

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ
Запорожский государственный медицинский университет
Кафедра аналитической химии

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ
(конспект)

Смысловой модуль 1

Учебно-методическое пособие
для преподавателей и студентов 2 курса
медицинского факультета по специальности
«Лабораторная диагностика»

Запорожье 2015

Учебно-методическое пособие составили:

доктор фармацевтических наук С. А. Васюк
кандидат фармацевтических наук А. С. Коржова

Рецензенты:

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

Учебно-методическое пособие утверждено:
на заседании Цикловой методической комиссии физико-химических дисциплин
Запорожского государственного медицинского университета (протокол № _____
от _____).
на заседании Центрального методического совета Запорожского государственного
медицинского университета (протокол № _____ от _____) и рекомендовано для
применения в учебном процессе студентами 2 курса медицинского факультете по
специальности «Лабораторная диагностика».

ПРЕДИСЛОВИЕ

Аналитическая химия изучается в соответствии с образовательно-квалификационной характеристикой и образовательно-профессиональной программой подготовки специалистов, утвержденных приказом МОН Украины от 16.04.2003 года № 239.

Согласно учебного плана для студентов медицинского факультета специальности «Лабораторная диагностика» аналитическую химию изучают в III семестре.

Программа дисциплины состоит из 1 модуля – «Аналитическая химия», в состав которого входят 3 смысловых модуля:

1. Аналитическая химия. Качественный анализ.
2. Аналитическая химия. Количественный анализ.
3. Инструментальные методы анализа.

Занятие № 1

ТЕМА: Правила работы и техника безопасности в химико-аналитической лаборатории. Введение в качественный анализ. Качественные реакции катионов I аналитической группы (K^+ , Na^+ , NH_4^+).

ЦЕЛЬ: Усвоить правила работы и технику безопасности в химико-аналитической лаборатории, сформировать знания по основным понятиям и методам аналитической химии, химико-аналитическим свойствам соединений катионов I аналитической группы (K^+ , Na^+ , NH_4^+) и умения выполнять и применять в анализе реакции катионов I аналитической группы.

Учебные вопросы для самоподготовки студентов

1. Предмет и задачи аналитической химии. Основные понятия аналитической химии.
2. Принципы и методы качественного анализа. Классификация методов анализа.
3. Что понимают под аналитическими признаками веществ?
4. Какие реакции называют аналитическими? Требования, предъявляемые к аналитическим реакциям. Какого типа реакции используют в качественном анализе?
5. Способы выполнения аналитических реакций.
6. Типы аналитических реакций и реагентов. Что такое групповой реагент?
7. Понятие дробного анализа и систематического хода анализа. В чем отличие дробного анализа от систематического?
8. Различные аналитические классификации катионов по группам.
9. Кислотно-основная классификация катионов по группам (на чем основана, какие вещества применяются в качестве групповых реагентов).
10. Дайте общую характеристику катионов I аналитической группы (K^+ , Na^+ , NH_4^+). Раскройте связь аналитических свойств катионов с электронным строением и положением в периодической системе Д.И. Менделеева соответствующих элементов. Что объединяет катионы K^+ , Na^+ , NH_4^+ в одну аналитическую группу? Почему на катионы I аналитической группы нет группового реагента?
11. Качественные реакции обнаружения катионов I аналитической группы и условия их проведения.

Литература:

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 5-20, 149-166, 183-185.
3. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 6-22, 288-291, 320-326, 344-353.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Характерные реакции катионов I аналитической группы

Реакции K^+ -ионов

1. Реакция с гидротартратом натрия или винной кислотой

2. Реакция с гексанитрокобальтатом(III) натрия
3. Реакция с гексанитрокупратом(II) свинца и натрия (микрористаллоскопическая)
4. Реакция окрашивания пламени

Реакции Na^+ -ионов

1. Реакция с цинкуранилацетатом (микрористаллоскопическая)
2. Реакция окрашивания пламени

Реакции NH_4^+ -ионов

1. Реакция с гидроксидами щелочных металлов
2. Реакция с реактивом Несслера

Занятие № 2

ТЕМА: Качественные реакции катионов II аналитической группы (Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+}) и III аналитической группы (Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}).

