аналитических групп.

Задание: Проведите анализ смеси анионов всех трёх аналитических групп. При этом последовательно делайте качественные реакции, отметьте аналитические эффекты реакций, проверьте растворимость осадков, исследование оформите в виде таблицы (см. приложение, таблица 3). Сделайте общий вывод о составе анионов в задаче.

Ход анализа смеси анионов I – III групп

Обнаружение анионов проводится дробным методом из отдельных порций задачи. При анализе смеси анионов всех трёх групп необходимо в первую очередь провести предварительные испытания и ориентировочно определить отсутствующие или присутствующие анионы.

Предварительные испытания.

1. Определение pH раствора. Если $\text{pH} > 7$ (щелочная среда), в задаче возможно присутствие всех анионов. Если $\text{pH} < 7$ (кислая среда), то в растворе отсутствуют анионы слабых кислот. Если $\text{pH} = 7$ (нейтральная

среда), можно предположить присутствие в задаче анионов только сильных кислот: NO_3^- ; SO_4^{2-} ; Cl^- ; Br^- .

2. Проба на присутствие анионов 1 группы. К 3 каплям задачи добавьте 2 капли раствора хлорида бария. Образование характерного белого осадка указывает на присутствие в задаче анионов 1 группы.
3. Проба на присутствие анионов 2 группы. К 2 каплям задачи прибавьте 2 капли раствора нитрата серебра и 5 капель раствора азотной кислоты. Образование характерного белого осадка указывает на присутствие в задаче анионов 2 группы (обратите внимание на цвет осадка).

Вопросы для самоконтроля

1. Почему анионы 1 группы нельзя осаждать хлоридом бария в кислой среде?
2. Почему анионы 2 группы необходимо осаждать азотнокислым нитратом серебра?
3. Какие анионы I - III групп разлагаются сильными кислотами с выделением газообразных продуктов? Каких? Как можно определить эти газы?
4. Общая характеристика анионов I - III групп, их роль в окружающей среде и действие на живой организм.
5. При добавлении к задаче раствора нитрата серебра выпал чёрный осадок. О чём это говорит?
6. При действии на раствор задачи хлорной водой органический слой окрасился в жёлтый цвет. О чём это говорит?
7. Как открывать хлорид-ионы в присутствии бромид-ионов?
8. Какие анионы можно открыть микрокристаллоскопически? Как это сделать?
9. Какие анионы можно обнаружить действием кислот? Какой аналитический эффект при этом наблюдается?

Глава 4. АНАЛИЗ НЕИЗВЕСТНОЙ СОЛИ

Практическое занятие № 6

Тема: Контрольная работа №1

«Определение качественного состава неизвестной соли».

Цель занятия: Совершенствование навыков проведения качественных реакций на ионы и определение качественного состава неизвестной соли.

Задачи:

1. Провести анализ неизвестной соли, определив с помощью характерных (специфических) реакций катион и анион.
2. Составить формулу исследованного вещества.
3. Совершенствовать умения составлять уравнения химических реакции в молекулярном и ионном видах; работать с химической посудой и оборудованием.
4. Закрепить умение работать в химической лаборатории, соблюдая правила охраны труда и противопожарной безопасности.
5. Развивать аналитическое мышление, умение систематизировать, анализировать, сравнивать.
6. Формировать познавательный интерес к предмету через использование химического эксперимента и связь изучаемой темы с жизнью, профессией.

Лабораторная работа

«Определение качественного состава неизвестной соли»

Задание: Проведите идентификацию катиона и аниона неизвестной соли. Работу оформите в виде таблицы (см. ниже).

Ход анализа

1. Предварительные испытания. Подготовка вещества к анализу

Для анализа отберите 0,1 г сухого вещества. Пробу рассмотрите и обратите внимание на:

