НФаУ

Дисципліна «Аналітична хімія»
Модуль 1

РОБОЧИЙ ЗОШИТ ДЛЯ АУДИТОРНОЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА АНАЛІТИЧНОЇХІМІЇ

Дисципліна «Аналітична хімія»
Модуль 1

РОБОЧИЙ ЗОШИТ ДЛЯ АУДИТОРНОЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Здобувач__ курсу _____ групи

_____
(прізвище, ім'я)

_____
(навчальний рік)

Харків
НФаУ
2019

УДК 543(075.8)
Р 58

Автори: І. С. Гриценко, С. В. Колісник, І. Ю. Петухова, О. Г. Кизим.

Рецензенти:

С. В. Баюрка, завідувач кафедри лікарської та аналітичної токсикології Національного фармацевтичного університету, професор, доктор фармацевтичних наук.

М. Є. Блажеєвський, доктор хімічних наук, професор кафедри фізичної та колоїдної хімії Національного фармацевтичного університету.

Рекомендовано ЦМР Національного фармацевтичного університету (протокол №4 від 16.06.2019 р.)

Р 58 **Робочий** зошит для аудиторної самостійної роботи здобувачів вищої освіти заочної форми навчання з дисципліни «Аналітична хімія» Модуль 1. / І. С. Гриценко, С. В. Колісник,І.Ю. Петухова та ін.– Харків : НФаУ, 2019. – 38 с.

Робочий зошит створено за освітньою програмою з дисциплін «Аналітична хімія». Видання містить лабораторні роботи з Модуля 1 з якісного та кількісного (кислотно-основне титрування) методів аналізу, а також тестові питання для самопідготовки до ліцензійного іспиту КРОК 1.

Призначено для аудиторної самостійної роботи здобувачів вищої освіти заочної форми навчання.

УДК 543(075.8)

© ГриценкоІ. С., КолісникС. В.,
Петухова І.Ю., Кизим О.Г. 2019
© НФаУ, 2019

ЗМІСТ

Вступ	4
Якісний аналіз. Кислотно-основна класифікація катіонів. Якісні реакції катіонів I аналітичної групи K^+, Na^+, NH_4^+…….	5
Кислотно-основна класифікація катіонів. Якісні реакції катіонів II аналітичної групи Ag^+, Hg_2^{2+}, Pb^{2+}……	8
Кислотно-основна класифікація катіонів. Якісні реакції катіонів III аналітичної групи Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}……..	10
Кислотно-основна класифікація катіонів. Якісні реакції катіонів IV аналітичної групи Al^{3+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Sn^{2+}, Sn(IV), As(III), As(V)……...	13
Кислотно-основна класифікація катіонів. Якісні реакції катіонів V аналітичної групи Mg^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Bi^{3+}, Sb(III), Sb(V)…….	17
Кислотно-основна класифікація катіонів. Якісні реакції катіонів VI аналітичної групи Cu^{2+}, Hg^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}……	21
Якісні реакції аніонів I аналітичної групи…….	24
Якісні реакції аніонів II аналітичної групи……	28
Якісні реакції аніонів III аналітичної групи……..	31
Кількісний аналіз. Титриметричний аналіз. Кислотно-основне титрування. ……	34
Зворотне кислотно-основне титрування……	36
Список літературних джерел та інформаційних ресурсів	37

Вступ

Робочий зошит для аудиторної самостійної роботи здобувачів вищої освіти заочної форми навчання створено за освітньою програмою з дисципліни «Аналітична хімія», спеціальності 226 Фармація, промислова фармація.

Робочий зошит містить лабораторні роботи з Модуля 1 якісний аналіз (Якісні реакції визначення катіонів I-VI аналітичних груп. Якісні реакції визначення аніонів I-III аналітичних груп) та кількісний аналіз (кислотно-основне титрування: визначення масової відсоткової частки гідролізуючих солей способом окремих наважок та способом піпеткування і зворотне титрування) а також наведені тестові питання для самопідготовки до ліцензійного іспиту КРОК 1.

Призначено для аудиторної самостійної роботи здобувачів вищої освіти заочної форми навчання з дисципліни «Аналітична хімія», спеціальності 226 Фармація, промислова фармація.

ЯКІСНИЙ АНАЛІЗ

ЗАНЯТТЯ №___

Тема: Кислотно-основна класифікація катіонів.
Катіони I-VI аналітичних груп.

1. Якісні реакції катіонів I аналітичної групи K^+, Na^+,NH_4^+.

1.1. Реакції катіонів калію.

1.1.1.* Дія розчину натрій гідрогентартрату ($NaHC_4H_4O_6$).

До 3 - 4 крапель розчину калій хлориду додають 3 - 4 краплі розчину $NaHC_4H_4O_6$ і потирають внутрішні стінки пробірки скляною паличкою.

$K^+ + HC_4H_4O_6^- \rightleftharpoons$

1.1.2. Дія розчину тартратної кислоти.

До 3 - 4 крапель розчину калій хлориду додають 3 - 4 краплі розчину тартратної кислоти в присутності натрій сульфіду при охолодженні розчину. Для зв'язування іонів гідрогену при ідентифікації іонів калію з тартратною кислотою використовують розчин ацетату натрію.

$H_2C_4H_4O_6 + CH_3COO^- \rightleftharpoons HC_4H_4O_6^- + CH_3COOH$

$K^+ + HC_4H_4O_6^- \rightleftharpoons KHC_4H_4O_6\downarrow$ ***білий кристалічний осад***

Йони амонію заважають визначенню йонів калію, тому що вони теж утворюють аналогічний осад.

1.1.3.* Дія розчину натрій гексанітрокобальтату(III) ($Na_3[Co(NO_2)_6]$).

До 2 - 3 крапель розчину калій хлориду додають 2 краплі розчину $Na_3[Co(NO_2)_6]$.

$2K^+ + Na^+ + [Co(NO_2)_6]^{3-} \rightleftharpoons$

1.1.4. .* Дія розчину натрій тетрафенілборату $Na[B(C_6H_5)_4]$.

До 3 - 4 крапель розчину калій хлориду додають 3-4 краплі розчину $Na[B(C_6H_5)_4]$.

$K^+ + [B(C_6H_5)_4]^- \rightleftharpoons K[B(C_6H_5)_4]\downarrow$ ***білий кристалічний осад***

1.1.5.Реакція забарвлення полум'я

Солі калію забарвлюють безбарвне полум'я пальника у фіолетовий колір. Для усунення впливу, що маскує, солей Na^+-іона полум'я розглядають крізь синє скло, яке поглинає жовте забарвлення.

1.2. Реакції катіонів натрію.

1.2.1.* Дія розчину калій гексагідроксостибату(V) $K[Sb(OH)_6]$.

До 3 - 4 крапель розчину натрій хлориду додають 3 –4 краплі розчину $K[Sb(OH)_6]$, внутрішні стінки пробірки потирають скляною паличкою.

$Na^+ + [Sb(OH)_6]^- \rightleftharpoons$

1.2.2. Мікрокристалоскопічна реакція - дія розчину цинк триураніл октаацетату $Zn(UO_2)_3(CH_3COO)_8$.

На предметне скло наносять краплю розчину натрій хлориду. Обережно випаровують майже насухо на водяній бані. Після охолодження сухий залишок обробляють краплею розчину цинк триураніл октаацетату - $Zn(UO_2)_3(CH_3COO)_8$. Під мікроскопом кристали мають вигляд правильних октаедрів або тетраедрів лимонного кольору.

$$Na^+ + Zn^{2+} + 3UO_2^{2+} + 8CH_3COO^- + CH_3COOH + 9H_2O \rightleftharpoons NaZn(UO_2)_3(CH_3COO)_9 \cdot 9H_2O\downarrow + H^+$$

кристали лімоного кольору

1.2.3.*Дія розчину (R,S)-2-метокси-2-фенілацетатної кислоти $C_6H_5CH(OCH_3)COOH$ ($C_9H_{10}O_3$) (метоксифенілоцтова кислота).

До 3- 4 крапель розчину натрій хлориду додають 3 – 4 краплі розчину метоксифенілоцтової кислоти.

$$Na^+ + 2C_6H_5CH(OCH_3)COOH \rightleftharpoons C_6H_5CH(OCH_3)COOH \cdot C_6H_5CH(OCH_3)COONa\downarrow + H^+$$

білий кристалічний осад

1.2.4. Реакція забарвлення полум'я

Солі натрію забарвлюють безбарвне полум'я пальника в жовтий колір.

1.3. Реакції катіонів амонію.

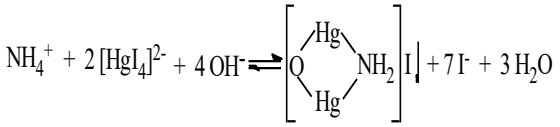
1.3.1. * Дія розчину лугів (NaOH або KOH).

До 3 - 4 крапель розчину солі амонію додають 3-4 краплі 2М розчину NaOH і нагрівають. До отвору пробірки, не торкаючись її стінок, підносять смужку фільтрувального паперу, змоченого розчином фенолфталеїну, або вологий червоний лакмусовий папір.

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O \overset{\Delta}{\rightleftharpoons}$$

1.3.2. *Дія реактиву Несслера (дикалій тетрайодомеркурат у суміші з калій гідроксидом) $K_2[HgI_4]$ + KOH.

До 2 - 3 крапель розбавленого розчину солі амонію додають 2 - 3 краплі реактиву Неслера.



ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Яким аналітичним ефектом супроводжується реакція виявлення катіонів калію при дії натрію гідротартрату? **A.** Жовтий осад **B.** Білий кристалічний осад **C.** Жовте забарвлення розчину **D.** Білий аморфний осад **E.** Бурий осад
2. Для зв'язування іонів гідрогену при ідентифікації іонів калію з винною кислотою використовують розчин: **A.** Аміаку **B.** Ацетату натрію **C.** Гідроксиду натрію **D.** Сульфатної кислоти **E.** Соляної кислоти
3. Солі якого катіону забарвлюють полум'я у фіолетовий колір?

A. Барію
B. Натрію
C. Стронцію
D. Калію
E. Кальцію

4. При проведенні реакції іонів натрію з гексагідроксоантимонатом (V) калію в нейтральному середовищі утворюється осад. Вкажіть, якого кольору вказаний осад?
A. Зелений
B. Червоний
C. Жовтий
D. Білий
E. Блакитний

5. Хімік-аналітик проводить якісний систематичний аналіз суміші катіонів першої аналітичної групи. Який катіон визначають на початку дослідження специфічною реакцією?
A. Арґентуму
B. Калію
C. Натрію
D. Літію
E. Амонію

6. До І аналітичної групикатіонів за кислотно-основною класифікацією належать такі катіони:
A. Натрію, калію, амонію
B. Кальцію, стронцію, барію
C. Аргентуму, плюмбуму, нікелю
D. Алюмінію, магнію, цинку
E. Калію, барію, бісмуту

7. Чому катіони І аналітичної групи (кислотно-основна класифікація) не мають групового реагенту?
A. Мають великі іонні радіуси
B. Мають близькі іонні радіуси
C. Більшість їх солей розчинні у воді
D. Мають здатність утворювати розчинні основи
E. Належать до біологічно важливих елементів

8. В лабораторії необхідно ідентифікувати катіон амонію. Можна використати розчин:
A. Реактиву Чугаєва
B. Калію хромату
C. Цинкуранілацетату
D. Реактиву Несслера
E. Натрію сульфату

8. Досліджуваний розчин містить катіони амонію і натрію. Вкажіть реагент, який дозволяє виявити в цьому розчині катіони натрію:
A. Калію бензоат
B. Калію оксалат
C. Калію тетрайодо-меркурат(II)
D. Калію гідротартрат
E. Цинкуранілацетат

9. Який аналітичний ефект спостерігається під час визначення катіону калію розчином натрію гексанітрокобальтату (III)?
A. Червоний кристалічний осад
B. Білий кристалічний осад
C. Жовте забарвлення розчину
D. Чорний кристалічний осад
E. Жовтий кристалічний осад

10. У фармакопейному аналізі для ідентифікації іонів натрію використовують реакцію з:
A. 8-оксихіноліном
B. 2-метоксі-2-фенілоцтовою кислотою
C. Дифеніламіном
D. Діацетилдіоксимом
E. Тетрафенілборатом

2. Якісні реакції катіонів II аналітичної групи Ag^+, Hg_2^{2+}, Pb^{2+}.