ЦЕЛЬ: Сформировать знания по теоретическим основам сильных электролитов, по применению реакций образования и растворения осадков в качественном анализе, химико-аналитическим свойствам соединений катионов II (Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+}) и III (Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}) аналитических групп и умения выполнять и применять в анализе реакции катионов II и III аналитической группы.

Учебные вопросы для самоподготовки студентов

1. Основные положения теории сильных электролитов и применение этой теории в качественном анализе.
2. Ионная сила растворов, активность ионов, коэффициент активности, связь между ними и расчет этих характеристик.
3. Гетерогенные равновесия в системе «осадок-раствор».
4. Способы выражения растворимости малорастворимого электролита.
5. Произведение растворимости малорастворимого электролита (термодинамическое и концентрационное). Взаимосвязь между растворимостью и произведением растворимости. Как по величине ПР можно судить о растворимости осадков?
6. Какие реагенты называют групповыми? Требования, предъявляемые к групповым реагентам.
7. Дайте химико-аналитическую характеристику катионов II и III аналитических групп.
8. Качественные реакции обнаружения катионов II и III аналитических групп и условия их проведения.

Литература:

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 16-20, 109-124, 167-168, 177-183, 206-215, 229-230, 232-233, 247-248.
3. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 54-66, 84-108, 353-372.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Характерные реакции катионов II аналитической группы

Реакции Ag^+ -ионов

1. Реакция восстановления формальдегидом

Реакции Hg_2^{2+} -ионов

1. Реакции восстановления с медной пластинкой
2. Реакция с хроматами

Реакции Pb^{2+} -ионов

1. Реакция с йодидами

Характерные реакции катионов III аналитической группы

Реакции Ba^{2+} -ионов

1. Реакция с родизонатом натрия (капельная реакция)
2. Реакция с дихроматом калия
3. Проба на окрашивание пламени

Реакции Sr^{2+} -ионов

1. Реакция с родизонатом натрия (капельная реакция)
2. Проба на окрашивание пламени

Реакции Ca^{2+} -ионов

1. Реакция с оксалатом аммония
2. Проба на окрашивание пламени

Занятие № 3

ТЕМА: Качественные реакции катионов IV аналитической группы (Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} , As^{III} , As^{V} , Sn^{2+} , Sn^{IV}), V аналитической группы (Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Bi^{3+} , Sb^{III} , Sb^{V}) и VI аналитической группы (Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}).

ЦЕЛЬ: Сформировать знания по теоретическим основам применения протолитических равновесий и реакций комплексообразования в качественном анализе, химико-аналитическим свойствам соединений катионов IV-VI аналитических групп и умения выполнять и применять в анализе качественные реакции катионов IV-VI аналитических групп.

Учебные вопросы для самоподготовки студентов

1. Протолитические равновесия в водных растворах электролитов.
2. Взаимосвязь между величинами констант кислотности или основности, показателями этих констант и силой кислоты или основания.

3. Расчет pH в водных растворах сильных и слабых кислот, сильных и слабых оснований, буферных систем и солей, образованных слабым основанием и слабой кислотой.
4. Охарактеризуйте аналитические свойства катионов IV аналитической группы на основании положения их элементов в периодической системе Д. И. Менделеева.
5. Качественные реакции обнаружения катионов IV аналитической группы и условия их проведения (см. п. 5).
6. Комплексные соединения, их состав и строение.
7. Равновесия в растворах комплексных соединений. Устойчивость комплексных соединений.
8. Общая характеристика катионов V и VI аналитических групп.
9. Качественные реакции обнаружения катионов V и VI аналитических групп и условия их проведения (см. п. 5).