1. *Цвет и характер кристаллов.* По цвету кристаллов можно предположить наличие или отсутствие отдельных ионов. Если кристаллы белые, то вещество не содержит цветных ионов.
2. *Запах.* Важный признак некоторых солей слабых основания или кислот.
3. *Проверка на окраску пламени.* Проведите проверку окраски пламени сухим кристалликом соли.
4. *Действие $2\text{NH}_2\text{SO}_4$.* Проверьте действие $2\text{NH}_2\text{SO}_4$ на часть сухой пробы без нагревания и при нагревании (или концентрированным раствором). При этом возможно выделение газов: CO_2 ; SO_2 ; H_2S ; NO_2 ; Cl_2 ; HCl ; HBr ; Br_2 .
5. *Растворение сухой пробы.* Проверьте растворимость сухого вещества в различных растворителях, используя небольшие порции вещества (10-15 мг). Сначала проверьте растворимость вещества в воде (без нагревания, при нагревании). Если вещество в воде не растворяется, то проверьте последовательно его растворимость (без нагревания, при нагревании) в следующих растворителях (в перечисленной последовательности): $2\text{NCH}_3\text{COOH}$; 2NHCl ; $2\text{NH}_2\text{SO}_4$; 2NHNO_3 , затем HCl !; H_2SO_4 !; HNO_3 ! и «царская водка». В качестве растворителей могут быть использованы также растворы щелочи, аммиака, некоторых солей.

***Растворимость сухого вещества в воде
и предварительные испытания раствора***

1. *Растворимость в воде.* Вещество может быть легко или трудно растворимо. Оно может не растворяться, или растворяться в воде при нагревании. Если вещество не растворяется в воде, растворите его в подходящем растворителе, раствор упарьте, остаток растворите в воде.
2. *Цвет раствора.* Окраска раствора может указать на присутствие или отсутствие тех или иных ионов.
3. *pH раствора.* Определяется универсальным индикатором.
 - Если $\text{pH} < 7$ – вещество или кислая соль, или соль, основанная сильной кислотой или слабым основанием. Если $\text{pH} = 2$, в растворе не может

быть солей слабых кислот, солей щелочных и щелочно-земельных металлов с уксусной и фосфорной кислотами.

- Если $pH > 7$ – вещество или основная соль, или соль, образованная слабой кислотой и сильным основанием. Если $pH=12$, в растворе не может быть солей слабых оснований.
- Если $pH=7$ – вещество соль, образованная сильными или слабыми кислотами и основаниями. Если среда нейтральная и раствор без осадка, в нем не может быть катионов, склонных к гидролизу.

II. Открытие катиона

- 1. Проба на катионы 1 группы и их открытие.* Катионы 1 группы есть, если не образуется осадок при добавлении к раствору задачи поташа или соды. Анализ проводится по схеме 1 группы.
- 2. Проба на катионы 2 группы и их открытие.* Катионы 2 группы есть, если образуется осадок при добавлении к раствору задачи $2NHCl$ и несколько капель этанола. Анализ проводится по схеме 2 группы.
- 3. Проба на катионы 3 группы и их открытие.* Катионы 3 группы есть, если образуется осадок при добавлении к раствору задачи смеси $2NH_2SO_4$ и этанола (1:1). Анализ проводится по схеме 3 группы.
- 4. Проба на катионы 4 группы и их открытие.* Катионы 4 группы есть, если образуется осадок, растворимый в избытке щелочи, при добавлении к раствору задачи KOH или $NaOH$. Катионы 4 группы открываются дробно.
- 5. Проба на катионы 5 группы и их открытие.* Катионы 5 группы есть, если образуется осадок, нерастворимый в избытке щелочи и раствора аммиака, при добавлении к раствору задачи KOH , $NaOH$ или $NH_3 \cdot H_2O$. Катионы 5 группы открываются дробно.
- 6. Проба на катионы 6 группы и их открытие.* Катионы 6 группы есть, если образуется осадок, нерастворимый в избытке щелочи, но растворимый в избытке раствора аммиака, при добавлении к раствору задачи KOH , $NaOH$ или $NH_3 \cdot H_2O$. Катионы 6 группы открываются дробно.

III. Открытие аниона

Пользуясь таблицей растворимости, можно заранее предсказать наличие или отсутствие тех или иных анионов в задаче. Пример, если в задаче есть катион бария, то в ней не может быть анионов 1 группы.

Обнаружение анионов проводится дробным методом из отдельных порций задачи.

IV. Оформление результатов

Результаты химического эксперимента по идентификации неизвестной соли оформите в виде таблицы:

Таблица 7

Анализ неизвестно соли

Задача №	Качественные реакции
на открытый катион	
на открытый анион	
Вывод	Формула открытой соли

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с современными требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по специальности 33.02.01. Фармация, направлено на формирование общих и профессиональных компетенций. Включает 4 главы и шесть практических занятий, согласно календарно-тематическому плану по учебной дисциплине. Объем учебного материала определен, исходя из требований к уровню подготовки специалистов со средним специальным образованием.