2.1. Дія групового реагенту (2 М розчин HCl).

До 2-3 крапель розчинів солей аргентуму, плюмбуму та меркурію (I) додають по 2-3 краплі розчину HCl.

$Ag^+ + Cl^- \rightleftharpoons$ $K_s^0 = 1{,}78 \cdot 10^{-10}$

$Hg_2^{2+} + 2Cl^- \rightleftharpoons$ $K_s^0 = 1{,}3 \cdot 10^{-18}$

$Pb^{2+} + 2Cl^- \rightleftharpoons$ $K_s^0 = 1{,}6 \cdot 10^{-5}$

2.2.Розчинність плюмбум (II) хлориду в гарячій воді.

Плюмбум(II) хлорид має найбільшу розчинність серед хлоридів катіонів II аналітичної групи, тому він повністю розчиняється в гарячій воді.

$PbCl_2\downarrow \rightarrow$

2.2. Реакції катіонів плюмбуму.

2.2.1. Дія розчину калій йодиду (KI).

До 2-3 крапель розчину солі плюмбуму додають по 2-3 краплі розчину KI.

$Pb^{2+} + 2I^- \rightleftharpoons$

2.2.2. Дія розчину калій хромату (K_2CrO_4).

До 2-3 крапель розчину солі плюмбуму додають по 2-3 краплі розчину K_2CrO_4.

$Pb^{2+} + CrO_4^{2-} \rightleftharpoons$

2.2.3. Дія розчину лугів.

До 2-3 крапель розчину солі плюмбуму додають 2-3 краплі розчину NaOH або KOH.

$$Pb^{2+} + 2OH^- \rightleftharpoons Pb(OH)_2\downarrow \textit{білий осад}$$

2.2.4. Дія розчину сульфатів.

До 2-3 крапель розчину солі плюмбуму додають 2-3 краплі розчину 1М сульфатної кислоти.

$$Pb^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons PbSO_4\downarrow \textit{білий осад}$$

2.3. Реакції катіонів аргентуму.

2.3.1. Дія розчину амоніаку ($NH_3 \cdot H_2O$).

До 2-3 крапель розчину арґентуму хлориду (отриманого у реакції 2.1) додають спочатку по 2-3 краплі розчину $NH_3 \cdot H_2O$, а потім його надлишок.

$$AgCl\downarrow + 2NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$$

До отриманого водорозчинного амоніачного комплексу солі арґентуму додають 2-3 краплі концентрованого розчину нітратної кислоти.

$$[Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^- + HNO_3\,(к) \rightarrow AgCl\downarrow \textit{білий осад}$$

2.3.2. Дія розчину лугів.

До 2-3 крапель розчину арґентум нітрату додають 2-3 краплі розчину NaOH або KOH.

$$Ag^+ + OH^- \rightleftharpoons AgOH\downarrow \textit{ білий осад}$$
$$2AgOH\downarrow \rightarrow Ag_2O\downarrow + H_2O \textit{ бурий осад}$$

2.3.3. Дія розчину сульфатів .

До 2-3 крапель розчину солі плюмбуму додають 2-3 краплі розчину 1М сульфатної кислоти.

$$2Ag^+ + SO_4^{2-} \rightleftharpoons Ag_2SO_4\downarrow \textit{білий осад}$$

2.4. Реакції катіонів меркурію.

2.4.1. Дія розчину амоніаку ($NH_3 \cdot H_2O$).

До 2-3 крапель розчину меркурію (I) хлориду (отриманого у реакції 2.1) додають спочатку по 2-3 краплі розчину $NH_3 \cdot H_2O$, а потім його надлишок.

$Hg_2Cl_2\downarrow + 2NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$

$[NH_2Hg_2]Cl\downarrow \rightarrow$

2.4.2. Дія розчинулугів.

До 2-3 крапель розчину солі меркурію (I) додають 2-3 краплі розчину NaOH або KOH.

$$Hg_2^{2+} + 2OH^- \rightleftharpoons Hg_2O\downarrow + H_2O \quad \textit{чорний осад}$$

2.4.3. Дія розчину сульфатів .

До 2-3 крапель розчину солі меркурію (I) додають 2-3 краплі розчину 1М сульфатної кислоти.

$$Hg_2^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons Hg_2SO_4\downarrow \textit{білий осад}$$

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Хімік-аналітик проводить якісний аналіз катіонів другої аналітичної групи. Для розділення хлоридів арґентуму і меркурію (I) використовують розчин: **A.** Натрій нітрату **B.** Натрій гідроксиду **C**. Калій хлориду **D**. Амоніаку **E**. Хлоридної кислоти
2. В хіміко-аналітичній лабораторії спеціаліст досліджував розчини, що містять суміші катіонів. В якому з розчинів містяться лише катіони II аналітичної групи (за кислотно-основною класифікацією)? **A.** Na^+, Pb^{2+}, Ni^{2+} **B**. Hg_2^{2+}, NH_4^+, Ag^+ **C.** Ag^+, Hg_2^{2+}, Pb^{2+} **D**. Na^+, Hg_2^{2+}, NH_4^+ **E**. Pb^{2+}, Ag^+, Co^{2+}
3. До аналізованого розчину додали 2М розчин HCl, випав білий осад. При обробці його розчином $NH_3 \cdot H_2O$ осад почорнів. Це свідчить про присутність в розчині катіонів: **A.** Mg^{2+} **B.** Ag^+ **C**. Pb^{2+} **D**. Ba^{2+} **E**. Hg_2^{2+}
7. Розчин, отриманий після обробки гарячою водою хлоридів катіонів II аналітичної групи, був оброблений розчином калію дихромату. Утворився осад, нерозчинний в оцтовій кислоті, але розчинний у лугах. Які катіони знаходяться у розчині? **A.** Катіони аргентуму **B.** Катіони барію **C**. Катіони кальцію

D. Катіони плюмбуму (II) **E**. Катіони меркурію (II)
8. Для визначення якісного складу препарату на зразок досліджуваного розчину подіяли 2М розчином HCl. Випав білий осад, розчинний в водному розчині аміаку. На наявність яких катіонів вказує цей аналітичний ефект? **A.**Аргентуму (I) **B.**Меркурію (I) **C**. Меркурію (II) **D**. Стануму (II) **E**. Плюмбуму (II)
9. Яким реагентом в систематичному ході аналізу можна розділити хлориди арґентуму та меркурію (I) і водночас виявити катіони меркурію (I)? **A.** Надлишок концентрованої хлоридної кислоти **B.** Розчин лугу **C.** Гаряча вода **D**. Розчин нітратної кислоти **E**. Розчин аміаку
10. . Реакція утворення золотисто-жовтого осаду (реакція «золотого дощу») – це реакція: **A.** Утворення осаду PbI_2 **B**. Утворення осаду Hg_2I_2 **C**. Утворення осаду AgI **D**. Утворення осаду HgI_2 **E**. Утворення осаду $PbCl_2$
11. Які катіони при взаємодії з сульфідом натрію утворюють осад чорного кольору? **A.** Натрію та калію **B**. Кальцію та магнію **C**. Свинцю та срібла **D**. Амонію та алюмінію **E**. Цинку та кадмію

3.Якісні реакції катіонів III аналітичної групи Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}.

3.1. Дія групового реагенту (1 М розчинH_2SO_4 + C_2H_5OH).

До 2-3 крапель розчинів солей барію, стронцію і кальцію додають по 2-3 краплі 1 М розчину сульфатної кислоти і етанолу. Відзначають кількість осадів, що утворилися.

$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons$ $K_s^0 = 1,1 \cdot 10^{-10}$

$Sr^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons$ $K_s^0 = 3,2 \cdot 10^{-7}$

$Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons K_s^0 = 2,5 \cdot 10^{-5}$

3.2.Дія насиченого розчину натрію. карбонату(Na_2CO_3).

До 2-3 крапель розчинів солей барію, стронцію і кальцію (отриманих у реакції 3.1) додають по 2-3 краплі насиченого розчину Na_2CO_3 та кип'ятять 10-15 хвилин.

$$SrSO_4\downarrow + CO_3^{2-} \xrightarrow{\Delta} SrCO_3\downarrow$$

$$CaSO_4\downarrow + CO_3^{2-} \xrightarrow{\Delta} CaCO_3\downarrow$$

$$BaSO_4\downarrow + CO_3^{2-} \xrightarrow{\Delta} BaCO_3\downarrow$$

3.3. Реакції катіонів стронцію.

3.3.1. Дія розчину «гіпсової води». (гіпсова вода - це насичений розчин кальцію сульфату).

До 2-3 крапель розчину солі стронцію додають 3-4 краплі «гіпсової води».

$Sr^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons$

3.3.2. Дія розчину калій хромату (K_2CrO_4).

До 2-3 крапель розчину солі стронцію додають 3-4 краплі розчину K_2CrO_4.

$$Sr^{2+} + CrO_4^{2-} \rightleftharpoons SrCrO_4\downarrow$$ ***жовтий осад***

3.4. Реакції катіонів кальцію.

3.4.1.*Дія розчину амонію оксалату ($(NH_4)_2C_2O_4$).

До 2-3 крапель розчину солі кальцію додають 3-4 краплі розчину$(NH_4)_2C_2O_4$.

$Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} \rightleftharpoons$

3.5. Реакції катіонів барію.

3.5.1. Дія розчину калій хромату (K_2CrO_4).

До 2-3 крапель розчину солі барію додають 3-4 краплі розчину K_2CrO_4.

$Ba^{2+} + CrO_4^{2-} \rightleftharpoons$

3.5.2. Дія розчину родізонату.

До 2-3 крапель розчину солі барію додають 3-4 краплі розчину натрій родизонату - утворюється червоно-бура пляма, яка стає червоною в результаті дії розчину хлоридної кислоти.

3.6. *Реакція забарвлення полум'я

Солі **барію** забарвлюють безбарвне полум'я пальника в **жовто-зелений колір.**

Солі **стронціюзабарвлюють** безбарвне полум'я пальника в **карміново - червоний колір.**

Солі **кальцію** забарвлюють безбарвне полум'я пальника в **цегляно-червоний колір.**

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. При проведенні систематичного ходу аналізу на розчин подіяли груповим реагентом 1М розчином H_2SO_4 у присутності етилового спирту, утворився білий осад. Катіони якої групи присутні у розчині? **A**. III **B**. I **C.** II **D.** IV **E**. VI
2. В якісному аналізі при осадженні сульфатів катіонів третьої аналітичної групи (Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}) з метою зменшення розчинності сульфатів у розчин додають: **A.** Хлороформ **B**. Дистильовану воду **C**. Бензен **D.** Етиловий спирт **E**. Аміловий спирт
3. У систематичному ході аналізу для переведення сульфатів $BaSO_4$, $SrSO_4$, $CaSO_4$ у карбонати використовують при нагріванні насичений розчин: **A.**CO_2 **B.** $CaCO_3$ **C.** $(NH_4)_2CO_3$ **D.** $MgCO_3$ **E.**Na_2CO_3

4. До досліджуваного розчину, що містить катіони III групи, додали розчин калій хромату. Випав осад жовтого кольору, розчинний в ацетатній кислоті. Це свідчить про присутність у розчині катіонів:

A. Кальцію
B. Барію
C. Стронцію
D. Меркурію (I)
E. Арґентуму

5. Який катіон III аналітичної групи (кислотно-основна класифікація) знаходиться у розчині, якщо при нагріванні з «гіпсовою водою» через деякий час розчин стає каламутним?
A. Плюмбуму(II)
B. Кальцію
C. Магнію
D. Стронцію
E. Меркурію(II).

6. В розчині, що аналізується, міститься кальцію хлорид і натрію бромід. Для ідентифікаціїі іонів кальцію до розчину, що аналізується, додали розчин:
A. Амонію оксалату
B. Барію хлориду
C. Натрію хлориду
D. Калію йодиду
E. Амонію ацетату

7. Досліджуваний розчин з натрій родизонатом утворює червоно-буру пляму, яка стає червоною в результаті дії розчину хлоридної кислоти. Наявність якого катіона це підтверджує?