Литература:

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 37-43, 46-63, 216-222, 230-231, 237-245.
3. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 110-145, 372-383.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Характерные реакции катионов IV аналитической группы

Реакции Al^{3+} -ионов

1. Реакция с ализарином

Реакции Cr^{3+} -ионов

1. Действие окислителей (H_2O_2) в щелочной среде

а) обнаружение CrO_4^{2-} -ионов солями бария или свинца

б) обнаружение CrO_4^{2-} -ионов переводением их в надхромовую кислоту

Реакции Zn^{2+} -ионов

1. Реакция с сульфидом натрия

2. Реакция с нитратом кобальта (образование «зелени Ринмана»)

3. Реакция с дитизионом

Реакции AsO_3^{3-} (As^{III}) и AsO_4^{3-} (As^V) - ионов

1. Реакция восстановления As^{III} и As^V до арсина действием Zn (Mg) в кислой среде и последующее обнаружение арсина бумагой, пропитанной раствором $AgNO_3$ или $HgCl_2$

Реакции Sn^{2+} -ионов

1. Реакция восстановления солей висмута

Характерные реакции катионов V и VI аналитических групп

Реакции Mg^{2+} -ионов

1. Реакция с гидрофосфатом натрия

Реакции Fe^{2+} -ионов

1. Реакция с гексацианоферратом(III) калия

2. Реакция с диметилглиоксимом (диацетилдиоксимом)

Реакции Fe^{3+} -ионов

1. Реакция с гексацианоферратом(II) калия

2. Реакция с тиоцианатом аммония

3. Реакция с сульфосалициловой кислотой

Реакции сурьмы(III) и сурьмы(V)

1. Гидролиз солей $Sb(III)$ и $Sb(V)$

Реакции Bi^{3+} -ионов

1. Реакция гидролиза

2. Реакция с йодидом калия

Реакции Cu^{2+} -ионов

1. Реакция с гексацианоферратом(II) калия

2. Проба на окрашивание пламени

Реакции Hg^{2+} -ионов

1. Реакция с йодидом калия

Реакции Co^{2+} -ионов

1. Реакция с тиоцианатом аммония

2. Реакция с α -нитрозо- β -нафтолом

Реакции Ni^{2+} -ионов

1. Реакция с диметилглиоксимом (диацетилдиоксимом)

Реакции Cd^{2+} -ионов

1. Реакция с сероводородом или сульфидами

2. Реакция с дитизоном

Занятие № 4

ТЕМА: Семинарское занятие по теории и практике анализа катионов I-VI аналитических групп.

ЦЕЛЬ: Сформировать системные знания по теоретическим основам и практике анализа катионов I-VI аналитических групп, проверить усвоение студентами пройденного материала и умение применять его в анализе катионов.

Вопросы по изученному разделу качественного анализа

I. Введение в качественный анализ

1. Предмет и задачи аналитической химии, основные понятия, принципы и методы качественного химического анализа.
2. Сущность и задачи качественного анализа. Классификация методов качественного анализа. Дробный и систематический анализ.
3. Химико-аналитические свойства соединений и их связь с положением соответствующих элементов в Периодической системе Д. И. Менделеева.
4. Аналитические реакции, способы их выполнения. Специфические, селективные и групповые реакции и реагенты.

II. Теория растворов электролитов в аналитической химии

1. Основные положения теории сильных электролитов и применение этой теории в качественном анализе.
2. Ионная сила растворов, активность ионов, коэффициент активности, связь между ними и расчет этих характеристик.
3. Закон действующих масс и константа химического равновесия. Направление реакций и смещение химического равновесия.

III. Гетерогенные равновесия в системе осадок-насыщенный раствор малорастворимого электролита

1. Применение закона действующих масс к равновесным системам осадок-насыщенный раствор малорастворимого электролита. Способы выражения растворимости малорастворимого электролита. Произведение растворимости малорастворимого электролита.
2. Образование и растворение осадков, факторы, влияющие на эти процессы. Применение процессов осаждения в химическом анализе.

