

ФАРМАКОПЕЙНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

Електронний
методичний посібник



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ
КАФЕДРА АНАЛІТИЧНОЇ ТА ТОКСИКОЛОГІЧНОЇ ХІМІЇ

ФАРМАКОПЕЙНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

ЕЛЕКТРОННИЙ МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК
до лабораторних занять та самостійної роботи
для студентів факультету хімії та фармації

ОДЕСА
ОНУ
2023

УДК 543.061
Ф247

Укладачі:

Д. В. Снігур, кандидат хімічних наук, доцент кафедри аналітичної та токсикологічної хімії;

О. М. Гузенко, кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри аналітичної та токсикологічної хімії;

Т. М. Щербакова, кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри аналітичної та токсикологічної хімії;

О. М. Жуковецька, аспірант кафедри аналітичної та токсикологічної хімії.

Рецензенти:

Н. Н. Муратов, кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімічних технологій національного університету «Одеська політехніка»;

Т. О. Кіосе, кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри неорганічної хімії та хімічної освіти Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

*Рекомендовано вченою радою факультету
хімії та фармації ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 8 від 12 травня 2023 р.*

Фармакопейні методи аналізу [Електронний ресурс] :
Ф247 електрон. метод. посібник для студентів ф-ту хімії та фармації / уклад.: Д. В. Снігур, О. М. Гузенко, Т. М. Щербакова, О. М. Жуковецька. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2023. – 102 с. – 1,3 МБ.

Методичний посібник складено відповідно до програми курсу «Фармакопейні методи аналізу». Рекомендований для студентів природничих факультетів, які навчаються за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація», при підготовці до лабораторних занять та складання ліцензійного інтегрованого іспиту «КРОК І».

УДК 543.061

ЗМІСТ

ВСТУП	4
 РОЗДІЛ І. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФАРМАКОПЕЙНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ.....	 5
1.1. Якісний хімічний аналіз та вибрані фармакопейні реакції...	5
1.2. Методи кількісного хімічного аналізу.....	20
1.3. Інструментальні методи аналізу.....	33
1.4. Методи розділення та концентрування.....	36
 РОЗДІЛ ІІ. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ.....	 44
 РОЗДІЛ ІІІ. ТЕСТОВІ ПИТАННЯ	 52
3.1. Якісний аналіз.....	52
3.2. Хімічні методи кількісного аналізу.....	65
3.3. Інструментальні методи аналізу.....	83
3.4. Методи розділення та концентрування.....	95
 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ	 98
 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	 101

ВСТУП

Аналітична хімія – це наука, яка розробляє теоретичні основи і методи хімічного аналізу. Практичним завданням аналітичної хімії є встановлення хімічного складу речовин або їхніх сумішей, що є важливою складовою при підготовці спеціалістів з вищою фармацевтичною освітою та є основою для опанування спеціальними дисциплінами: фармацевтичною хімією, фармакогнозією, технологією ліків та ін. Аналітична хімія як одна з провідних дисциплін останнім часом зазнала значних змін. Постійне зростання вимог до якості промислових матеріалів та продукції сільського господарства, розвиток науки поряд з необхідністю посилення контролю за станом навколишнього середовища, покращення діагностики захворювань людини та тварин – все це викликало появу та розробку цілого ряду прикладних завдань до багатьох видів хімічного аналізу. Це – технічний, харчовий, сільськогосподарський, біохімічний, фармацевтичний, токсикологічний, санітарно-гігієнічний та багато інших. Теоретичні основи аналітичної хімії розглядаються, виходячи з позицій ряду найбільш важливих законів – періодичного закону, закону діючих мас, протолітичної теорії Бренстеда та Лоурі, що дозволяє більш детально вивчити та пояснити протікання хіміко-аналітичних реакцій. У програмі значна увага приділяється хімічним методам якісного аналізу.

Даний методичний посібник складено у відповідності до програми курсу за вибором «Фармакопейні методи аналізу» для студентів факультету хімії та фармації ОНУ імені І. І. Мечникова, які навчаються за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація» та 102 «Хімія» (Фармацевтична хімія), який також стане у нагоді студентам при опануванні дисципліни «Стандартизація та контроль якості лікарських засобів», «Стандартизація лікарських препаратів» та «Сучасні аналітичні лабораторні практики. Методичний посібник містить приклади розв’язання розрахункових задач, типові тестові питання та перелік питань до підсумкового контролю.

РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФАРМАКОПЕЙНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ

1.1. Якісний хімічний аналіз та вибрані фармакопейні реакції

Аналітична хімія – це наука про методи визначення хімічного складу речовин. Вона має два основних розділи: якісний аналіз та кількісний аналіз. Завдання *якісного аналізу* – виявляти, з яких елементів, іонів або хімічних сполук складається досліджуваній зразок та ідентифікувати сполуки. Мета *кількісного аналізу* – визначити кількісні співвідношення між складовими частинами речовин.

З чималого різноманіття хімічних і фізичних процесів, у яких може взяти участь елемент, для аналітичних цілей використовують лише ті, які супроводжуються *аналітичним ефектом*, який дозволяє одержати інформацію про наявність і кількість відповідного елементу. Найбільш поширеними аналітичними ефектами є: утворення осаду, виділення газоподібних речовин, утворення кристалів (мікрокристалоскопічні реакції), зміна кольору розчину, проба на забарвлення полум'я у присутності відповідних солей та ін. Процеси (реакції), які супроводжуються аналітичними ефектами, називають *аналітичними*.

При виконанні хімічного якісного аналізу потрібна певна кількість речовини. В залежності від взятої для аналізу кількості речовини методи аналізу діляться на макрометоди, напівмікрометоди, мікрометоди та ультрамікрометоди.

При *макроаналізі* використовують 0,5–1,0 г речовини або 20–50 мл розчину. Аналіз виконують у звичайних пробірках, хімічних стаканах, колбах, осаді відділяють фільтруванням через фільтри, наприклад, паперові.

При *мікроаналізі* використовують, як правило, від 0,001 до 0,010 г речовини або від 0,05 до 0,50 мл розчину, реакції виконують крапельним або мікрокристалоскопічним методом.

Напівмікроаналіз займає проміжне становище між макро- та мікрометодами. Для аналізу звичайно використовують від 0,01 до 0,10 г сухої речовини або 0,5–5,0 мл розчину. Аналітичні реакції звичайно проводять у конусних пробірках, дозування розчину проводиться за допомогою крапельниці. Розділення твердої та рідкої фази проводять за допомогою центрифуги.

Щоб виявити і кількісно визначити окремий компонент, використовують певну його властивість, яка відрізняє компонент від інших. У більшості випадків речовину переводять спочатку в розчин, потім визначають у ньому окремі компоненти – іони або молекули. При виборі реакції обов'язково враховують її *чутливість*, а саме – найменшу кількість (*відкриваний мінімум*) речовини або іонів, які можна виявити за допомогою тієї або іншої реакції в певних умовах. Тобто, чим меншу кількість речовини можна виявити за тією чи іншою реакцією, тим вона чутливіша. Чутливість реакцій значною мірою залежить від умов їх проведення: рН розчину, температури, перемішування, концентрації взаємодіючих речовин тощо. На чутливість реакцій також впливають сторонні іони, які в більшості випадків присутні в досліджуваному розчині. Реакції, проведенню яких не заважають сторонні іони, називають *специфічними*.

Якісне виявлення іонів у розчинах можна виконувати дробним і систематичним методами аналізу.