A. Барію
B. Стронцію
C. Кальцію
D. Алюмінію
E. Магнію

8. Полум'я пальника в присутності солей невідомого катіона забарвлюється в карміново-червоний колір. Який це катіон?
A. Стронцію
B. Амонію
C. Натрію
D. Калію
E. Феруму (II).

9. Леткі сполуки кальцію забарвлюють безбарвне полум'я пальника у:
A. Жовто-зеленийколір
B. Жовтий колір
C. Фіолетовий колір
D. Червоний колір
E. Зелений колір

10. При внесенні у полум'я пальника солі невідомого катіону забарвлюють його у жовто-зелений колір. Вкажіть, який це катіон?
A. Свинцю
B. Амонію
C. Барію
D. Магнію
E. Калію

11. Оберіть реагент для виявлення катіонів Ca^{2+} мікрокристалоскопічною реакцією:
A. $H_2C_2O_4$
B. Na_2CO_3
C. HCl
D. HNO_3
E. H_2SO_4

4. Якісні реакції катіонів IV аналітичної групи. Al^{3+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Sn^{2+}, Sn(IV), As(III), As(V).

***4.1**. Дія групового реагенту(6М розчину NaOHі H_2O_2).*

До 3-4 крапель окремо взятих розчинів солей алюмінію, хрому, цинку, станум (II), станум (IV), арсену (III) і арсену (V) додають по 4 краплі розчину натрій гідроксиду і H_2O_2.

Гідроксиди катіонів четвертої аналітичної групи мають амфотерні властивості, тому розчинюються в надлишку лугу. Присутність H_2O_2 сприяє утворенню гідроксо-($[Al(OH)_6]^{3-}$; $[Sn(OH)_6]^{2-}$; $[Sn(OH)_6]^{4-}$; $[Cr(OH)_6]^{3-}$; $[Zn(OH)_4]^{2-}$) та оксоаніонів (AsO_3^{3-} та AsO_4^{3-})

$Zn^{2+} + 2OH^- \rightleftharpoons$

$Zn(OH)_2\downarrow + 2OH^- \rightarrow$

$Cr^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons$

$Cr(OH)_3\downarrow + 3OH^- \rightarrow$

$Sn^{2+} + 2OH^- \rightleftharpoons Sn(OH)_2\downarrow$ ***білий осад***

$Sn(OH)_2\downarrow + 4OH^- \rightarrow [Sn(OH)_6]^{4-}$

$[SnCl_6]^{2-} + 4OH^- \rightleftharpoons Sn(OH)_4\downarrow + 6Cl^-$ ***білий осад***

$Sn(OH)_4\downarrow + 2OH^- \rightarrow [Sn(OH)_6]^{2-}$

$Al^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons$

$Al(OH)_3\downarrow + 3OH^- \rightarrow$

$2e + AsO_3^{3-} + 2OH^- \rightleftharpoons AsO_4^{3-} + H_2O$ | 1

$+2e + H_2O_2 \rightleftharpoons 2OH^-$ | 1

$AsO_3^{3-} + H_2O_2 \rightarrow AsO_4^{3-} + H_2O$

4.2. Реакції катіонів арсену (III) і арсену (V).

4.2.1*Реакція відновлення арсену (III) і арсену (V) доAsH_3 (сполуки арсену – сильні отрути).

В пробірку поміщають гранули цинку, додають 10-15 крапель хлоридної кислоти, 5 крапель розчину натрій арсенату або арсеніту і у верхню частину пробірки поміщають вату, просочену розчином плюмбум ацетату. Пробірку закривають смужкою фільтрувального паперу, змоченого розчином $AgNO_3$.

$+8e + AsO_4^{3-} + 11H^+ \rightleftharpoons AsH_3\uparrow + 4H_2O$ | 1

$-2e + Zn^0 \rightleftharpoons Zn^{2+}$ | 4

$AsO_4^{3-} + 4Zn^0 + 11H^+ \rightarrow AsH_3\uparrow + 4Zn^{2+} + 4H_2O$

$+e + Ag^+ \rightleftharpoons Ag\downarrow$ | 6

$-6e + AsH_3\uparrow + 3H_2O \rightleftharpoons AsO_3^{3-} + 9H^+$ | 1

$6Ag^+ + AsH_3\uparrow + H_2O \rightarrow AsO_3^{3-} + 6Ag\downarrow + 9H^+$

***Визначати AsH_3** можливо також за допомогою паперу, змоченого розчином $HgCl_2$, при цьому в залежності від кількості арсену утворюються продукти оранжевого та жовтого кольору:*

$AsH_3\uparrow + HgCl_2 \rightarrow AsH_2HgCl + H^+ + Cl^-$

$AsH_3\uparrow + 2HgCl_2 \rightarrow AsH(HgCl)_2 + 2H^+ + 2Cl^-$

$AsH_3\uparrow + 3HgCl_2 \rightarrow As(HgCl)_3 + 3H^+ + 3Cl^-$

$AsH_3\uparrow + As(HgCl)_3 \rightarrow As_2Hg_3\downarrow + 3H^+ + 3Cl^-$

4.2.2. * Відновлення сполукарсену (III) і арсену (V) доAs.

Сполуки арсену *в* середовищі HCl при нагріванні відновлюються розчином станум(II) хлориду, H_3PO_2 та її солями. У фармацевтичній хімії часто як відновник використовують NaH_2PO_2**(реакція Буго-Тиле):**

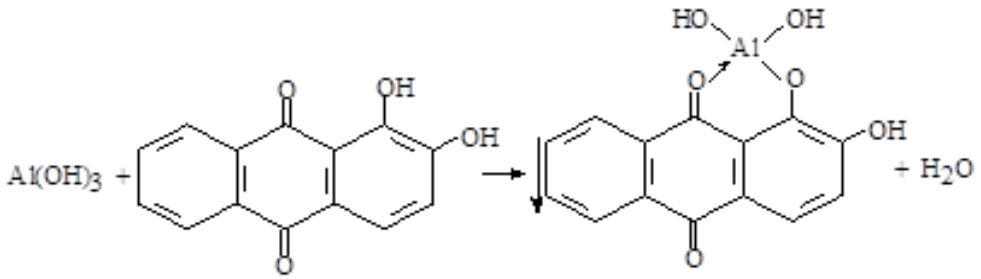
$H_2PO_2^- + H^+ \rightleftharpoons H_3PO_2$

$$\begin{array}{lll} -2e + H_3PO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3PO_3 + 2H^+ & 3 & \\ +3e + AsO_3^{3-} + 6H^+ \rightleftharpoons As\downarrow + 3\,H_2O & & 2 \\ \hline 3H_3PO_2 + 2AsO_3^{3-} + 6H^+ \rightleftharpoons 2As\downarrow + 3H_3PO_3 + 3H_2O & & \end{array}$$

4.3. Реакції катіонів алюмінію.

4.3.1.Дія алізарину на солі алюмінію.

До 2-3 крапель розчину солі алюмінію додають 5 крапель розчину амоніаку, 2 краплі алізарину. При появі фіолетового забарвлення додають по краплях розчин ацетатної кислоти до переходу фіолетового забарвлення розчину в червоне.



4.3.2. Дія розчину натрій ацетату (CH_3COONa).

До 3-4 крапель розчину солі алюмінію додають 5 крапель розчину CH_3COONa. Отриманий розчин нагрівають.

$$Al^{3+} + 3CH_3COO^- + 2H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_2CH_3COO\downarrow + 2CH_3COOH$$ ***білий осад***

4.4. Реакції катіонів цинку.

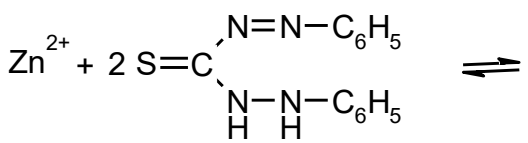
4.4.1.*Дія калій гексаціаноферрату (II)$K_4[Fe(CN)_6]$ на солі цинку.

До однієї краплі розчину солі цинку додають 2 краплі розчину $K_4[Fe(CN)_6]$.

$$3Zn^{2+} + 2K^+ + 2[Fe(CN)_6]^{4-} \rightleftharpoons K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2\downarrow$$ ***білий осад***

4.4.2.Дія дитизону на солі цинку.

До 3 крапель розчину солі цинку додають 5 крапель аміачного буферного розчину і 5 крапель розчину дитизону.



4.4.3.*Дія сульфідів на солі цинку.

До 3 крапель розчину солі цинку додають 5 крапель натрій сульфіду.Сульфід-іони з цинк(II)-катіонами утворюють білий драглистий осад.

$$Zn^{2+} + S^{2-} \rightleftharpoons ZnS\downarrow$$ ***білий драглистий осад***

4.5. Реакції катіонів хрому.

4.5.1.Реакції окиснення Cr^{3+}-іонів гідрогенпероксидом.

До 2-3 крапель розчину солі хрому (III) додають 4-5 крапель 2 М розчину натрій гідроксиду, 2-3 краплі 3% розчину гідроген пероксиду і нагрівають пробірку декілька хвилин на водяній бані до переходу зеленого забарвлення розчину в жовте.

$$\begin{array}{l|c} -3e + [Cr(OH)_6]^{3-} + 2OH^- \rightleftharpoons CrO_4^{2-} + 4H_2O & 2 \\ +2e + H_2O_2 \rightleftharpoons 2OH^- & 3 \\ \hline 2[Cr(OH)_6]^{3-} + 3H_2O_2 \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 8H_2O + 2OH^- & \end{array}$$

4.5.2.Реакції утворення тетраоксопероксохроматної(VI) кислоти

До 2-3 краплель розчину дикалій хромату (VI) додають 2 краплями мінеральної кислоти, 4-5 крапель амілового спирту і краплю гідрогену пероксиду. У кислому середовищі дихромат(VI)-іони перетворюються на H_2CrO_6, яка має інтенсивне синє забарвлення.

$$\begin{array}{l|c} -8e + Cr_2O_7^{2-} + 5H_2O \rightleftharpoons 2H_2CrO_6 + 6H^+ & 1 \\ +2e + H_2O_2 + 2H^+ \rightleftharpoons 2H_2O & 4 \\ \hline Cr_2O_7^{2-} + 4H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2H_2CrO_6 + 3H_2O & \end{array}$$

4.5.3.Утворення кольорових перлин бури з солями хрому

Натрій тетраборат $Na_2B_4O_7 \cdot 1OH_2O$ при сплавленні зі сполуками хром(III)-катіонів утворює перлини бури, забарвлені в смарагдово-зелений колір:

$$3Na_2B_4O_7 + 2Cr(OH)_3 \xrightarrow{\Delta} 2Cr(BO_2)_3 + 6NaBO_2 + 3H_2O$$

4.6. Реакції катіонів станум.

4.6.1. Реакція окиснення солей Sn(II) солями Hg(II).

До 3-4 крапель розчину солі станум (II) додають 5 крапель води, а потім 3 краплі розчину солі меркурію (II).Sn^{2+} -катіони відновлюють меркурій(II)-іони до димеркурій(I)-іонів (білий осад Hg_2Cl_2), осад швидко чорніє внаслідок подальшого відновлення Hg_2^{2+}-катіонів до металічної ртуті.

$$\begin{array}{l|c} +2e + 2[HgCl_2] \rightleftharpoons Hg_2Cl_2\downarrow + 2Cl^- & 1 \\ -2e + [SnCl_6]^{4-} \rightleftharpoons [SnCl_6]^{2-} & 1 \\ \hline 2[HgCl_2] + [SnCl_6]^{4-} \rightarrow Hg_2Cl_2\downarrow + 2Cl^- + [SnCl_6]^{2-} & \end{array}$$

$$\begin{array}{l|c} +2e + Hg_2Cl_2\downarrow + \rightleftharpoons 2Hg\downarrow + 2Cl^- & 1 \\ -2e + [SnCl_6]^{4-} \rightleftharpoons [SnCl_6]^{2-} & 1 \\ \hline Hg_2Cl_2\downarrow + [SnCl_6]^{4-} \rightarrow \mathbf{2Hg\downarrow} + 2Cl^- + [SnCl_6]^{2-} & \end{array}$$

Чорний осад

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. До четвертої групи катіонів належать катіони Al^{3+}, Sn^{2+}, Sn(IV), As(V), As(III), Zn^{2+}, Cr^{3+}

Укажіть груповий реагент на четверту групу катіонів:

A. Розчин NH_3, H_2O_2.
B. Розчин HCl.
C. Розчин NaOH, H_2O_2
D. Розчин $H_2C_2O_4$
E. Розчин H_2SO_4, H_2O_2

2. Яка спільна властивість сполук катіонів Al^{3+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Sn^{2+}об'єднує їх у IV аналітичну групу (кислотно-основна класифікація)?