IV. Протолитические равновесия в аналитической химии

1. Протолитическая теория кислот и оснований, типы протолитов.
2. Применение закона действующих масс к кислотно-основным равновесиям и их роль в аналитической химии.
3. Протолитическое равновесие в воде. Характеристики слабых электролитов, сила кислот и оснований, константы кислотности и основности, pK_a и pK_b .
4. Расчет pH и pOH в водных растворах кислот, оснований, амфолитов.

V. Реакции комплексообразования в аналитической химии

1. Комплексные соединения, их состав, строение, типы связей.

2. Применение закона действующих масс к реакциям комплексообразования. Константа образования и константа нестойкости комплексных соединений, как они характеризуют прочность комплексного иона и какова связь между ними.
3. Значение комплексных соединений в аналитической химии. Примеры использования реакций комплексообразования в анализе катионов IV-VI аналитических групп для разделения, маскирования и обнаружения катионов. Условие растворения осадков при добавлении комплексообразующих реагентов.
4. Органические реагенты в аналитической химии.

VI. Химико-аналитические свойства и анализ катионов I-VI аналитических групп

1. Аналитические классификации катионов, их достоинства и недостатки.
2. Кислотно-основная классификация. Принцип разделения катионов на аналитические группы и групповые реагенты. Дробный и систематический ход анализа.
3. Химико-аналитические свойства соединений катионов I-VI аналитических групп по кислотно-основной классификации. Действие групповых реагентов.
4. Качественные реакции катионов I-VI аналитических групп.

Литература:

1. Лурье Ю.Ю., Справочник по аналитической химии. – 6-е изд. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
2. Пономарев В. Д. Аналитическая химия. Ч. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 37-85, 27-35, 189-193, 216-249.
3. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 110-145, 179-232, 372-417.

Занятие № 5

ТЕМА: Качественные реакции анионов I аналитической группы (SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, PO_4^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-} , $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$), II аналитической группы (Cl^- , Br^- , I^- , SCN^- , S^{2-} , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$) и III аналитической группы (NO_3^- , NO_2^- , BrO_3^- , CH_3COO^- , $\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOO}^-$).

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

Учебные вопросы для самоподготовки студентов

1. Сущность окислительно-восстановительных реакций.
2. Понятие электродного потенциала, природа его возникновения, расчет величины электродного потенциала (уравнение Нернста). Понятие редокс-пары.
3. Как величина стандартного редокс-потенциала характеризует окислительно-восстановительные свойства редокс-пары?
4. Влияние различных факторов на величину редокс-потенциала.
5. Электродвижущая сила (ЭДС) системы, константа равновесия (K_p) реакций окисления-восстановления, формулы их расчета.
6. Возможность, направление и полнота протекания реакций окисления-восстановления.
7. Общая характеристика анионов и аналитические классификации анионов по группам.

8. Качественные реакции обнаружения анионов аналитических групп и условия их проведения (см. п. 5).

Литература:

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 85-104, 250-269.
3. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 146-175, 418-500.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Характерные реакции анионов I аналитической группы

Реакции SO_4^{2-} -ионов

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

Реакции SO_3^{2-} -ионов

1. Реакция с минеральными кислотами.
2. Реакция с йодной или бромной водой.

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

1. Реакция с минеральными кислотами.
2. Реакция с йодной водой.

3. Реакция с нитратом серебра.

Реакции PO_4^{3-} -ионов

1. Реакция с нитратом серебра.

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

1. Реакция окрашивания пламени сложными эфирами борной кислоты.

Реакции CO_3^{2-} -ионов

1. Реакция с минеральными кислотами.

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

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

Характерные реакции анионов II аналитической группы

Реакции Cl^- -ионов

1. Реакция с окислителями (KMnO_4).