Принцип дробного методу полягає в тому, що іони одного елемента виявляють певними характерними реакціями в присутності всіх інших іонів. При аналізі складної суміші, спочатку відділяють сторонні іони, які заважають виявленню, потім використовують реактиви, які були б специфічними для іонів одного елемента і не реагували б з іншими з утворенням продуктів реакції зі схожими властивостями.

Систематичний хід аналізу заснований на використанні схем розділення іонів на окремі групи. В якісному аналізі для розділення аніонів і катіонів найчастіше використовують реакції осадження з використанням групових реагентів. *Груповим реагентом* називають реактив, який з певною групою елементів дає подібні аналітичні

реакції. При цьому елементи поділяються на окремі аналітичні групи, які можна відділити в ході аналізу. Найбільш відомі кислотно-лужна класифікація катіонів (табл. 1) і класифікація аніонів, в основу якої покладена різна розчинність солей барію та аргентуму (табл. 2).

Таблиця 1

Розподіл катіонів за кислотно-лужною класифікацією

Аналіт. група	Катіони	Груповий реагент	Сполуки, що утворюються	Склад і властивості осадів
I	Li^+ , K^+ , Na^+ , NH_4^+	Немає	-----	Хлориди (MeCl), сульфати (MeSO_4) та гідроксиди (MeOH) розчиняються у воді
II	Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+}	2 н розчин HCl	Осади AgCl , PbCl_2 , Hg_2Cl_2	Хлориди (MeCl , MeCl_2) нерозчинні у воді та розведених кислотах
III	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}	2 н розчин H_2SO_4	Осади CaSO_4 , SrSO_4 , BaSO_4	Сульфати (MeSO_4) нерозчинні у воді та кислотах
IV	Zn^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Sn^{2+} , Sn(IV) , As(III) , As(V)	Надлишок 4 н розчину $\text{NaOH} + 3\%$ -ний H_2O_2	Розчини $[\text{Zn(OH)}_4]^{2-}$, $[\text{Al(OH)}_4]^{3-}$, $[\text{Cr(OH)}_6]^-$, $[\text{Sn(OH)}_3]^-$, $[\text{Sn(OH)}_6]^{2-}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-}	Гідроксиди (Me(OH)_n) розчинні в надлишку NaOH
V	Mg^{2+} , Mn^{2+} , Bi^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Sb(III) , Sb(V)	Надлишок 25 % розчину NH_4OH	Осади Mg(OH)_2 , Mn(OH)_2 , Bi(OH)_3 , Fe(OH)_3 , Fe(OH)_2	Гідроксиди (Me(OH)_n) нерозчинні в надлишку NaOH та NH_4OH
VI	Cu^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}	Надлишок 25 % розчину NH_4OH	Розчини $[\text{Cu(NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{Hg(NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{Cd(NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{Co(NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{Ni(NH}_3)_6]^{2+}$	Гідроксиди (Me(OH)_2) розчинні в надлишку NH_4OH з утворенням аміакатів

Групові реактиви використовуються як для відокремлення груп іонів, так і для перевірки їх присутності в розчині, а саме, щоб зробити висновок: чи варто далі проводити реакції для виявлення кожного з іонів даної групи.

Таблиця 2

Класифікація аніонів

Аналiт. група	Аніони				Дія групового реагенту
I	CO_3^{2-}	- карбонат	CrO_4^{2-}	- хромат	з AgNO_3 та BaCl_2 утворюються осад, розчинні в HNO_3^*
	BO_2^-	- борат	SiO_3^{2-}	- силікат	
	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	- тетраборат	AsO_4^{3-}	- арсенат	
	SO_4^{2-}	- сульфат	AsO_3^{3-}	- арсеніт	
	SO_3^{2-}	- сульфiт	F^-	- фторид	
	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	- тiосульфат	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	- оксалат	
	PO_4^{3-}	- фосфат			
II	Cl^-	- хлорид	$[\text{Fe}(\text{CN}_6)]^{4-}$	- ферроціанід	з AgNO_3 утворюються осад, які нерозчинні в HNO_3 ; з BaCl_2 – осад не утворюються
	Br^-	- бромід	$[\text{Fe}(\text{CN}_6)]^{3-}$	- ферриціанід	
	I^-	- йодид	SCN^-	- тiоціанат	
	S^{2-}	- сульфід		(роданід)	
III	NO_3^-	- нітрат			Групового реагенту немає, з AgNO_3 і BaCl_2 – осад не утворюються
	NO_2^-	- нітрит			
	CH_3COO^-	- ацетат			

* сульфат-іон SO_4^{2-} – виключення з цієї групи. З AgNO_3 – осад утворюється тільки в концентрованих розчинах; з BaCl_2 – осад, не розчиняється в HNO_3 .

Аналітичні методи є важливішими при контролі якості різноманітних лікарських форм, створенні та виготовленні нових препаратів, дослідженнях впливу ліків на організм людини тощо. Фармакопея України використовує найбільш ефективні методи аналізу, саме тому важливо приділити увагу вивченню реакцій виявлення катіонів, аніонів та органічних речовин, які включені до Державної Фармакопеї України та мають назву – *фармакопейні реакції*.

Фармакопейні реакції виявлення катіонів

I група катіонів Li^+ , K^+ , Na^+ , NH_4^+

Реакції йонів K^+

- $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ – натрію гексанітрокобальтат(III). Утворення кристалічного осаду жовтого кольору $\text{K}_2\text{Na}[(\text{Co}(\text{NO}_2)_6)]\downarrow$
- $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ – натрію гідрогентартрат. Утворення білого кристалічного осаду $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6\downarrow$
- Забарвлення полум'я. У присутності калію – фіолетовий відтінок полум'я. В присутності солей натрію фіолетовий відтінок полум'я маскується жовтим кольором, тому полум'я розглядають через синє скло (світлофільтр).

Реакції йонів Na^+

- $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$ – цинку-триуранілу октаацетат. Утворення зелено-жовтих кристалів $\text{NaZn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
- Забарвлення полум'я. У присутності натрію – жовтий відтінок полум'я.

Реакції йонів NH_4^+

- NaOH (KOH) – натрію чи калію гідроксид. Виділяється газоподібний аміак $\text{NH}_3\uparrow$

II група катіонів Ag^+ , Pb^{2+} , Hg_2^{2+}

Реакції йонів Ag^+

- HCl – хлоридна кислота чи розчинні хлориди (NaCl , KCl). Утворення білого осаду $\text{AgCl}\downarrow$
- HCHO – формальдегід (аміачний розчин). Утворення металевого срібла $\text{Ag}\downarrow$ на стінках пробірки.

Реакції йонів Pb^{2+}

- KI – калію йодид. Утворення жовтого осаду $\text{PbI}_2\downarrow$ (реакція відома під назвою “золотого дощу”)

III група катіонів Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}

Реакції йонів Ca^{2+}

- H_2SO_4 – сульфатна кислота чи розчинні сульфати (Na_2SO_4). Утворення осаду $\text{CaSO}_4\downarrow$. Реакцію можна провести мікрокристалоскопічним способом, спостерігаючи під мікроскопом утворення кристалів гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, які мають форму голок.
- $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ – діамонію оксалат. Утворення білого кристалічного осаду кальцію оксалату $\text{CaC}_2\text{O}_4\downarrow$
- Забарвлення полум'я. У присутності кальцію – цегляно-червоний колір полум'я

Реакції йонів Ba^{2+}

- H_2SO_4 – сульфатна кислота чи розчинні сульфати. Утворення білого кристалічного осаду $\text{BaSO}_4\downarrow$

IV група катіонів Zn^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Sn^{2+} , Sn(IV) , As(III) , As(V)

Реакції йонів Zn^{2+}

- $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – калію гексаціаноферат(II). Утворення білого осаду $\text{K}_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2\downarrow$.
- Na_2S – натрію сульфід. Утворення білого кристалічного осаду $\text{ZnS}\downarrow$.