A. Розчинність гідроксидів у кислотах.
B. Нерозчинність солей у воді.
C. Добра розчинність деяких солей.
D. Амфотерність гідроксидів.
E. Розчинність гідроксидів у надлишку розчину аміаку.

3. При дії на досліджувану суміш катіонів розчином KOH випав білий осад, що розчинився у надлишку реактиву. При дії розчину $K_4[Fe(CN)_6]$ утворився білий осад. Який катіонприсутній у розчині?

A. Zn^{2+}
B. Cr^{3+}
C. Ca^{2+}
D. Ba^{2+}
E. Fe^{3+}

4. Які катіони IV групи знаходяться у розчині, якщо під дією розчину гідроксиду натрію утворюється забарвлений осад, розчинний у надлишку реагенту?

A. Цинк
B. Вісмут
C. Хром
D. Марганець
E. Свинець

5. При проведенні фармакопейної реакції на катіони цинку з гексаціанофератом (II) калію утворюється:

A. Білий осад
B. Жовтий осад
C. Червоний осад
D. Чорний осад
E. Фіолетовий осад

6. Який іон при нагріванні з металевим цинком у кислому середовищі утворює газ – арсин, що викликає появу жовто-бурої плями на папері, просоченому солями ртуті(II):

A. Сульфід
B. Сульфат
C. Нітрат
D. Фосфат
E. Арсенат

7. Фільтрувальний папір, просякнутий розчином кобальту(II) нітрату і досліджуваним розчином, після спалювання утворює попіл синього кольору. Це доводить наявність іонів:

A. Алюмінію
B. Кальцію
C. Барію
D. Калію
E. Натрію

8. Оберіть пару катіонів IV аналітичної групи, які не реагують з H_2O_2 при дії групового реагенту:

A. Cr^{3+}, Sn (IV)
B. Zn^{2+}, As (III)
C. Al^{3+}, Zn^{2+}
D. Sn^{2+}, As (III)
E. As (III), Cr^{3+}

9. Який з катіонів IV аналітичної групи можна відкрити крапельним методом з алізарином з використанням аналітичного маскування? **A.** Al^{3+} **B.** Sn^{2+} **C.** Zn^{2+} **D**. Cr^{3+} **E.** Sn(IV)
10. Оберіть реагенти, що дозволяють виявити іони As (III) і As (V) за реакцією Буго – Тіле: **A.** Zn^0, HCl, $HgCl_2$ **B**. HCl, NaH_2PO_2 **C**. H_2SO_4, Zn^0, $AgNO_3$ **D**. H_2S, $AgNO_3$ **E**. Zn^0, H_2SO_4, NaH_2PO_2
11. Оберіть реагент для виявлення іонів Al^{3+}: **A**. CH_3COONa **B**. $K_4[Fe(CN)_6]$ **C**. $K_3[Fe(CN)_6]$ **D**. $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$ **E**. $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$
12. При аналізі суміші катіонів IV аналітичної групи катіони Zn^{2+} за певних умов можна визначити дробним методом з таким реагентом: **A**.Дитизон **B.** Луг **C**. Розчин амоніаку **D.** Карбонат лужного металу **E**. Диметилгліоксим
13. Оберіть реагент для виявлення іонів Sn (II): **A**. Hg_2Cl_2 **B**. $HgCl_2$ **C**. CH_3COONa **D**. K_2CrO_4 **E**. $Na[Sb(OH)_6]$
14. Який реагент використовують для відділення катіонів IV аналітичної групи від катіонів V і VI аналітичних груп в ході аналізу їх суміші? **A.** NaOH і H_2O_2. **B**. H_2SO_4. **C**. Дитизон **D**. NH_4OH **E**. Na_2S

5.Якісні реакції катіонівV аналітичної групи Mg^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Bi^{3+}, Sb(III), Sb(V).

5.1. Дія групового реагенту (концентрований розчину амоніаку).

До 2-3 крапель розчинів солей катіонів V аналітичної групи додають концентрований розчин амоніаку до утворення осаду.

$Mg^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons$

$[SbCl_6]^- + 6NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons [Sb(OH)_6]^- + 6Cl^- + 6NH_4^+$

$[SbCl_6]^{3-} + 3NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons Sb(OH)_3\downarrow + 6Cl^- + 3NH_4^+$

$Mn^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons$

$Fe^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons$

$Fe^{3+} + 3NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons$

$Bi^{3+} + 2NH_3 \cdot H_2O + Cl^- \rightarrow Bi(OH)_2Cl\downarrow + 2NH_4^+$

$Bi(OH)_2Cl \rightarrow BiOCl\downarrow + H_2O$

5.2. Гідроліз солей стибію (III), стибію (V) і бісмуту.

2-3 краплі розчинів солей стибію (III), стибію (V) і бісмуту розбавляють дистильованою водою. Утворюються біли осади основних солей.

$[SbCl_6]^{3-} + H_2O \rightleftharpoons SbOCl\downarrow + 5Cl^- + 2H^+$

$[SbCl_6]^- + 2\ H_2O \rightleftharpoons SbO_2Cl\downarrow + 5Cl^- + 4H^+$

$Bi^{3+} + H_2O + NO_3^- \rightleftharpoons BiONO_3\downarrow + 2H^+$

5.3. Реакції катіонів магнію.

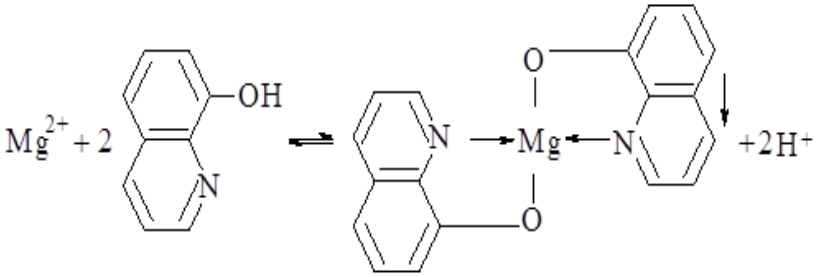
5.3.1.*Дія розчину натрій гідроген фосфату (Na_2HPO_4).

До 1-2 крапель розчину магній хлориду додають 5 крапель дистильованої води, по 2 краплі розчину амоній хлориду і 2 М розчину амоніаку, одну краплю розчину Na_2HPO_4.

$Mg^{2+} + HPO_4^{2-} + NH_3{\cdot}H_2O \rightleftharpoons$

5.3.2. *Дія розчину 8-гідроксихіноліну.

До 3-4 крапель розчину магній хлориду додають 5 крапель8-гідроксихіноліну, 2 краплі розчину натрій гідроксиду. Утворюється жовто-зелений кристалічний осад .



5.4. Реакції катіонів феруму (II).

5.4.1.*Дія розчину калій гексаціаноферату(III) $K_3[Fe(CN)_6]$.

До 2-3 крапель розчину ферум (II) хлориду додають 2 краплі розчину $K_3[Fe(CN)_6]$.

$3Fe^{2+} + 2[Fe(CN)_6]^{3-} \rightleftharpoons$

5.5. Реакції катіонів феруму (III).

5.5.1. *Дія розчину калій гексаціаноферату(II) $K_4[Fe(CN)_6]$.

До 2-3 крапель розчину ферум (III) хлориду додають 2 краплі розчину $K_4[Fe(CN)_6]$.

$4Fe^{3+} + 3[Fe(CN)_6]^{4-} \rightleftharpoons$

5.5.2. *Дія розчину амоній тіоціанату (NH_4NCS).

До 2-3 крапель розчину ферум (III) хлориду додають одну краплю розчину NH_4NCS. Вносять в забарвлений розчин декілька кристалів амоній фториду-NH_4F (або натрій фториду-NaF).

$Fe^{3+} + 3NCS^- \rightleftharpoons$

$[Fe(NCS)_3] + 6F^- \rightarrow$

5.5.3. *Дія розчину тіогліколевої кислоти ($HSCH_2COOH$).

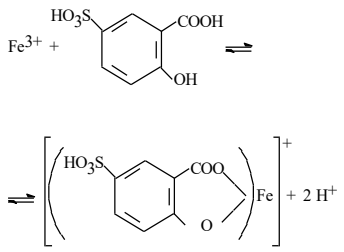
До 2-3 крапель розчину ферум (III) хлориду додають одну краплю розчину амоніаку та 2-3 краплі розчину $HSCH_2COOH$. Ферум(III)-катіони утворюють з тіогліколевою кислотою $HSCH_2COOH$ у присутності амоніаку комплексні аніони червоного кольору.

$$Fe^{3+} + 2HSCH_2COOH + 5NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons [FeOH(SCH_2COO)_2]^{2-} + 5NH_4^+ + 4H_2O$$

5.6. Реакції, що характерні як для –катіонів феруму (II) та феруму (III).

5.6.1. Дія розчину сульфосаліцилової кислоти в кислому середовищі.

В пробірку беруть 2-3 краплі розчину $FeCl_3$ и додають 2-3 краплі розчину сульфосаліцилової кислоти. Утворюється комплекс ферум(III) моносульфасаліцилату фіолетового кольору.



5.7. Реакції катіонів мангану.

5.7.1.Окиснення Mn^{2+} до MnO_4^- - амоній персульфатом ($(NH_4)_2S_2O_8$).

До 4-5 крапель 2 М розчину нітратної кислоти додають 2 краплі розчину аргентум нітрату (каталізатор), невелику кількість кристалічного амоній персульфату і нагрівають суміш до 50-60^{0}С. В нагріту суміш вносять за допомогою скляної палички одну краплю розведеного розчину манган сульфату і перемішують. Спостерігають рожеве забарвлення розчину.

$$\begin{array}{ll} -\ 5e + Mn^{2+} + 4H_2O \rightleftharpoons MnO_4^- + 8H^+ & \Big|\ 2 \\ +\ 2e + S_2O_8^{2-} \rightleftharpoons 2SO_4^{2-} & \Big|\ 5 \\ \hline 2Mn^{2+} + 5S_2O_8^{2-} + 8H_2O \rightarrow 2MnO_4^- + 16H^+ + 10SO_4^{2-} & \end{array}$$

Також як окисник можна використати оксид плюмбуму (IV) PbO_2.

$$\begin{array}{ll} -\ 5e + Mn^{2+} + 4H_2O \rightleftharpoons MnO_4^- + 8H^+ & \Big|\ 2 \\ +\ 2e + PbO_2 + 4H^+ \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2H_2O & \Big|\ 5 \\ \hline 5PbO_2 + 2Mn^{2+} + 4H^+ \rightarrow 5Pb^{2+} + 2H_2O + 2MnO_4^- & \end{array}$$

5.8. Реакції катіонів бісмуту.

5.8.1. Дія свіжовиготовленого розчину натрій гексагідроксостаніту(II) $Na_4[Sn(OH)_6]$.

До 3 крапель розчину солі станум(II)-катіона додають розчин натрій гідроксиду до утворення осаду і його наступного розчинення. До одержаного розчину додають 1-2 краплі розчину солі бісмуту.