Пособие знакомит обучающихся с основными методами качественного анализа, содержит минимум практических знаний и умений по дисциплине, методические рекомендации для самостоятельной аудиторной работы по всем темам раздела аналитической химии «Качественный анализ».

В учебно-методическое пособие включены ситуационные задачи экспериментального характера, вопросы для самоконтроля, графические алгоритмы систематического хода анализа смеси ионов и справочные материалы, направленные на совершенствование усвоения практических умений. В приложении приведены образцы оформления дневника по лабораторным работам, эксперименту.

Настоящее пособие оказывает существенную методическую и практическую помощь студентам и преподавателям при подготовке к проведению занятий по дисциплине «Аналитическая химия».

Настоящее пособие в дальнейшем может быть использовано студентами 2 курса отделения «Фармация» для систематизации знаний по качественному анализу по ПМ.02. МДК.02. Контроль качества лекарственных средств, а также студентами 1 курса отделения «Лабораторная диагностика» для подготовки к лабораторным занятиям по дисциплине «Физико-химические методы анализа и техника лабораторных работ», в качестве справочного пособия для обучающихся по индивидуальному учебному плану.

В основу данного учебно-методического пособия положен многолетний опыт авторов в проведении практических занятий и исследовательской работы в ГАПОУ АО «Архангельский медицинский колледж». Пособие было апробировано при изучении учебной дисциплины «Аналитическая химия» на 2 курсе отделения «Фармация» базовый уровень образования, очная форма обучения.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ

(образец оформления таблицы лабораторных работ по качественному анализу, оформляется на развернутом листе тетради)

Ион	Реагент	Условия проведения опыта или методика	Аналитический эффект	Уравнения реакций	Свойства продуктов реакции

Таблица 2

АНАЛИЗ КОНТРОЛЬНОЙ ЗАДАЧИ НА КАТИОНЫ

№ операции	Исследуемое вещество	Реагент	Аналитический эффект	Уравнение реакции	Заключение
1.					
2.					

ВЫВОД: В задаче № присутствуют катионы

АНАЛИЗ КОНТРОЛЬНОЙ ЗАДАЧИ НА НАЛИЧИЕ АНИОНОВ В СМЕСИ

(образец оформления таблицы лабораторных работ по качественному анализу, оформляется на развернутом листе тетради)

Вывод о наличии анионов	Эффект	Реактив
		BaCl ₂
		AgNO ₃ NH ₄ OH! / HNO ₃
		H ₂ SO ₄ / HCl
		KMnO ₄ / H ₂ SO ₄
		Cl ₂ / H ₂ SO ₄
		FeCl ₃ / HCl
		NaNO ₂ / H ₂ SO ₄
		Pb(NO ₃) ₂
		MgSO ₄ / АБС
		J ₂
		Куркумовая бумага
		лакмус
		ф/ф + глицерин
		ДФА
		Cu SO ₄ / H ₂ SO ₄
		CaCl ₂
		Другие испытания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аналитическая химия: Учеб. для студ. сред. проф. учеб. заведений./ Ю. М. Глубоков [и др.]; ред. А. А. Ищенко. - 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр "Академия", 2013. – 320 с.
2. Барсукова, З.С. Аналитическая химия./ З.С. Барсукова. – М.: Высшая школа, 2012. – 228 с.
3. Жаркова, Г. М. Аналитическая химия. Качественный анализ/ Г.М. Жаркова, Э. Е. Петухова. – С-Пб.: Химия, 2013. – 328 с.
4. Логинов, Н.Я. Аналитическая химия/ Н.Я. Логинов, А.Г. Воскресенский, И.С. Солодкин. – М.: Просвещение, 2010.– 456 с.
5. Общая химия./ Под ред. Ершова – М.: Высшая школа, 2012. – 118 с.
6. Основы аналитической химии. в 2-х книгах. /под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2015. – 808 с.
7. Пилипенко, А.Т. Аналитическая химия. в 2-х книгах./ А.Т. Пилипенко, И.В. Пятницкий - М., Химия, 2014. – 916 с.
8. Полеев, М.Э. Аналитическая химия / М.Э. Полеев, И.Н. Душечкина. – М.: Медицина, 2010. – 186 с.
9. Пономарев, В.Д. Аналитическая химия./ В.Д. Пономарев. – М.: Медицина, 2011. – 396 с.
10. Харитонов, Ю.Я. Аналитическая химия. в 2-х книгах / Ю.Я. Харитонов. – М.: Высшая школа, 2011. – 1008 с.