Реакції йонів Al^{3+}

➤ $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ – кобальту нітрат. $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ при прокалюванні з солями алюмінію утворює алюмінат кобальту синього кольору $\text{Co}(\text{AlO}_2)_2$ («тенарова синь»).

Реакції йонів As^{3+} та As^{5+}

➤ AgNO_3 – аргентуму нітрат. Утворення осаду $\text{Ag}_3\text{AsO}_3\downarrow$ жовтого кольору чи $\text{Ag}_3\text{AsO}_4\downarrow$ шоколадного кольору.

➤ $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ – амонію сульфід (сильно кисле середовище). Утворення осаду жовтого кольору $\text{As}_2\text{S}_3\downarrow$ чи $\text{As}_2\text{S}_5\downarrow$.

➤ $\text{MgSO}_4 + \text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ – магнезіальна суміш. Утворення білого кристалічного осаду магнію-амонію арсенату $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4\downarrow$.

V група катіонів Mg^{2+} , Mn^{2+} , Bi^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Sb(III) , Sb(V)

Реакції йонів Mg^{2+}

➤ Na_2HPO_4 – динатрію гідрогенфосфат. Утворення кристалічного осаду – магнію – амонію фосфату білого кольору $\text{MgNH}_4\text{PO}_4\downarrow$.

Реакції йонів Bi^{3+}

➤ Na_2S – натрію сульфід. В кислому середовищі утворюється коричнево-чорний осад $\text{Bi}_2\text{S}_3\downarrow$.

Реакції йонів Fe^{2+}

➤ $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – калію гексацианоферат(III) (червона кров'яна сіль). Утворення синього кольору осаду “турнбулевої сині” $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2\downarrow$.

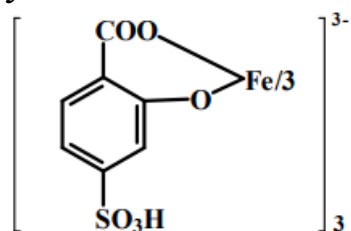
➤ $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ – амонію сульфід. Утворення осаду чорного кольору $\text{FeS}\downarrow$.

Реакції йонів Fe^{3+}

➤ Na_2S – натрію сульфід. Утворення осаду чорного кольору $\text{Fe}_2\text{S}_3\downarrow$.

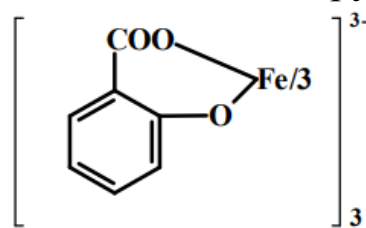
➤ Сульфосаліцилова та саліцилова кислоти.

Сульфосаліцилова кислота
(в кислому середовищі) при
взаємодії з Fe^{3+} утворює
комплекс червоно-фіалкового
кольору



Сульфосаліцилат феруму

Саліцилова кислота
(в присутності амоніаку) при
взаємодії з Fe^{3+} утворює
комплекс жовтого кольору



Саліцилат феруму

VI група катіонів Cu^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}

Реакції йонів Cu^{2+}

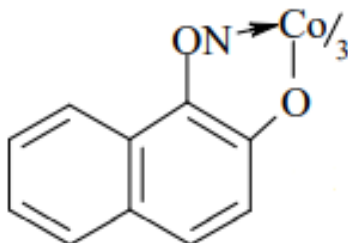
- $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – розчин амоніаку. Утворення голубувато-зеленого осаду $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4\downarrow$, який розчиняється в надлишку розчину амоніаку з утворенням купруму аміакату інтенсивного синього кольору $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$.
- Відновлення йонів Cu^{2+} до вільного металу. На металеву (алюмінієву або цинкову) пластинку наносять декілька крапель сульфатної або хлоридної кислоти, додають досліджуваний розчин солі купруму. В місці нанесення розчину спостерігають утворення червоної плями металічної міді.

Реакції йонів Hg^{2+}

- KOH , NaOH – гідроксиди лужних металів. Утворення жовтого осаду $\text{HgO}\downarrow$.
- KI – калію йодид. Утворення осаду $\text{HgI}_2\downarrow$ червоно-оранжевого кольору.
- Na_2S – натрію сульфід. Утворення білого осаду $\text{Hg}_3\text{S}_2\text{Cl}_2\downarrow$, який поступово чорніє $\text{HgS}\downarrow$.

Реакції йонів Co^{2+}

➤ реактив Ільїнського – 1-нітрозо-2-гідроксинафталін. Залежно від концентрації кобальту, розчин забарвлюється в червоний колір або випадає червоно-бурий осад:



Фармакопейні реакції виявлення аніонів

Аніони I аналітичної групи

$(\text{SO}_4^{2-}, \text{SO}_3^{2-}, \text{S}_2\text{O}_3^{2-}, \text{CO}_3^{2-}, \text{C}_2\text{O}_4^{2-}, \text{PO}_4^{3-}, \text{B}_4\text{O}_7^{2-}, \text{AsO}_4^{3-}, \text{AsO}_3^{3-}, \text{SiO}_3^{2-}, \text{F}^-)$

Реакції йонів SO_4^{2-}

➤ BaCl_2 – барію хлорид (в присутності KMnO_4). Після завершення осадження, з утворенням осаду $\text{BaSO}_4 \cdot \text{KMnO}_4 \downarrow$, додавають гідрогену пероксид і хлоридну кислоту до знебарвлення розчину над осадом. Фіалковий колір осаду повинен залишитись без змін.

Реакції йонів $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

➤ AgNO_3 – аргентуму нітрат. утворення білого осаду $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3 \downarrow$, який при стоянні чорніє внаслідок утворення аргентуму сульфідіду $\text{Ag}_2\text{S} \downarrow$.

➤ Реакція з мінеральними кислотами. У пробірку, оснащену газовідвідною трубкою, поміщають 6-7 краплин розчину Na_2SO_3 і стільки ж розведеної сульфатної кислоти. Закривають пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, яку вносять у розведений розчин KMnO_4 . Спостерігають знебарвлення розчину, а також помутніння розчину в пробірці внаслідок утворення сірки $\text{S} \downarrow$.

Реакції йонів CO_3^{2-}

- Реакція з мінеральними кислотами. У пробірку, оснащену газовідвідною трубкою, поміщають 6-7 краплин розчину Na_2CO_3 і стільки ж розведеної сульфатної чи хлористоводневої кислоти. Закривають пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої занурюють у розчин кальцій гідроксиду (чи баритової води). Спостерігають помутніння розчину.
- MgSO_4 – магнію сульфат. спостерігають випадання білого осаду $\text{MgCO}_3\downarrow$

Реакції йонів PO_4^{3-}

- AgNO_3 – аргентуму нітрат. Спостерігають утворення жовтого осаду $\text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow$.
- Суміш $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – магнезіальна суміш. Спостерігають утворення білого кристалічного осаду – амонію магнію фосфату $\text{MgNH}_4\text{PO}_4\downarrow$.

Реакції йонів $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$

- Проба на забарвлення полум'я. Зелений колір полум'я.
- Куркумін. В кислому середовищі солі борної кислоти забарвлюють в рожевий колір папірець, оброблений розчином куркуміна (куркуміновий папірець).