$Sn^{2+} + 2OH^- \rightleftharpoons$

$Sn(OH)_2\downarrow + 4OH^- \rightarrow$

$Bi^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons$

$+ 3e + Bi(OH)_3\downarrow \rightleftharpoons$

$- 2e + [Sn(OH)_6]^{4-} \rightleftharpoons$

$2Bi(OH)_3\downarrow + 3[Sn(OH)_6]^{4-}\rightarrow$

5.8.2.Дія розчину тіосечевини $(NH_2)_2CS$.(див. ДФУ, стор. 69)

$Bi^{3+} + 3(NH_2)_2CS \rightleftharpoons [Bi((NH_2)_2CS)_3]^{3+}$***жовто-лимонне забарвлення.***

5.8.3.*Дія розчину натрій сульфіду Na_2S.(див. ДФУ, стор. 72)

$2Bi^{3+} + 3S^{2-} \rightleftharpoons Bi_2S_3\downarrow$***коричневий осад***

5.9. Реакції стибій(III)- і стибій(V)-катіонів.

5.9.1. *Дія розчину натрій сульфіду Na_2S (див. ДФУ, стор. 72)

$2[SbCl_6]^{3-} + 3S^{2-} \rightleftharpoons Sb_2S_3\downarrow + 12Cl^-$***оранжево-червоний осад***

$2[SbCl_6]^{-} + 5S^{2-} \rightleftharpoons Sb_2S_5\downarrow + 12Cl^-$***оранжево-червоний осад***

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. До п'ятої групи катіонів належать катіони Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Bi^{3+}, Sb(III), Sb(V). Вкажіть груповий реагент п'ятої групи катіонів: **A.** Розчин HCl **B.** Розчин H_2SO_4 **C.** Розчин H_2S **D.** Розчин HNO_3 **E.** Розчин амоніаку
2. Які катіони V аналітичної групи відкривають реакцією гідролізу? **A.** Стибію (III, V) та бісмуту (V) **B**. Мангану (II) **C**. Феруму (II) **D**. Магнію **E**. Феруму (III)
3. При додаванні амоніачного буферного розчину і розчину натрій гідрогенфосфату до аналізованого розчину утворився білий осад. Це свідчить про присутність іонів: **A.** Калію **B.** Магнію **C**. Алюмінію **D**. Арсену (II) **E**. Хрому (III)
4. Вкажіть тип реакції, яка застосовується для виявлення катіону Fe^{3+}: **A.** Відновлення **B.** Осадження **C.** Гідролізу **D**. Нейтралізації **E.**Комплексоутворення
5. В якісному аналізі специфічним реагентом на катіони Fe^{2+} є: **A.**$K_4[Fe(CN)_6]$ **B.** $K_2Na[Co(NO_2)_6]$ **C.** NaOH **D.** $K_3[Fe(CN)_6]$ **E.** NH_4OH

6. Зазначте реагент для виявлення і фотометричного визначення катіонів Fe (II) та Fe (III): **A.** Хлорацетатна кислота **B**. Оксалатна кислота **C**. *n*-Амінобензоатна кислота **D**. Фенілацетатна кислота **E.** Сульфосаліцилатна кислота
7. До розчину катіонів V аналітичної групи додали розчин тіоціанатуаммонію. Розчин забарвлюється у червоний колір. Які це катіони? **A.** Магнію **B.** Нікелю **C**. Кальцію **D**. Стронцію **E.** Заліза (III)
8. Вкажіть, які іони знаходяться у розчині, якщо під час нагрівання його з $(NH_4)_2S_2O_8$ у присутності $AgNO_3$ розчин набуває малинового забарвлення? **A.** Co^{2+} **B**. Fe^{3+} **C**. Fe^{2+} **D**. Mn^{2+} **E**. Cu^{2+}
9. До V аналітичної групи катіонів відносяться іони Mn^{2+}. Якісною реакцією для цих катіонів є: **A.** Окиснення в кислому середовищі **B.** Взаємодія з Fe^{3+} в кислому середовищі **C.** Дія лугів **D.** Дія кислот **E.** Утворення нерозчинних

6. Якісні реакції катіонів VI аналітичної групи Cu^{2+}, Hg^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}.

6.1. Дія групового реагенту (концентрованого розчину амоній гідроксиду).

До 2-3 крапель розчинів солей купруму, меркурію (II), кобальту і ніколу додають по 2-3 краплі концентрованого розчину амоніаку, а потім його надлишок.

$2Cu^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O + SO_4^{2-} \rightleftharpoons$
$(CuOH)_2SO_4\downarrow + 8NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$

$Hg^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O + Cl^- \rightleftharpoons$
$[NH_2Hg]Cl\downarrow + 3NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$

$2Ni^{2+} + 2NH_3 \cdot H_2O + SO_4^{2-} \rightleftharpoons$
$(NiOH)_2SO_4\downarrow + 12NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$

$Co^{2+} + NH_3 \cdot H_2O + Cl^- \rightleftharpoons$
$Co(OH)Cl\downarrow + 6NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$

6.2. Реакції катіонів меркурію (II).(Солі меркурію (II) отруйні !)

6.2.1. *Дія розчину калій йодиду (KI).

До 3-4 крапель розчину солі меркурію (II) додають 2-3 краплі розчину KI, а потім його надлишок.

$Hg^{2+} + 2I^- \rightleftharpoons$
$HgI_2\downarrow + 2I^- \rightarrow$

6.2.2.Дія розчину станум(II) хлориду ($SnCl_2$).

До 2-3 крапель розчину солі меркурій(II)-катіона додають по краплям розчин $SnCl_2$. На початку реакції утворюється білий осад (Hg_2Cl_2), який потім чорніє внаслідок утворення металічної ртуті.

$$2e + 2Hg^{2+} + 2Cl^- \rightleftharpoons Hg_2Cl_2\downarrow \quad | \; 1$$
$$-2e + Sn^{2+} + 6Cl^- \rightleftharpoons [SnCl_6]^{2-} \quad | \; 1$$
$$2Hg^{2+} + 8Cl^- + Sn^{2+} \rightarrow Hg_2Cl_2\downarrow + [SnCl_6]^{2-}$$

$$+2e + Hg_2Cl_2\downarrow \rightleftharpoons 2Hg\downarrow + 2Cl^- \quad 1$$
$$-2e + Sn^{2+} + 6Cl^- \rightleftharpoons [SnCl_6]^{2-} \quad 1$$
$$Hg_2Cl_2\downarrow + Sn^{2+} + 4Cl^- \rightarrow \mathbf{2Hg\downarrow} + [SnCl_6]^{2-}$$

чорний осад

6.3. Реакції катіонів кобальту.

6.3.1. Діярозчину амоній тіоціанату ($(NH_4)_2NCS$).

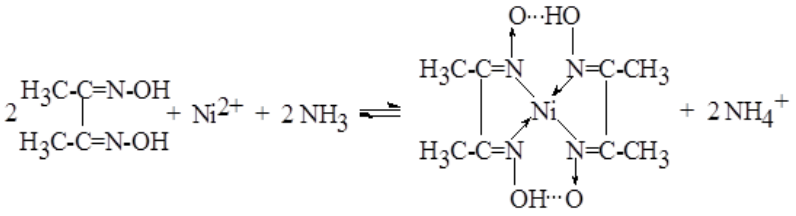
До 3 крапель розчину солі кобальту додають 2-3 кристали $(NH_4)_2NCS$, 5 крапель амілового спирту і перемішують.

$$2NH_4^+ + Co^{2+} + 4NCS^- \rightleftharpoons (NH_4)_2[Co(NCS)_4]$$ ***синє забарвлення***

6.4. Реакції катіонів ніколу.

6.4.1. Дія розчину реактиву Чугаєва (Діметілгліоксим).

До 3 крапель розчину солі ніколу додають 5 крапель амоніачного буферного розчину, а потім 2-3 краплі реактиву Чугаєва.



ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. До розчину, що містить катіони шостої аналітичної групи (кислотно-основна класифікація), додали розчин калію йодиду. Випав червоний осад, розчинний в надлишку реагенту. Які катіони присутні у розчині?

A. Катіони меркурію (II)
B. Катіони ніколу
C. Катіони кобальту (II)
D. Катіони вісмуту
E. Катіони кадмію

2. Для виявлення іонів Co^{2+}в присутності Fe^{3+} для маскування іонів Fe^{3+} до розчину додають:

A. Бромід-іони
B. Хлорид-іони
C. Фторид-іони
D. Нітрит-іони
E. Сульфат-іони

3. Оберіть реагент для відділення Cu^{2+} і Hg^{2+} від Ni^{2+} і Co^{2+} в систематичному ході аналізу катіонів VI аналітичної групи: **A.** $Na_2S_2O_3$ **B**. NH_4NCS **C**. $(NH_4)_2S_2O_8$ **D**. NH_4Cl **E.** $(NH_4)_2CO_3$
4. Характерною реакцією визначення катіонів меркурію(II) є реакція з калій йодидом. При прове-денні реакції спостерігають: **A.** Яскраво-червоний розчин **B.** Яскраво-червоний осад **C.** Брудно-зелений осад **D.** Чорний осад **E.** Білий осад
5. До шостої групи катіонів належать катіони Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}. Вкажіть груповий реагент для шостої групи катіонів: **A.** Надлишок розчину КОН **B.** Розчин HCl **C.** Розчин H_2SO_4 **D.** Розчин NaOH **E.** Надлишок розчину $NH_3 \cdot H_2O$
6. Характерною реакцією визначення катіонів меркурію(II) є реакція з калій йодидом. При проведенні реакції спостерігають: **A.** Яскраво-червоний розчин **B.** Яскраво-червоний осад **C.** Брудно-зелений осад **D.** Чорний осад **E.** Білий осад
7. Досліджувана суміш містить катіони Mg^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}. За допомогою якого реактиву можна виявити катіони Ni^{2+} у цій суміші? **A.**Диметилгліоксиму **B.** Розчину аміаку **C.** 1-Нітрозо-2-нафтолу **D.** Магнезону-1 **E.** Алізарину
8. У розчині, що містить катіони купруму (II) і цинку, катіони Cu^{2+} можна визначити за допомогою над-лишку реагенту: **A.** 6 моль/дм^3 розчину калій гідроксиду **B.** 6 моль/дм^3 розчину амоніаку **C.** 2 моль/ дм^3 розчину сульфатної кислоти **D**. 2 моль/ дм^3 розчину хлоридної кислоти **E.** 2 моль/ дм^3 розчину амоній карбонату
9. В хіміко-аналітичній лабораторії аналітик досліджує розчин катіонів VI аналітичної групи. Після дода-вання амоній тіоціанату і амілового спирту органічний шар набув синього забарвлення. Який катіон при-сутній у розчині? **A.** Cd^{2+} **B.** Ni^{2+} **C.** Cu^{2+} **D.** Hg^{2+} **E.** Co^{2+}

Тема: Кислотно-основна класифікація аніонів. Аніони I-III аналітичних груп.

1. Якісні реакції аніонів I аналітичної групи.

1.1.*Дія розчину групового реагенту (барій хлориду ($BaCl_2$)).

До 3-4 крапель розчинів солей, що містять деякі аніони першої групи додають по 2-3 краплі 0,5 М розчину барій хлориду. Випробовують розчинність осадів у 2 М розчині HCl.

$SO_4^{2-} + Ba^{2+} \rightleftharpoons$
$SO_3^{2-} + Ba^{2+} \rightleftharpoons$
$S_2O_3^{2-} + Ba^{2+} \rightleftharpoons$
$CO_3^{2-} + Ba^{2+} \rightleftharpoons$
$C_2O_4^{2-} + Ba^{2+} \rightleftharpoons$
$CrO_4^{2-} + Ba^{2+} \rightleftharpoons$
$2PO_4^{3-} + 3Ba^{2+} \rightleftharpoons$
$2AsO_4^{3-} + 3Ba^{2+} \rightleftharpoons Ba_3(AsO_4)_2\downarrow$ ***білий осад***
$2AsO_3^{3-} + 3Ba^{2+} \rightleftharpoons Ba_3(AsO_3)_2\downarrow$ ***білий осад***
$BaSO_4\downarrow + H^+\rightarrow$
$BaSO_3\downarrow + 2H^+\rightarrow$
$BaS_2O_3\downarrow + 2H^+\rightarrow$
$BaCO_3\downarrow + 2H^+\rightarrow$
$BaC_2O_4\downarrow + 2H^+\rightarrow$
$BaCrO_4\downarrow + 2H^+\rightarrow$
$Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 6H^+\rightarrow$
$Ba_3(AsO_4)_2\downarrow + 6H^+\rightarrow 3Ba^{2+} + 2H_3AsO_4$
$Ba_3(AsO_3)_2\downarrow + 6H^+\rightarrow 3Ba^{2+} + 2H_3AsO$

1.2. *Дія розчину аргентум нітрату ($AgNO_3$).