Реакции Br^- -ионов

1. Реакция с окислителями (хлорная вода).

Реакции I^- -ионов

1. Реакция с окислителями (хлорная вода).

Реакции SCN^- -ионов

1. Реакция с солями кобальта(II).

Реакции S^{2-} -ионов

1. Реакция с минеральными кислотами.
2. Реакция с солями кадмия.

Характерные реакции анионов III аналитической группы

Реакции NO_3^- -ионов

1. Реакция с антипирином.

Реакции NO_2^- -ионов

1. Реакция с антипирином.

Реакции ацетат-ионов CH_3COO^-

1. Реакция с минеральными кислотами.
2. Реакция образования эфиров.

Занятие № 6

ТЕМА: Семинарское занятие по теории и практике анализа анионов. Письменное тестирование.

ЦЕЛЬ: Проверить усвоение студентами пройденного материала и умение применять его в качественном анализе.

Вопросы по изученному разделу качественного анализа

1. Окислительно-восстановительные равновесия в аналитической химии

1. Окислительно-восстановительные реакции, их механизм.
2. Окислительно-восстановительные потенциалы редокс-пар.

3. Потенциал реакции (ЭДС). Направление протекания окислительно-восстановительных реакций.
4. Влияние различных факторов на значения ОВ потенциалов и направление протекания реакций окисления-восстановления.
5. Полнота протекания окислительно-восстановительных реакций. Константы равновесия ОВР.
6. Использование окислительно-восстановительных реакций в качественном анализе.

II. Химико-аналитические свойства и анализ анионов

1. Общая характеристика анионов. Аналитические классификации анионов. Принцип разделения анионов на аналитические группы и групповые реагенты. Роль групповых реагентов в анализе анионов.
2. Химико-аналитические свойства анионов I-III аналитических групп.
3. Качественные реакции анионов I аналитической группы (SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, PO_4^{3-} , $\text{V}_4\text{O}_7^{2-}$, CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-} , $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$), II аналитической группы (Cl^- , Br^- , I^- , SCN^- , S^{2-} , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$) и III аналитической группы (NO_3^- , NO_2^- , BrO_3^- , CH_3COO^- , $\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOO}^-$).

Литература:

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 85-104, 250-270.
3. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 146-176, 233-262, 450-500.

Занятие № 6

ТЕМА: Семинарское занятие по теории и практике анализа анионов. Письменное тестирование.

ЦЕЛЬ: Проверить усвоение студентами пройденного материала и умение применять его в качественном анализе.

Вопросы по изученному разделу качественного анализа

I. Окислительно-восстановительные равновесия в аналитической химии

7. Окислительно-восстановительные реакции, их механизм.
8. Окислительно-восстановительные потенциалы редокс-пар.
9. Потенциал реакции (ЭДС). Направление протекания окислительно-восстановительных реакций.
10. Влияние различных факторов на значения ОВ потенциалов и направление протекания реакций окисления-восстановления.
11. Полнота протекания окислительно-восстановительных реакций. Константы равновесия ОВР.
12. Использование окислительно-восстановительных реакций в качественном анализе.

II. Химико-аналитические свойства и анализ анионов

4. Общая характеристика анионов. Аналитические классификации анионов. Принцип разделения анионов на аналитические группы и групповые реагенты. Роль групповых реагентов в анализе анионов.
5. Химико-аналитические свойства анионов I-III аналитических групп.
6. Качественные реакции анионов I аналитической группы (SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, PO_4^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-} , $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$), II аналитической группы (Cl^- , Br^- , I^- , SCN^- , S^{2-} , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$) и III аналитической группы (NO_3^- , NO_2^- , BrO_3^- , CH_3COO^- , $\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOO}^-$).

Литература:

1. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 480 с.
2. Пономарев В.Д. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 85-104, 250-270.
3. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 146-176, 233-262, 450-500.