Реакції йонів AsO_3^{3-}

- AgNO_3 – аргентуму нітрат. Спостерігають утворення жовтого осаду $\text{Ag}_3\text{AsO}_3\downarrow$.

Реакції йонів AsO_4^{3-}

- AgNO_3 – аргентуму нітрат. Спостерігають утворення осаду “шоколадного кольору” $\text{Ag}_3\text{AsO}_4\downarrow$.
- $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ – молібденова рідина. Спостерігають утворення жовтого кристалічного осаду $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{As}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]\downarrow$.
- Сульфіди металів. В кислому середовищі осаджуються із розчинів арсенітів жовтий осад As_2S_3 , нерозчинний в концентрованій HCl , розчинний в розчинах амоніаку та амонію карбонату.

Аніони II аналітичної групи (Cl^- , Br^- , I^- , CN^- , SCN^- , S^{2-})

Реакції йонів Cl^-

➤ AgNO_3 – аргентуму нітрат. Спостерігають утворення білого осаду $\text{AgCl}\downarrow$.

Реакції йонів Br^-

➤ AgNO_3 – аргентуму нітрат. Спостерігають утворення жовтуватого осаду $\text{AgBr}\downarrow$.

➤ Дія сильних окисників (KMnO_4 , MnO_2 , PbO_2 , NaClO , хлорамін, хлорна вода). Спостерігають утворення вільного броду Br_2 .

Реакції йонів I^-

➤ AgNO_3 – аргентуму нітрат. Спостерігають утворення жовтого осаду $\text{AgI}\downarrow$.

➤ KMnO_4 – калію перманганат. Сильні окисники (KMnO_4 , MnO_2 , PbO_2 , NaClO , хлорамін, хлорна вода) здатні окислювати йодиди до вільного йоду I_2 , який добре екстрагується багатьма органічними розчинниками (бензен, хлороформ та ін.), забарвлюючи їх в червоно-фіолетовий колір.

➤ Cl_2 – розчин хлорної води. Утворюється вільний йод I_2 , який добре екстрагується багатьма органічними розчинниками (бензен, хлороформ та ін.), забарвлюючи їх в червоно-фіолетовий колір.

➤ NaNO_2 – натрію нітрит. Спостерігають утворення вільного йоду, який забарвлює розчин крохмалю в синій колір.

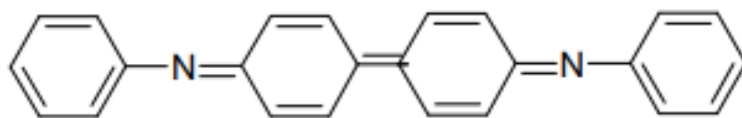
Реакції йонів S^{2-}

➤ $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ – натрію нітропрусид. Спостерігають утворення комплексної сполуки $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NOS}]$, забарвленої у червоно-фіолетовий колір.

Аніони III аналітичної групи (NO_3^- , NO_2^- , CH_3COO^-)

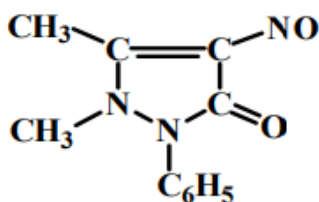
Реакції йонів NO_3^-

➤ Дифеніламін. Спостерігають утворення на стінках пробірки сполуки синього кольору:



Реакції йонів NO_2^-

- Реакція з кислотами (наприклад, H_2SO_4). Спостерігають виділення нітрогену діоксиду $\text{NO}_2\uparrow$ бурого кольору.
- Антипирин. Спостерігають появу яскраво-зеленого кольору нітритоантипирину:



Реакції йонів CH_3COO^-

- Реакція утворення естерів. Утворення амілацетату $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$, який розпізнають за характерним запахом “грушевої есенції”.
- FeCl_3 – феруму(III) хлорид. Спостерігають утворення оранжево-червоного кольору в розчині, а тоді появу такого ж кольору осаду $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{CH}_3\text{COO}\downarrow$.

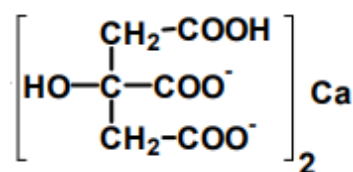
Фармакопейні реакції виявлення органічних речовин

Винна (тарtratна) кислота та її солі

- Кристали калію хлориду (KCl). Утворення білого кристалічного осаду гідротартрату калію $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6\downarrow$.
- Реакція з пірогалолом (або резорцином чи галловою кислотою). Розчин набуває фіалкового забарвлення.

Лимонна (цитратна) кислота та її солі

- Кальцію хлорид (CaCl_2).
Утворення білого осаду цитрату кальцію:



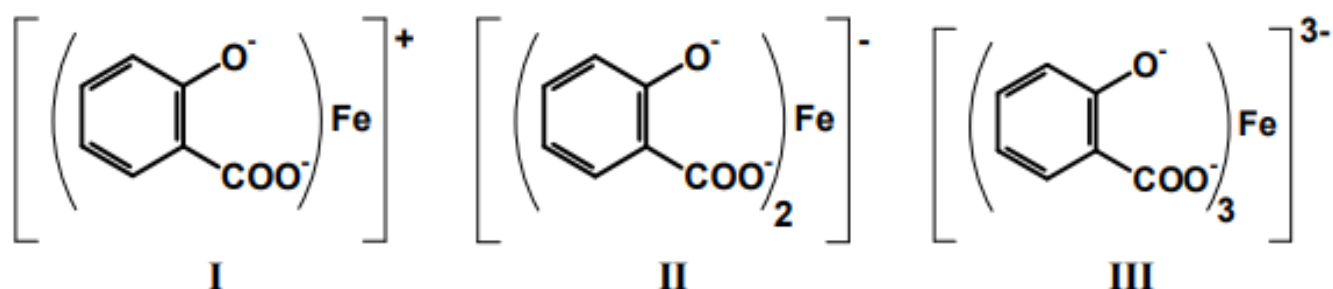
Саліцилова кислота та її солі

➤ Феруму(III) хлорид. Склад і забарвлення комплексів, що утворюються при взаємодії саліцилової кислоти з іонами феруму, залежить від рН середовища.

При рН = 1,8 - 2,5 утворюється моносаліцилатний комплекс феруму, що має синьо-фіолетове забарвлення (I).

При рН = 4 - 8 утворюється дісаліцилатний комплекс феруму, що має червоно-буре забарвлення (II).