До 2-3 крапель розчинів солей, що містять деякі аніони I-ої аналітичної групи, додають 2-3 краплі розчину $AgNO_3$.

$S_2O_3^{2-} + 2Ag^+ \rightleftharpoons$
$AsO_4^{3-} + 3Ag^+ \rightleftharpoons Ag_3AsO_3\downarrow$ ***коричневий осад***
$AsO_3^{3-} + 3Ag^+ \rightleftharpoons Ag_3AsO_3\downarrow$ ***жовтий осад***
$PO_4^{3-} + 3Ag^+ \rightleftharpoons$
$CO_3^{2-} + 2Ag^+ \rightleftharpoons$

2. Реакції сульфат-іонів.

2.1. Дія розчину солей стронцію.

До 2-3 крапель розчину натрій сульфату додають 2-3 краплі розчину солі стронцію.

$SO_4^{2-} + Sr^{2+} \rightleftharpoons$

3. Реакції сульфіт-іонів.

3.1. Дія розчину мінеральних кислот.

До 3-5 крапель розчину натрій сульфіту додають 2-3 краплі 2 М розчину HCl. Для виявлення оксиду сульфуру (IV) використовують розчин йоду або розчин калій перманганату.

$SO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow$

$-2e + SO_2\uparrow + 2H_2O \rightleftharpoons$
$+2e + [I_3]^- \rightleftharpoons$
$SO_2 + 2H_2O + [I_3]^- \rightarrow$

$-2e + SO_2\uparrow + 2H_2O \rightleftharpoons$
$+5e + MnO_4^- + 8H^+ \rightleftharpoons$
$5SO_2\uparrow + 2H_2O + 2MnO_4^- \rightarrow$

3.2. Дія окисників -розчину йоду(I_2) або розчину калій перманганату($KMnO_4$).

До 2-3 крапель розчину натрій сульфіту додають 1-2 краплі розчину I_2 або розчину $KMnO_4$.

$-2\,e + SO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons$
$+2\,e + [I_3]^- \rightleftharpoons$
$SO_3^{2-} + H_2O + [I_3]^- \rightarrow$

$-2\,e + SO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons$
$+5e + MnO_4^- + 8H^+ \rightleftharpoons$
$SO_3^{2-} + H_2O + MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow$

4. Реакції тіосульфат-іонів.

4.1. Дія розчину мінеральних кислот.

До 2-3 крапель розчину натрій тіосульфату додають 2-3 краплі розчину хлоридної кислоти.

$S_2O_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow$

4.2. Дія окисників -розчину йоду (I_2).

До 5 крапель розчину натрій тіосульфату додають 2-3 краплі розчину йоду.

$-2\,e + S_2O_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons$
$+2\,e + [I_3]^- \rightleftharpoons$
$S_2O_3^{2-} + H_2O + [I_3]^- \rightarrow$

5. Реакції карбонат та гідрогенкарбонат-іонів.

5.1. Дія розчину мінеральних кислот.

До 10-15 крапель розчину натрій карбонату додають 10 крапель 2 М розчину HCl.

$CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow$

5.2. *Дія розчину магній сульфату.

До 3-5 крапель розчинів натрій карбонату та натрій гідрогенкарбонатудодають 2-4 краплі розчинумагній сульфату.

Карбонат-іони утворюють з магній-катіонами білий осад $MgCO_3$:

$CO_3^{2-} + Mg^{2+} \rightleftharpoons$

Гідрогенкарбонати утворюють білий осад тільки при кип'ятінні:

$$2HCO_3^- + Mg^{2+} \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} MgCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

5.3. *Дія розчину фенолфталеїну.

Розчин, що містить карбонат-іони при додаванні 2 крапель розчину індикатору фенолфталеїну забарвлюється у рожевий колір (на відміну від гідрогенкарбонату).***(див. ДФУ, стор. 72).***

6. Реакції фосфат-іонів.

6.1. *Дія магнезійної суміші.

До 2-3 крапель розчину натрій гідрогенфосфату додають по 2 краплі розчинів амоній хлориду і амоній гідроксиду, 1-2 краплі розведеного розчину магній хлориду.

$$HPO_4^{2-} + NH_4^+ + Mg^{2+} \rightleftharpoons$$

6.2. *Дія молібденованадієвого реактиву (суміші NH_4VO_3, $(NH_4)_2MoO_4$, HNO_3).(див. ДФУ, стор. 73).

Фосфат-іони при дії молібденованадієвого реактиву утворюють жовтий осад.

$$\mathbf{PO_4^{3-} + VO_3^- + 11MoO_4^{2-} + 4NH_4^+ + 22H^+ \rightleftharpoons (NH_4)_4[PMo_{11}VO_{40}]\downarrow + 11H_2O}$$

7. Реакції арсенат-іонів. (СОЛІ АРСЕНУ - ОТРУТА!)

7.1. *Дія магнезійної суміші.

До 2-3 крапель розчину натрій арсенату додають по 2 краплі розчинів амоній хлориду і амоній гідроксиду, 1-2 краплі розведеного розчину магній хлориду.

$$AsO_4^{3-} + Mg^{2+} + NH_4^+ \rightleftharpoons MgNH_4AsO_4\downarrow$$ ***білий осад***

7.2. Дія розчину калій йодиду (KI).

До 2-3 крапель розчину натрій арсенату додають 2-3 краплі концентрованої HCl, 5-6 крапель розчину KI, 5 крапель хлороформу і добре збовтують. Арсенат-іони в середовищі концентрованої хлоридної кислоти окиснюють йодид-іони до вільного дийоду, який забарвлює хлороформний шар у червоно-фіолетовий колір:

$$\begin{array}{l|l} +2\,e + AsO_4^{3-} + 2H^+ \rightleftharpoons AsO_3^{3-} + H_2O & 1 \\ -2\,e + 2I^- \rightleftharpoons I_2 & 1 \\ \hline AsO_4^{3-} + 2H^+ + 2I^- \rightarrow AsO_3^{3-} + H_2O + I_2 & \end{array}$$

8. Реакції арсеніт-іонів. (СОЛІ АРСЕНУ - ОТРУТА!).

8.1. Дія розчину йоду (I_2).

До 2-3 крапель нейтралізованого ацетатною кислотою розчину натрій арсеніту додають 2-3 краплі насиченого розчину натрій гідрогенкарбонату і краплями розведений розчин йоду. Арсеніт-іони в слабколужному середовищі, яке створюють насиченим розчином $NaHCO_3$,, знебарвлюють розчин йоду.

$$\begin{array}{l|l} -2\,e + AsO_3^{3-} + 2OH^- \rightleftharpoons AsO_4^{3-} + H_2O & 1 \\ +2\,e + [I_3]^- \rightleftharpoons 3I^- & 1 \\ \hline AsO_3^{3-} + 2OH^- + [I_3]^- \rightarrow AsO_4^{3-} + H_2O + 3I^- & \end{array}$$

8.2. *Дія розчинів сульфідів.

До 3-5 крапель розчину натрій арсеніту, підкисленого 1 М розчином сульфатної кислоти, додають 3-5 крапель розчину натрій сульфіду (Na_2S). Арсеніт-іони в кислому середовищі з сульфід-іонами утворюють жовтий осад As_2S_3.

$$2AsO_3^{3-} + 3H_2S + 6H^+ \rightleftharpoons As_2S_3\downarrow + 6H_2O$$

9. Реакції оксалат-іонів.

9.1. Дія окисників –розчину калій перманганату ($KMnO_4$).

До 2-3 крапель розчину натрій оксалату додають 2 краплі 1 М розчину сульфатної кислоти, нагрівають і додають краплями розведений розчин $KMnO_4$.

$$+5e + MnO_4^- + 8H^+ \rightleftharpoons$$
$$-2e + C_2O_4^{2-} \rightleftharpoons$$
$$2MnO_4^- + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \rightarrow$$

9.2. Дія розчину кальцій хлориду ($CaCl_2$).

До 2-3 крапель розчину натрій оксалату додають 2-3 краплі розчину $CaCl_2$.

$$Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} \rightleftharpoons$$

10. Реакції хромат- і дихромат-іонів.

10.1. Дія розчину калій йодиду (KI).

До 3-5 крапель розчинів хромат- або дихромат-іонів, підкислених 1 М розчином сульфатної кислоти, додають по 5 крапель хлороформу та по 2 краплі розчину KI.

Дихромат-іони в кислому середовищі окиснюють йодид-іони до вільного йоду, який забарвлює хлороформний шар у червоно-фіолетовий колір.

$$+6e + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad 1$$
$$-2e + 2I^- \rightleftharpoons I_2 \quad 3$$
$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6I^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3I_2$$

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Груповим реагентом на першу аналітичну групу аніонів є нітрат барію. Укажіть аніони першої групи: **A.** NO_3^-, NO_2^-, $HCOO^-$ **B.** BrO_3^-, Br^-, ClO_4^- **C.** CH_3COO^-, S^{2-}, I^- **D.** PO_4^{3-}, CO_3^{2-}, SO_4^{2-} **E.** Cl^-, Br^-, OH^-
2. Класифікація аніонів базується на різній розчинності їх солей з іонами Ba^{2+} та Ag^+. Аніони першої аналітичної групи утворюють малорозчинні у воді солі з іонами: **A**. Ag^+ (лужне середовище) **B.** Ag^+ (нейтральне середовище) **C.** Ag^+ (кисле середовище) **D.** Ag^+ (середовище амоніачного буферу) **E.** Ba^{2+} (лужне або нейтральне середовище)
3. Аналітичним ефектом при дії розчину калій йодиду на безбарвні аніони-окисники у присутності хлороформу є: **A.** Поява забарвлення вільного йоду

B. Утворення осаду білого кольору **C.** Зміна агрегатного стану **D**. Виділення бульбашок газу **E**. Утворення осаду та його розчинення у надлишку реагенту
4. У суміші $NaHCO_3$ з Na_2CO_3 необхідно ідентифікувати Na_2CO_3. Оберіть індикатор, який у присутності натрій карбонату забарвлюється в червоний колір: **A.** Крохмаль **B.** Метиленовий синій **C**. Метиловий оранжевий **D**. Фенолфталеїн **E.** Тимоловий синій
5. Хімік-аналітик проводить якісний аналіз фосфат-іонів за допомогою фармакопейної реакції, в результаті якої утворився жовтий осад. Який реактив використав фахівець? **A.** Калію нітрат **B.** Натрію нітрат **C.** Калію хлорид **D.** Аргентум нітрат **E.** Хлоридну кислоту
6. Які аніони утворюють борноетиловий естер, що забарвлює полум'я пальника у зелений колір: **A.** Силікат-іони **B**. Флуорид-іони **C**. Борат-іони **D.** Оксалат-іони **E**. Сульфат-іони
7. До розчину, що містить аніони I аналітичної групи, додали розчин магнезіальної суміші. Утворився білий кристалічний осад. Наявність яких аніонів обумовлює такий аналітичний ефект? **A.** PO_4^{3-} і AsO_4^{3-} **B**. AsO_3^{3-} **C**. $S_2O_3^{2-}$ **D**. SO_3^{2-} **E**. $C_2O_4^{2-}$
8. Оберіть реагенти, що дозволяють виявити оксалат-іони: **A.** $CrCl_3$, $CoCl_3$ **B.** NaI, KBr **C**. KOH, NH_4Cl **D**. $CaCl_2$, $KMnO_4$ **E**. $Zn(NO_3)_2$, KNO_2
9. Аналітик провів реакцію на тіосульфат-іони з мінеральними кислотами. Вкажіть аналітичний ефект реакції: **A.** Помутніння розчину і виділення газу з характерним запахом, який знебарвлює йодну воду. **B.** Утворення зеленого осаду **C.** Утворення чорного осаду **D.** Утворення червоного осаду **E.** Утворення синього осаду

II. Якісні реакції аніонів II аналітичної групи.

1. ***Дія розчину аргентум нітрату - $AgNO_3$ (групового реагенту)**.