При рН = 8 – 11 утворюється трисаліцилатний комплекс феруму, що має жовте забарвлення (III):



Органічні реагенти в якісному аналізі

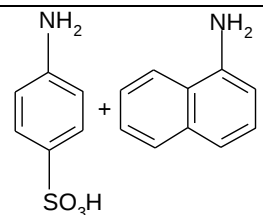
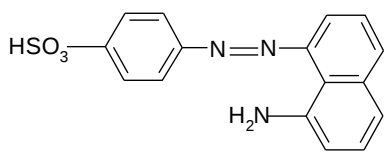
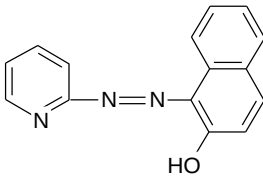
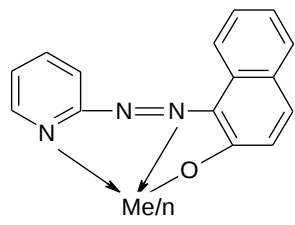
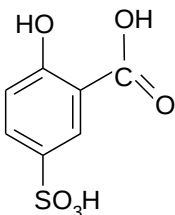
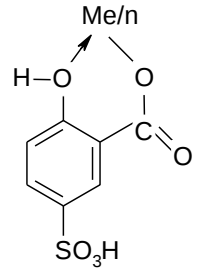
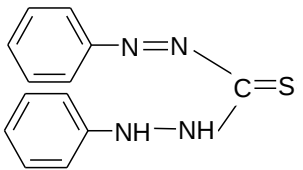
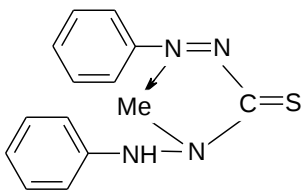
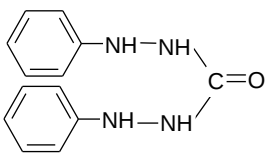
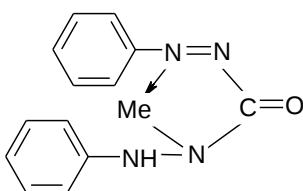
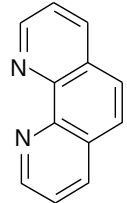
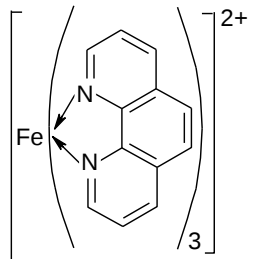
Органічні реагенти – це органічні сполуки (мономерні або полімерні) різних класів, що застосовуються для якісного або кількісного визначення неорганічних і органічних речовин, а також для розділення, концентрування, маскування та інших допоміжних або попередніх операцій, які супроводжують визначення речовин будь-якими методами.

Для того, щоб органічна сполука могла виступати в ролі органічного реагенту, в складі її молекули повинна бути присутня сукупність функціональних груп, так званих *функціонально-аналітичних угруповань* (ФАУ).

Одна з найбільш широких областей застосування органічних реагентів в аналітичній хімії – одержання комплексних сполук з іонами металів (табл. 3).

Органічні реагенти в якісному аналізі

Найменування та властивості реагенту	Формула реагенту	Формула комплексу
Диметилгліоксим (реактив Чугасва). Білий порошок, розчинний в етанолі, нерозчинний у воді	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{N}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{N}-\text{OH} \end{array}$	
Дифеніламін		
Алізарин Оранжево-червоний порошок, розчинний в етанолі, етиловому етері		
Нітрозо-R-сіль Жовтий порошок, розчинний у воді, слаборозчинний в етанолі		
8-оксихінолін Жовтий порошок, розчинний в етанолі, хлороформі, слабо розчинний у воді		
Магнезон-I Розчинний в етанолі		
Натрію родизонат		

Найменування та властивості реагенту	Формула реагенту	Формула комплексу
Реактив Грісса		
Піридилазо-2-нафтол (ПАН)		
Сульфосаліцилова кислота Безбарвні кристали, добре розчиняються в воді		
Дитизон (розчинний в CCl ₄). Коричневий порошок, малорозчинний у етанолі, нерозчинний у воді		
Дифенілкарбазид ↔ Дифенілкарбазон Дрібні безбарвні або рожеві кристали, розчинні в спирті при нагріванні		
1,10-фенантролін		

1.2. Методи кількісного хімічного аналізу

Опрацювання результатів хімічного аналізу

При проведенні експериментальних досліджень неодмінним супутником будь-яких вимірювань є, так звані, **похибки (помилки)**.

Найбільш поширені варіанти класифікації похибок є наступні:

- 1) **за способом обчислення** – **абсолютні** (наприклад, стандартне відхилення) і **відносні** (наприклад, відносне стандартне відхилення, процентна помилка) похибки;
- 2) залежно від **характеру причин**, які їх викликають – **випадкові, систематичні похибки та промахи**;
- 3) **за джерелами походження** – **інструментальні, реактивні, методичні, похибки пробовідбору** тощо (наприклад, індикаторна помилка, помилка співсаджень і таке інше);
- 4) залежно від того, **завищують або занижують** результат вимірювання порівняно з дійсним або середнім значенням, їх можна підрозділити на **додатні та від'ємні**.
- 5) **за типом зв'язку** між похибкою і вимірюваною величиною розрізняють **постійні**, значення яких не залежить від самої вимірюваної величини, і **пропорційні похибки**, значення яких пропорційно вимірюваній величині.

Гравіметричний аналіз

Сутність гравіметричного аналізу складається в точному визначенні маси речовини, яку виділяють в хімічно чистому вигляді або у вигляді речовини точно відомого складу. В гравіметричному аналізі розрізняють методи відгонки та методи осадження.

В гравіметричних методах відгонки компонент, який визначають, виділяють з проби і кількісно відганяють у вигляді леткої сполуки. При цьому можна визначати: 1) масу речовини, що відганяють (наприклад, масу CO_2 в CaCO_3 , після поглинання CO_2 трубкою з NaOH) – **прямий метод відгонки**; 2) масу речовини, що залишилась після відгонки леткої сполуки (масу компонента знаходять за різницею між масами проби до та після відгонки) –

непрямий метод відгонки (наприклад, визначення кристалізаційної води).

Гравіметричні методи осадження засновані на виділенні із системи певного елемента у вигляді важкорозчинної сполуки точно відомого складу (осаджувана форма), яку після фільтрування, промивання, висушування або прожарювання зважують (вагова, гравіметрична форма) (табл. 4).

Таблиця 4

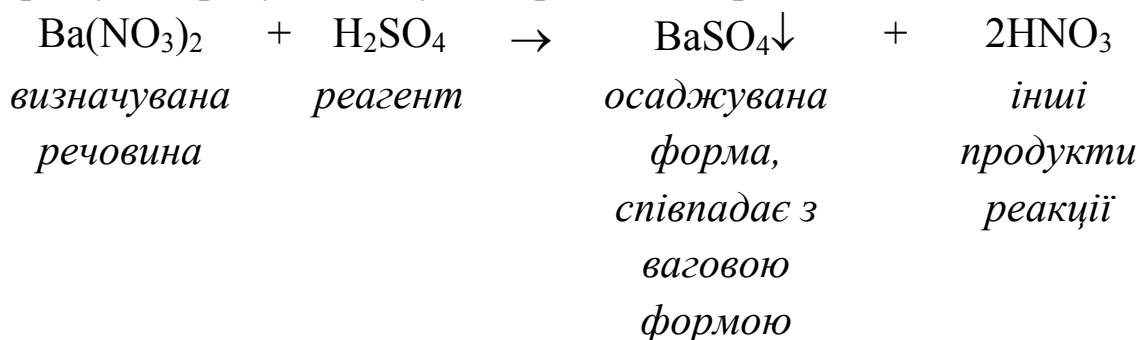
Вимоги до осаджуваної та вагової форм

№	Осаджувана форма	Вагова форма
1.	Осад повинен бути практично нерозчинним ($DP \leq 10^{-8}$)	Склад вагової форми повинен точно відповідати хімічній формулі
2.	Осад повинен займати певний об'єм	Вагова форма має бути хімічно стійкою, не реагувати з киснем, вуглекислим газом та водою
3.	Осад повинен швидко фільтруватися, добре промиватися, мало забруднюватися – тобто бажано бути кристалічним	Зручно, щоб вміст визначуваного елемента у ваговій формі був, як можна меншим, така як при цьому менша помилка результату експерименту

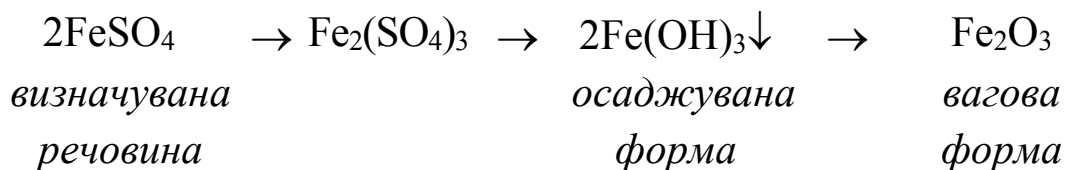
Основними етапами гравіметричного аналізу вважають:

1. *Зважування*: маса наважки залежить від вмісту компонента, який визначається, та структури осаду.

Через те, що осаджувана форма відрізняється за масою від вихідної наважки, необхідно робити розрахунок наважки аналізованого матеріалу. Розрахунок ведуть за рівнянням реакції:



У випадку, коли склад осаджуваної форми і гравіметричної форми відрізняються, розрахунок ведуть за схемою перетворення, наприклад:



У випадку виконання серії однотипних аналізів використовують **гравіметричний фактор (F)** – відношення молярних мас визначуваної речовини і вагової форми (із урахуванням коефіцієнтів у рівнянні реакції чи схемі перетворення):

$$F = \frac{2 \cdot M(\text{FeSO}_4)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)}.$$

За масою гравіметричної форми $m(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ можна обчислити масу аналізованої речовини:

- для аморфних осадів маса визначуваної речовини $m = \frac{0,1 \cdot F \cdot 100}{W}$;
- для кристалічних осадів $m = \frac{0,5 \cdot F \cdot 100}{W}$,

де m – маса наважки речовини, г; F – гравіметричний фактор; W – приблизний склад визначаємої речовини, %.

Спочатку на технічних терезах відважують необхідну масу речовини з точністю $\pm 0,01$ г, яку потім уточнюють на аналітичних терезах (з точністю до $1 \cdot 10^{-4}$ г).

1. *Розчинення наважки.*
2. *Осадження.*

Правильність і точність аналізу залежать від раціонального вибору осаджуваної форми, осаджувача, вагової форми й умов осадження (концентрації розчинів, кислотності, температури, іонного складу системи тощо). Всі зазначені фактори впливають на повноту осадження й чистоту осаду, що виділяється. В аналітичній практиці в залежності від природи речовин та умов осадження можна отримати кристалічні та аморфні осадки. В гравіметрії перевагу віддають кристалічним осадам, тому що вони швидко фільтруються, мало

забруднюються, добре промиваються та не утворюють колоїдних розчинів.

Кристалічні осади слід виділяти з розведених гарячих розчинів при перемішуванні. Кристалічні осади, як правило, відстоюються в матковому розчині протягом 4–24 год., аморфні – не відстоюються. Для деяких аморфних осадів виділення рекомендується проводити при високому перенасиченні (швидке зливання нагрітих концентрованих розчинів), з негайним наступним розведенням системи з осадом водою для зменшення адсорбції домішок.

Подальша обробка осадів зводиться до:

4. *Фільтрування осаду.*

5. *Промивання осаду.*

6. *Переводу осаду в потрібну вагову форму* шляхом висушування в сушильній шафі ($t = 110\text{ }^{\circ}\text{C} \div 120\text{ }^{\circ}\text{C}$) або прожарювання в муфельній печі ($t \geq 800\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Титриметричний аналіз

Титриметричний аналіз є розділом кількісного аналізу, який полягає у вимірюванні об'ємів розчинів двох реагуючих речовин в момент їх стехіометричності при умові, що концентрація одного з розчинів відома.

Розчини, концентрація яких відома з точністю до четвертого знаку після коми, мають назву **стандартні**. Вони поділяються на **первинні** та **вторинні**.

Первинними стандартами називають розчини, які можливо приготувати з наважки (взятої з точністю до четвертого знаку після коми) або з використанням фіксаналу, та які не змінюють свою концентрацію довгий час.

Вихідні речовини для приготування первинних стандартів повинні відповідати таким вимогам:

- відповідність реального складу речовини її хімічній формулі;
- розчини повинні бути стійкими, і концентрація таких розчинів не повинна змінюватись при зберіганні;

- вихідна речовина повинна повністю реагувати з робочим розчином у відповідності з рівнянням реакції;
- бажано, щоб вихідні речовини мали велику молярну масу еквівалента. У цьому випадку доводиться брати досить велику наважку препарату, внаслідок чого зменшується відносна похибка, пов'язана з неточністю зважування.

Існує порівняно невелика кількість хімічних сполук, які повністю відповідають усім переліченим вище вимогам. До них належать, наприклад, такі речовини як тетраборат натрію, щавлева кислота, сульфат магнію та деякі інші, які вказуються в наступних лабораторних роботах.

Стандарт-титр (фіксанал) – це запаяна у скляну ампулу точна наважка сухої речовини (або точно відміряний об'єм розчину речовини). Стандарт-титри виготовляють у спеціальних лабораторіях.

Вторинні стандарти (робочі розчини) – це розчини, які не відповідають хоч одній з двох наведених умов. Їх готують приблизно, а потім встановлюють точну концентрацію, тобто стандартизують, за відповідним первинним стандартом.

Частина розчину, яку відбирають мірною піпеткою, має назву **аліквотна частина** або **аліквота**.

Перед початком роботи бюретку та мірну піпетку ретельно миють дистильованою водою, а потім обполіскують робочим розчином та наливають його у бюретку. В усіх випадках титрування проводять не менше трьох разів і зі збіжних результатів обчислюють середнє значення витраченого об'єму робочого розчину. За об'ємом і точною концентрацією робочого розчину розраховують кількість або масу речовини, яку визначають. Процес додавання робочого розчину по краплинах до розчину визначуваної речовини називається **титруванням**. Момент закінчення реакції має назву **точка стехіометричності (т. с.)**. Титрують до того моменту, поки від однієї краплини робочого розчину з бюретки відбудеться зміна кольору аналізованого розчину, тобто буде досягнута **кінцева точка титрування**. При цьому дотримується рівність $C_{n1}V_1 = C_{n2}V_2$, де (C_{n1} та C_{n2} – молярні концентрації еквіваленту титрованого розчину та

розчину визначуваної речовини, відповідно; V_1 та V_2 – об'єми титрованого розчину та розчину визначуваної речовини, відповідно).

Кінцеву точку титрування можна встановлювати:

- 1) візуально – з введенням в розчин відповідного індикатору або без індикатору;
- 2) інструментально – за допомогою приладів.

Обрана *хімічна реакція повинна відповідати наступним вимогам:*

- можливість реєстрування аналітичного ефекту реакції;
- відсутність побічних реакцій;
- кількісна взаємодія між компонентами реакції;
- висока швидкість проходження реакції.

Залежно від типу хімічної реакції, яку використовують, методи титриметричного аналізу поділяються на відповідні групи.