До 2-3 крапель розчинів солей, що містять хлорид-, бромід-, йодид-, сульфід-іони - додають по 2-3 краплі розчину $AgNO_3$, підкисленому 2 М розчином нітратної кислоти (HNO_3). Випробовують розчинність осадів в розчинах амоніаку.

$Cl^- + Ag^+ \rightleftharpoons$
$Br^- + Ag^+ \rightleftharpoons$
$I^- + Ag^+ \rightleftharpoons$
$S^{2-} + 2Ag^+ \rightleftharpoons$

$AgCl\downarrow + 2NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$
$AgBr\downarrow + 2NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$
$AgI\downarrow + 2NH_3 \cdot H_2O \rightarrow$

2. Реакції бромід-іонів.

2.1. *Дія розчину окисників – «хлорної води».

До 2-3 крапель розчину натрій броміду додають 2-3 краплі 1 М розчину сульфатної кислоти, 5 крапель хлороформу і додають по краплях при постійному струшуванні свіжовиготовлену «хлорну воду». При цьому спостерігається забарвлення хлороформного шару в оранжевий колір.

$-2e + 2Br^- \rightleftharpoons$
$+2e + Cl_2 \rightleftharpoons$
$2Br^- + Cl_2^- \rightarrow$

3. Реакції йодид-іонів.

3.1. *Дія розчину окисників – «хлорної води».

До 2-3 крапель розчину калій йодиду додають 5 крапель хлороформу і по краплях свіжовиготовлену «хлорну воду». При цьому спостерігається забарвлення хлороформного шару в фіолетовий колір.

$+2e + Cl_2 \rightleftharpoons$
$-2e + 2I^- \rightleftharpoons$
$Cl_2 + 2I^- \rightarrow$

4. Реакції сульфід-іонів.

4.1. Дія розчину натрій нітропрусиду ($Na_2[Fe(CN)_5NO]$).

До 2-3 крапель розчину амоній сульфіду ($(NH_4)_2S$) або розчин H_2S додають 2 краплі 0,5 М розчину натрій гідроксиду та 1-2 краплі розчину натрій нітропрусиду.

$$S^{2-} + [Fe(CN)_5NO]^{2-} \rightleftharpoons [Fe(CN)_5NOS]^{4-}$$ ***червоно-фіолетове забарвлення***

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Груповим реагентом на другу аналітичну групу аніонів (Cl^-, Br^-, I^-, S^{2-}) є розчин $AgNO_3$ з додаванням:
A. Ацетатної кислоти
B. Хлоридної кислоти
C. Нітратної кислоти
D. Бромідної кислоти
E. Сульфідної кислоти

2. До розчину, що містить аніони другої аналітичної групи, додали розчин арґентум нітрату. Утворився блідо-жовтий осад, нерозчинний в нітратній кислоті і частково розчинний у розчині амоніаку. Які аніони

присутні в розчині?
A. Бромід-іони
B. Хлорид-іони
C. Йодид-іони
D. Сульфід-іони
E. Арсеніт-іони

3. Який реагент використовують для відокремлення осаду AgCl від AgI?
A. Водний розчин амоніаку
B. Концентрована нітратна кислота
C. Розведена нітратна кислота
D. Концентрований розчин калій хлориду
E. Розчин сульфатної кислоти

4. Оберіть реагент для відділення AgCl↓ від AgBr↓ та AgI↓ в ході аналізу суміші аніонів II аналітичної групи:
A. 10% розчин KOH
B. 15% розчин NaOH
C. 12% розчин NH_4Cl
D. 12% розчин $(NH_4)_2CO_3$
E. 25% розчин H_2SO_4

5. У розчині присутні йодид- і хлорид-іони. Виберіть реагент для виявлення йодид-іонів***:***
A. Вапняна вода
B. Сірководнева вода
C. Гіпсова вода
D.Хлорна вода
E. Баритова вода

6. До розчину, що містить аніони другої аналітичної групи, додали хлорну воду та органічний екстрагент. При цьому спостерігалось фіолетове забарвлення органічного шару. Які аніони присутні у розчині?
A. Бромід-іони
B. Йодид-іони
C. Хлорид-іони
D. Сульфід-іони
E. Тіоціанат-іони

7. До досліджуваного розчину додали хлороформ і краплями хлорну воду. Хлороформний шар забарвився в оранжевий колір. Це свідчить про присутність у розчині:
A. Сульфат-іонів
B. Йодид-іонів
C. Сульфіт-іонів
D. Бромід-іонів
E. Нітрат-іонів

8. Який аніон другої аналітичної групи утворює чорний осад з груповим реагентом $AgNO_3$?
A. NCS^-
B. I^-
C. Cl^-
D. Br^-
E. S^{2-}

9. Який реагент використовують для виявлення S^{2-}-іонів у присутності SO_3^{2-}, SO_4^{2-} і $S_2O_3^{2-}$-іонів?
A. Кальцій карбонат
B. Амоній оксалат
C. Натрій гідроксид
D. Калій гідроксид
E. Натрій нітропрусид

III. Якісні реакції аніонів III аналітичної групи.

1. Реакції нітрат-іонів.

1.1. Дія розчину ферум (II) сульфату ($FeSO_4$).

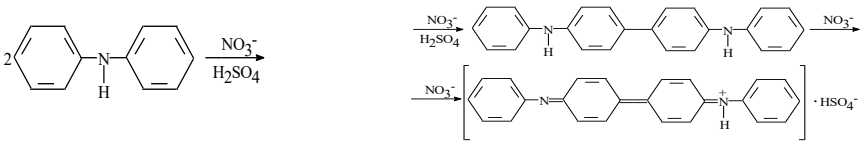
До 3-5 крапель розчину калій нітрату додають 5-8 крапель розчину $FeSO_4$, перемішують і обережно по стінці пробірки додають 2-3 краплі концентрованої сульфатної кислоти (H_2SO_4).

$$\begin{array}{l|c} + e + Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} & 3 \\ - 3e + NO_3^- + 4H^+ \rightleftharpoons NO\uparrow + 2H_2O & 1 \\ \hline 3Fe^{2+} + NO_3^- + 4H^+ \rightarrow 3Fe^{3+} + NO\uparrow + 2H_2O & \end{array}$$

$$SO_4^{2-} + Fe^{2+} + NO \rightarrow [Fe(NO)]SO_4$$

1.2. .* Дія розчину дифеніламіну.

До 3-5 крапель розчину калій нітрату (KNO_3) додають 5-8 крапель розчину дифеніламіну. Утворюється сполука ***синього кольору.***



2. Реакції нітрит-іонів.

2.1.* Дія розчину мінеральної кислоти.

До 5-6 крапель розчину натрій нітриту ($NaNO_2$) додають 3-4 краплі 1М розчину сульфатної кислоти (H_2SO_4).

$$2NO_2^- + 2H^+ \rightleftharpoons 2HNO_2$$
$$2HNO_2 \rightarrow NO_2\uparrow + NO\uparrow + H_2O$$

2.2. Дія розчину окисників - калій перманганату ($KMnO_4$).

До 2-3 крапель розведеного розчину $KMnO_4$, підкисленому 2-3 краплями 1 М розчину сульфатної кислоти, додають при струшуванні 2-5 крапель розчину натрій нітриту ($NaNO_2$).

$$\begin{array}{l|c} + 5e + MnO_4^- + 8H^+ \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O & 2 \\ - 2e + NO_2^- + H_2O \rightleftharpoons NO_3^- + 2H^+ & 5 \\ \hline 2MnO_4^- + 6H^+ + 5NO_2^- \rightarrow 2Mn^{2+} + 3H_2O + 5NO_3^- & \end{array}$$

2.3. Дія розчину калій йодиду (KI).

До 2-3 крапель розчину натрій нітриту додають 1-2 краплі 1М розчину сульфатної кислоти та 5 крапель хлороформу. При енергійному струшуванні додають 2-3 краплі розчину калій йодиду. Хлороформний шар при цьому забарвлюється в червоно-фіолетовий колір.

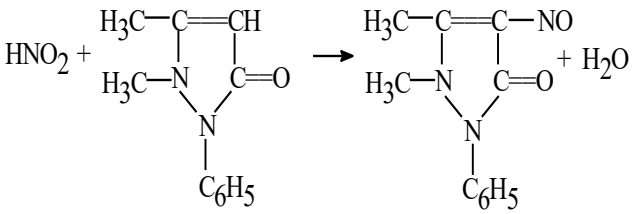
$$\begin{array}{l|c} + e + NO_2^- + 2H^+ \rightleftharpoons NO\uparrow + H_2O & 2 \\ - 2e + 2I^- \rightleftharpoons I_2 & 1 \\ \hline 2NO_2^- + 4H^+ + 2I^- \rightarrow 2NO\uparrow + 2H_2O + I_2 & \end{array}$$

3. Реакції нітрат та нітрит-іонів.

3.1. *Дія розчину антипірину.

У фарфоровій чашці розчиняють декілька кристалів антипірину у 2-х краплях разведеної HCl та додають 2 краплі розчину натрій нітриту.

$$NO_2^- + H^+ \rightleftharpoons HNO_2$$



Нітрит-іони реагують з антипірином у кислому середовищі з утворенням осаду смарагдово-зеленого кольору; нітрат іони утворюють осад червоного кольору.

4. Реакції ацетат-іонів.

4.1. Дія розчину сульфатної кислоти (H_2SO_4).

До 5-6 крапель розчину натрій ацетату додають 2-3 краплі 1 М розчину сульфатної кислоти.

$$CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH$$

4.2. Реакція утворення етилацетату.

В пробірці змішують невелику кількість кристалічного натрій ацетату з 3-4 краплями концентрованої сульфатної кислоти і 5-8 краплями етилового спирту. Суміш нагрівають протягом 1 хвилини на водяній бані та виливають в стакан з холодною водою.

$$CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH$$

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \xrightleftharpoons{\text{конц.}H_2SO_4,\Delta} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Чому аніони третьої аналітичної групи не мають групового реагенту? **A.** З більшістю катіонів утворюють розчинні у воді солі **B**. Мають великі іонні радіуси **C.** Мають близькі іонні радіуси **D.** Мають здатність утворювати розчинні кислоти **E.** Належать до токсичних елементів
2. Які аніони з солями феруму(II) у присутності концентрованої сульфатної кислоти утворюють буре кільце? **A.** Ацетат-іони **B**. Цитрат-іони **C**. Нітрат-іони **D**. Бромат-іони **E.** Тіоціанат-іони
3. Однаковий аналітичний ефект спостерігають при взаємодії NO_3^- та NO_2^--іонів з: **A.** Розчином $AgNO_3$ **B**. Розчином $KMnO_4$ **C.** Розчином I_2 у KI **D.** Дифеніламіном і концентрованою H_2SO_4 **E.** Розчином $BaCl_2$

4. Нітрит-іони (NO_2^-) у присутності нітрат-іону (NO_3^-) можна виявити за допомогою:
A. Кристалічного антипірину у присутності розведеної HCl
B. Кристалічного натрій тіосульфату
C. Диметилгліоксиму
D. Кристалічного ферум (III) сульфату
E. Дифенілкарбазон

5. Оберіть реагент для виявлення CH_3COO^-- іонів:
A. NaOH
B. KCl
C. H_2SO_4
D. $Ba(OH)_2$
E. NH_4OH

6. Фармакопейною реакцією виявлення бензоат-іонів є взаємодія з розчином:
A. Ангідриду ацетатної кислоти
B. Калій хлориду
C. Резорцину
D. Ферум (III) хлориду
E. Дифеніламіну

7. При виявленні аніонів у розчині дробним способом провели реакцію з ферум (III) хлоридом у кислому середовищі, з'явилося червоно-фіолетове забарвлення розчину. Який аніон обумовив цей аналітичний ефект?
a) саліцилат
b) хлорид
c) нітрат
d) бромат
e) фосфат

8. Оберіть реагент, що дозволяє відрізнити NO_2^-- від NO_3^--іонів:
a) $KMnO_4$
b) KCl
c) $K_2Cr_2O_7$
d) K_2CrO_4
e) Na_2CrO_4

9. Реакцію виявлення ацетат-іонів проводять за допомогою:
a) $HCl + C_2H_5OH$
b) $H_2SO_4 + CH_3OH$
c) $HCl + CH_3OH$
d) $HNO_3 + C_2H_5OH$
e) H_2SO_4 (конц.) + C_2H_5OH

10. При проведенні експрес-аналізу на бензоат-іони реакцією з ферум (III) хлоридом (фармакопейна реакція) утворюється:
a) зелений осад
b) чорний осад
c) рожево-жовтий осад
d) червоний осад
e) синій осад

ТИТРИМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ*

ЗАНЯТТЯ №___

Тема:Кислотно-основне титрування.