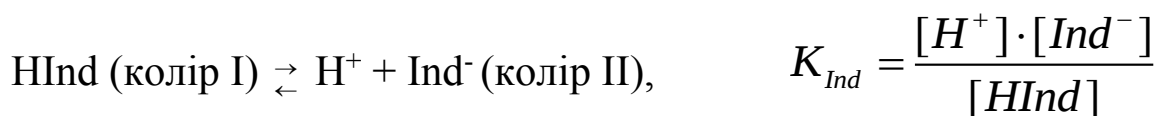
Таблиця 5

Характеристики титриметричних методів аналізу

<i>Тип хімічної реакції та характеристичні величини</i>	<i>Назва методу</i>		<i>Стандарти</i>	
			<i>Вторинні</i>	<i>Первинні</i>
Реакція нейтралізації(pH)	Метод нейтралізації (кисотно– основне титрування)	Ацидиметрія	HCl	Na ₂ B ₄ O ₇
		Алкаліметрія	NaOH	H ₂ C ₂ O ₄
Реакція окислення – відновлення (E)	Метод окислення- відновлення	Перманганато- метрія	KMnO ₄	H ₂ C ₂ O ₄
		Йодометрія	Na ₂ S ₂ O ₃ , I ₂	K ₂ Cr ₂ O ₇
Реакція осадження (ДР)	Метод осаджувального титрування	Аргентометрія	AgNO ₃	NaCl
		Меркурометрія	Hg ₂ (NO ₃) ₂	NaCl
Реакція комплексоутворення (К _{ст.})	Метод комплексоутво- рення	Трилонометрія	Трилон Б	MgSO ₄

Метод кислотно-основного титрування

Сутність методу виражається реакцією нейтралізації: $H^+ + OH^- = H_2O$. Цим методом можна визначити кислоти (алкаліметрія), луги (ацидиметрія) та солі, що гідролізуються. Як титранти використовують сильні кислоти (ацидиметрія) та луги (алкаліметрія). Якщо реакція нейтралізації не супроводжується зміною забарвлення розчину, то для встановлення кінцевої точки титрування використовують індикатори. Кислотно-основними індикаторами служать органічні кислоти або основи, забарвлення яких змінюється при зміні рН розчину, тобто молекулярна форма органічної речовини має інше забарвлення, ніж її іонна форма:



Кислотно-основні індикатори характеризуються:

- інтервалом переходу індикатора – це інтервал рН розчину, в межах якого відбувається помітна для людського ока зміна забарвлення індикатора, визначається формулою: $pH = pK_{Ind} \pm 1$;
- показником титрування (рТ) – це те значення рН у межах інтервалу переходу індикатора, при якому спостерігається різка зміна забарвлення індикатора $pT \approx pK_{Ind}$. Величина рТ індикатора визначає значення рН в кінці титрування.

Розрахунковий спосіб вибору індикатора:

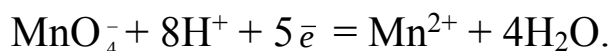
1. запис рівняння хімічної реакції, що відображає процес титрування;
2. вибір речовини, яка визначає рН в точці стехіометричності (серед продуктів реакції);
3. вибір необхідної формули для розрахунку рН в точці стехіометричності та розрахунок $pH_{T.C.}$;
4. вибір індикатора, рТ якого близький до величини $pH_{T.C.}$ ($pT \approx pH_{T.C.}$) (табл. 6).

Загальна характеристика кислотно-основних індикаторів

Назва індикатору	Колір		pT	Інтервал переходу (pH)
	у кислому середовищі	у лужному середовищі		
Метилловий оранжевий	червоний	жовтий	4	3 – 5
Метилловий червоний	червоний	жовтий	5	4 – 6
Лакмус	червоний	синій	7	6 – 8
Фенолфталеїн	безбарвний	малиновий	9	8 – 10

Окисно-відновне титрування

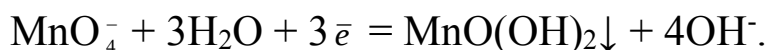
Метод перманганатометрії ґрунтується на реакціях окислення відновників перманганат-іоном. Окислення можна проводити в кислому, нейтральному або лужному середовищі. В сильнокислому розчині мангану(VII) в складі KMnO_4 відновлюється до Mn^{2+} :



Молярна маса еквівалента перманганату калію дорівнює:

$$M(1/5 \text{ KMnO}_4) = M(\text{KMnO}_4)/5 = 158,03/5 = 31,61 \text{ г}.$$

При окисленні в нейтральному або лужному середовищі іон марганцю(VII) відновлюється до іону марганцю(IV), при цьому утворюється бурий осад $\text{MnO}(\text{OH})_2$:



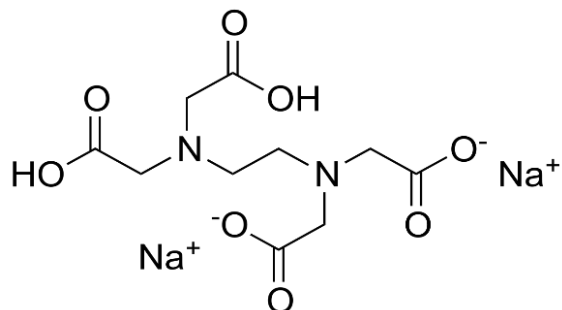
Отже, величина молярної маси еквівалента перманганату калію дорівнює: $M(1/3 \text{ KMnO}_4) = M(\text{KMnO}_4)/3 = 158,03/3 = 52,68 \text{ г}$. Стандартний потенціал пари $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = +1,51 \text{ В}$ вищий від $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2) = +0,59 \text{ В}$. Це означає, що окиснювальна здатність перманганату в кислому середовищі значно вище, ніж в лужному.

Крім того, при титруванні в кислому середовищі утворюються майже безбарвні іони Mn^{2+} , а в лужному середовищі темно-бурий осад дуже заважає фіксуванню точки стехіометричності. Тому в титриметрії використовують KMnO_4 як окисник переважно в кислому середовищі. Індикатори не використовують, так як точку стехіометричності можна зафіксувати за зміною кольору самого

перманганату калію. Більшість визначень проводять в присутності 1 М H_2SO_4 . При наявності хлороводневої кислоти (або хлоридів) можливе окислення хлорид-іонів перманганатом. Для зменшення дії супряженого окислення хлорид-іонів додають солі Mn^{2+} . Азотна кислота непридатна, оскільки також може спричинити ряд побічних процесів.

Комплексометричне титрування. Комплексонометрія

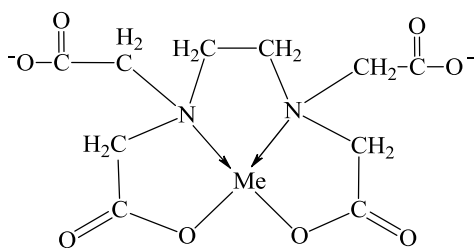
Зростаюча роль комплексних сполук в аналітичній хімії викликала швидкий розвиток хімії полідентатних реагентів. Найцікавішими і перспективними сполуками цього типу є комплекси, які утворюють із іонами більшості металів розчинні у воді комплекси. Розділ титриметрії, де в якості титрантів використовуються комплекси, одержав назву комплексонометрії (хелатометрії). Найбільш часто при цьому використовують етилендіамінтетраоцтову кислоту (комплексон II, ЕДТО). У зв'язку з тим, що ЕДТО у воді малорозчинна, то звичайно використовують її двозаміщену натрієву сіль (комплексон III, ЕДТА або трилон Б):



Схематично позначають молекулу трилону Б – $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$.

Багато іонів металів здатні заміщати атоми водню карбоксильних груп ЕДТА, одночасно утворюючи координаційний зв'язок з азотом аміногрупи. Внаслідок цього утворюються досить стійкі сполуки, що містять декілька п'ятичленних кілець.