Робота 1. Визначення масової відсоткової частки натрію карбонату ($NaHCO_3$) способом окремих наважок

Рівняння реакцій:

$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2CO_3$$

Розрахунок молярної маси речовини еквівалента E ($NaHCO_3$) та стехіометричного співвідношення s:

$$E\ (NaHCO_3) = M\ (NaHCO_3) \cdot f$$

$$f=1 \quad s=1$$

Точну наважку натрію карбонату переносять в колбу для титрування, розчинюють у зручному для титрування об'ємі дистильованої води, додають 1-2 краплі обраного індикатору (метиленового - оранжевого) і титрують стандартним розчином хлоридної кислоти (HCl) до зміни забарвлення розчину. Титрування повторюють до одержання відтворюваних результатів.

Розраховують масову відсоткову частку натрію карбонату за молярною масою речовини еквівалента E ($NaHCO_3$) та за молярною масою M ($NaHCO_3$) та s:

Дано:
c(HCl)=
V(HCl)=
E($NaHCO_3$)=84,007 г/моль
M($NaHCO_3$) =84,007 г/моль
s= 1
m($NaHCO_3$) =

---

w_{NaHCO3}-?

Розраховують масову відсоткову частку натрію карбонату згідно титру титранту за досліджуваною речовиною T(HCl/ $NaHCO_3$) та K(HCl):

Дано:
T(HCl/$NaHCO_3$)=
K(HCl) =
V(HCl)=
m($NaHCO_3$) =

---

w_{NaHCO3} -?

*В лабораторному практикумі використовуються стандартні розчини з молярною концентрацією речовини еквівалента. Паралельно необхідно проводити розрахунки з використанням стандартних розчинів з молярною концентрацією розчиненої речовини.

Робота 2. Визначення масової відсоткової частки оксалатної кислоти ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) способом піпеткування

Рівняння реакцій:

$$\mathbf{H_2C_2O_4 + 2NaOH = Na_2C_2O_4 + 2H_2}$$

Розрахунок молярної маси речовини еквівалента Е ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) та стехіометричного співвідношення s:

$$\mathbf{E\ (H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O) = M\ (H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O) \cdot f}$$

$$\mathbf{f=1/2 \quad s=1/2}$$

Точну наважку оксалатної кислоти переносять через суху воронку в мірну колбу на 100,00 $см^3$, розчиняють її у дистильованой воді. Розчин перемішують до повного розчинення наважки. Потім доводять дистильованою водою об'єм розчину у колбі до мітки. Отриманий розчин ретельно перемішують.

Для титрування відбирають піпеткою аліквотну частину приготованого розчину в колбу для титрування, додають 1-2 краплі обраного індикатору (фенолфталеїну) і титрують стандартним розчином натрію гідроксиду (NaOH) до зміни забарвлення розчину. Титрування повторюють до одержаня відтворюваних результатів.

Розраховують масову відсоткову частку оксалатної кислоти за молярною масою речовини еквівалента Е ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) та за молярною масою М($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) та s:

Дано:
c(NaOH) =
V(NaOH) =
E($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) = 63,033 г/моль
M($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) = 126,066 г/моль
s=
Vм.к. =
Vп. =
m($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) =

$w_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O}$ -?

Розраховують масову відсоткову частку оксалатної кислоти згідно титру титранту за досліджуваною речовиною Т(NaOH / $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) та К(NaOH):

Дано:
T(NaOH / $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$)=
K(NaOH) =
V(NaOH) =
m($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) =
Vм.к. =
Vп. =

$w_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O}$- ?

Тема: Зворотне кислотно-основне титрування.

Робота 1. Визначення грамового вмісту амоніаку в розчині.

Рівняння реакцій:

$$NH_4OH + HCl_{(надлишок)} \rightleftharpoons NH_4Cl + H_2O$$

$$HCl_{(залишок)} + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

Розрахунок молярної маси речовини еквіваленту E_{NH3}, стехіометричного співвідношення s:

$$E_{NH3} = M_{NH3} \cdot f \qquad f=1 \quad s=1$$

В колбу для титрування відміряють бюреткою 35,00-40,00 $см^3$ стандартного розчину хлоридної кислоти. Додають 20,00 $см^3$(відміряють піпеткою) аналізованого розчину амоніаку і 1-2 краплі метилового оранжевого. Залишок кислоти, що не вступила в реакцію з амоніаком, титрують стандартним розчином натрій гідроксиду до переходу червоного забарвлення розчину в жовте. Титрування повторюють до одержання відтворюваних результатів.

Розраховують грамовий вміст амоніаку в 100 $см^3$аналізованого розчину за молярною масою речовини еквівалента E (NH_3) та молярною масою M(NH_3) та s.

Дано:

c(HCl) =
V(HCl) =
c(NaOH) =
V(NaOH) =
E(NH_3) =
M(NH_3) =
s=
Vм.к. =
Vп. =

г(NH_3)/100 $см^3$ - ?

Розраховують грамовий вміст амоніаку в 100 $см^3$аналізованого розчину згідно титру титранту за досліджуваною речовиною T(HCl/NH_3) та K(HCl) і K(NaOH):

Дано:

T(HCl/NH_3)=
K($_{HCl}$)=
K($_{NaOH}$)=
V(HCl)=
V(NaOH) =
Vм.к. =
Vп. =

г(NH_3)/100 $см^3$ -

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Кінцеву точку титрування в методі нейтралізації визначають:
A. Застосовують всі перелічені методи
B. За допомогою (pH-індикаторів)
C. Потенціометрично (за зміною pH- середовища)
D. Кондуктометрично (за зміною електропровідності розчину)
E. Інструментальними методами

2. При зворотному титруванні водного розчину ацетатної кислоти як індикатор використовують:
A. Еріохром чорний Т
B. Дифеніламін
C. Дифенілкарбазон
D. Фенолфталеїн
E. Мурексид

3. При обчисленні результатів кількісного аналізу через титр титранту за досліджуваною речовиною вводять:
A. Фактор перерахунку
B. Поправковий коефіцієнт до молярної концентрації
C. Поправочний індекс
D. Коефіцієнт співвідношення
E. Коефіцієнт відхилення

4. Необхідно провести кількісне визначення натрій гідрогенкарбонату в препараті. Яким із методів титриметричного аналізу його можна визначити?
A. Окисно-відновне титрування
B. Комплексиметричне титрування
C. Кислотно-основне титрування
D. Неводне титрування
E. Осаджувальне титрування

5. Титрантами методу нейтралізації є стандартні розчини кислот і лугів, які є вторинними стандартними розчинами. Оберіть речовину, за якою стандартизують розчин хлоридної кислоти:
A. $CaCO_3$
B. $Na_2S_2O_3$
C. HNO_3
D. $H_2C_2O_4$
E. Na_2CO_3

6. Для кількісного визначення лікарських речовин використовують метод ацидиметрії, титрантом якого є вторинний стандартний розчин хлоридної кислоти. За якою сполукою встановлюють точну концентрацію хлоридної кислоти?
A. Магній сульфат
B. Оксалатна кислота
C. Калій дихромат
D. Натрій тіосульфат
E. Натрій тетраборат

7. В контрольно-аналітичній лабораторії хіміку необхідно провести стандартизацію розчину натрію гідроксиду. Який первинний стандартний розчин він може для цього використати?
A. Кислоти хлористоводневої
B. Кислоти оцтової
C. Кислоти щавлевої
D. Натрію тетраборату
E. Натрію хлориду

Список літературних джерел та інформаційних ресурсів
Базовий (основний)

1. Аналитическая химия : учеб. пособие для студентов вузов / И. С. Гриценко [и др.] ; под общ. ред. И. С. Гриценко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков : НФаУ : Оригинал, 2017. – 504 с.

2. Аналитическая химия в схемах и таблицях : учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования / И. С. Гриценко [и др.] ; под общ. ред. И. С. Гриценко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Харьков : НФаУ : Золотые страницы, 2019. – 320 с.

3. Аналітична хімія : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / В. В. Болотов [та ін.] ; за заг. ред. проф. В. В. Болотова. – Харків : НФаУ : Оригінал, 2004. – 480 с.

4. Аналітична хімія : навч.-довід. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / В. В. Болотов [та ін.] ; за заг. ред. В. В. Болотова. – Харків : НФаУ, 2014. – 320 с.

5. Аналітична хімія: якісний та кількісний аналіз : навч. конспект лекцій / В. В. Болотов [та ін.]. – Вінниця : Нова книга, 2011. – 424 с.

6. Васильев, В. П. Аналитическая химия : в 2 кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрический методы анализа / В. П. Васильев. – М. : Дрофа, 2003. – 368 с.

7. Васильев, В. П. Аналитическая химия : в 2 кн. Кн. 2: Физико-химические методы анализа / В. П. Васильев. – М. : Дрофа, 2003. – 384 с.

8. Державна Фармакопея України : в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». – 2-е вид. – Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. – Т. 1. – 1128 с.

9. Державна Фармакопея України : в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». – 2-е вид. – Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. – Т. 2. – 724 с.

10. Державна Фармакопея України : в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». – 2-е вид. – Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. – Т. 3. – 732 с.

11. Кількісний аналіз. Титриметричні методи аналізу / В. В. Петренко [та ін.]. – Запоріжжя, 2006. – 215 с.

12. Практикум з аналітичної хімії : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / В. В. Болотов [та ін.] ; за заг. ред. В.В. Болотова. – Харків : НФаУ : Золоті сторінки, 2003. – 240 с.

13. Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика) : в 2-х кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный аналіз / Ю. Я. Харитонов. – М. : Высш. шк., 2001. – 604 с.

14. Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика) : в 2-х кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / Ю. Я. Харитонов. – М. :

Высш. шк., 2001. – 559 с.

Додатковий (допоміжний)

1. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. (Лучший зарубежный учебник) / под ред. Р. Кельнер, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г. М. Видмер ; под общ. ред. акад. Ю. А. Золотова. – М : Мир «АСТ», 2004 – Т. 1. – 608 с. ; Т. 2. – 728 с.

2. Аналітична хімія : підруч. для студентів напряму «Фармація» і «Біотехнологія» ВНЗ / Н. К. Федущак [та ін.]. – Вінниця : Нова Книга, 2012. – 640 с.

3. Васильев, В. П. Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач / В. П. Васильев, Л. А. Кочергина, Т. Д. Орлова ; под ред. В. П. Васильева. – 2-е изд. – М. : Дрофа, 2003. – 320 с.

4. Васильев, В. П. Практикум по аналитической химии / В. П. Васильев, Р. П. Морозова, Л. А. Кочергина ; под ред. В. П. Васильева. – М. : Химия, 2000. – 328 с

5. Кристиан, Г. Аналитическая химия : в 2-х т. / Г. Кристиан ; пер. с англ. – М. : Бином, Лаборатория знаний, 2009. – Т. 1. – 627 с. ; Т. 2. – 616 с.

Навчальне видання

Гриценко Іван Семенович,
Колісник Сергій Вікторович
Петухова Ірина Юріївна
Кизим Олена Георгіївна

Дисципліна «Аналітична хімія»
Модуль 1

РОБОЧИЙ ЗОШИТ ДЛЯ АУДИТОРНОЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Формат 60х84/8. Ум. друк. арк. 9,0. Тираж 100 пр.

Національний фармацевтичний університет
вул. Пушкінська, 53, м. Харків, 61002
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи серії ДК № 3420 від 11.03.20