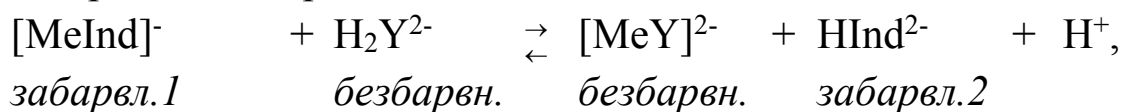
Будову комплексу з магнієм можна схематично представити таким чином:



Важливо те, що з різними металами в різних умовах завжди утворюються стійкі та безбарвні комплексні сполуки, в яких відношення металу до ліганду дорівнює 1:1. Це відрізняє ЕДТА від більшості інших комплексоутворювачів.

Індикатори методу комплексонометрії

Кінцеву точку титрування в методі комплексонометрії встановлюють за допомогою металохромних індикаторів, що утворюють з іонами металів розчинні забарвлені комплексні сполуки, причому менш стійкі, ніж комплексонати цих металів. Комплексні сполуки металів з індикаторами відрізняються від самих індикаторів за кольорами.

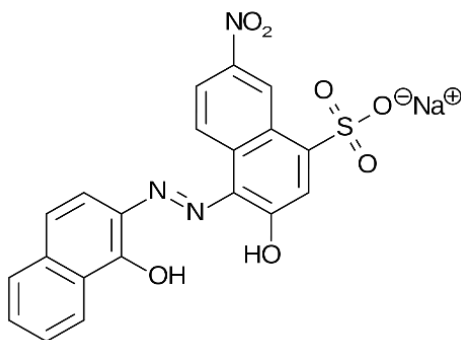


де $[\text{MeInd}]^-$ – комплексна сполука іону металу з індикатором; H_2Y^{2-} – умовна позначка трилону Б; $[\text{MeY}]^{2-}$ – комплексна сполука іону металу з трилоном Б; HInd^{2-} – індикатор.

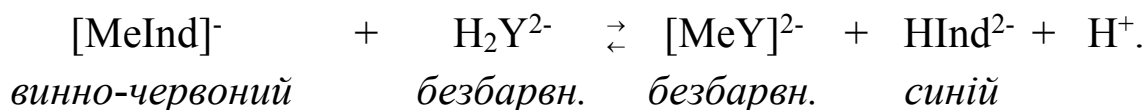
Розрізняють універсальні індикатори, які взаємодіють із багатьма іонами металів (еріохром чорний Т, ксиленоловий оранжевий, мурексид, тощо), і специфічні, які реагують із іонами тільки даного металу. Металохромні індикатори у водних розчинах нестійкі, тому їх застосовують у вигляді суміші із хлоридом натрію у співвідношенні 1:100.

Еріохром чорний Т (ЕХЧ-Т), як і більшість металохромних індикаторів, проявляє кислотно-основні властивості, і залежно від рН середовища може існувати в трьох по-різному забарвлених формах: при $\text{pH} < 7$ реагент винно-червоний, при $\text{pH} 7 \div 11$ – синій, а при $\text{pH} 11,5$ – оранжево-жовтий. У слаболужному середовищі ($\text{pH} 7 \div 11$) він взаємодіє з іонами магнію, кальцію, цинку, кадмію тощо, утворюючи забарвлені у винно-червоний колір комплексні сполуки.

Хімічна формула еріохрому чорного Т:



Механізм зміни забарвлення індикатора можна умовно зобразити так:



Така реакція можлива за умови, що константа стійкості комплексу $[\text{MeInd}]^-$ менша за константу стійкості комплексної сполуки $[\text{MeY}]^{2-}$. Аналогічні міркування застосовні для будь-якого іншого індикатора, наприклад, мурексиду.

При додаванні ЕДТА іони металу утворюють із ним більш стійкі комплексні сполуки, і в точці стехіометричності розчин здобуває синій колір, властивий еріохрому чорному Т при рН 7–11.

Осаджувальне титрування

В основу методів осаджувального титрування покладені реакції утворення важкорозчинних сполук. Таких реакцій існує велика кількість, але тільки деякі з них можна використовувати в титриметричному аналізі. Це пояснюється тим, що утворення важкорозчинного осаду утруднює спостереження за зміною забарвлення індикаторів, осади утворюються повільно, особливо при досягненні кінцевої точки титрування. Крім того осади здібні адсорбувати своєю поверхнею іони, які присутні в розчині, що аналізується.

Кінець титрування в методах осаджувального титрування можливо фіксувати за допомогою індикаторів або без них. Якщо індикатор не застосовують, то титрують до закінчення утворення

осаду (або помутніння) в місці падіння краплі титранту. Слід визначити, що в цих методах немає загальних індикаторів: в кожному випадку вибирають індикатор в залежності від реакції, умов її проведення та порядку титрування.

Важливими умовами використання реакцій утворення важкорозчинних осадів є такі:

1. осад повинен бути практично нерозчинним;
2. осадження важкорозчинної сполуки повинно проходити достатньо швидко (утворення пересичених розчинів небажано);
3. результати титрування не повинні викривлятися явищем співосадження;
4. можливість фіксування кінцевої точки титрування.

Назва методів осаджувального титрування виникає від назви робочих розчинів, які використовують. До них відносяться аргентометрія, тіоціанатометрія (роданометрія), меркуро- і меркуриметрія.

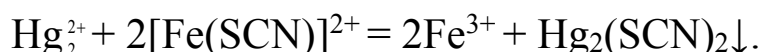
Меркурометрія

Меркурометричний метод заснований на титруванні розчинів хлоридів і йодидів робочим розчином нітрату ртуті(I) – $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$:



Індикатори методу – розчин роданіду (тіоціанату) феруму(III) або розчин дифенілкарбазону.

Тіоціанат феруму(III) одержують безпосередньо в розчині галогеніду, що титрується, додаючи до нього 1 мл 0,05 моль/л NH_4SCN та 2 мл концентрованого розчину $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$. З'являється червоне забарвлення внаслідок утворення комплексного іона $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$. Червоне забарвлення розчину не зникає під час титрування, поки в ньому знаходиться надлишок іонів галогеніду. При повному їхньому зв'язуванні після точки стехіометричності в розчині з'являється надлишок титранта $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$. Розчин знебарвлюється внаслідок осадження іонів SCN^- іонами Hg_2^{2+} у вигляді більш міцної сполуки:



При титруванні проводять контрольний дослід і віднімають від результатів титрування об'єм титранта, витраченого на взаємодію з індикатором. Індикатор дифенілкарбазон (2-3 краплі 1-2 %-ного спиртового розчину) додають до розчину галогеніду, що титрується, перед закінченням титрування. У точці стехіометричності з'являється осад інтенсивно синього кольору.

Дифенілкарбазон вважають адсорбційним індикатором. Дифенілкарбазон дозволяє провести визначення галогенідів, а також солей ртуті(I) в сильно кислому середовищі, а також у каламутних і забарвлених розчинах.

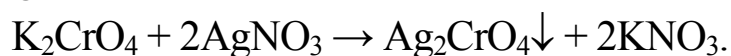
У якості робочого розчину в методі застосовують розчин $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ із молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/л, який готують із нітрату ртуті(I), розчиняючи його в розчині HNO_3 із молярною концентрацією HNO_3 0,2 моль/л. Титр приготовленого розчину $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ встановлюють за розчином хімічно чистого хлориду натрію.

При застосуванні меркуриметричного титрування необхідно дотримувати обережності, тому що солі ртуті отруйні.

Аргентометрія

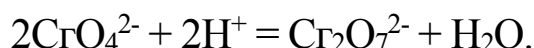
В аргентометрії робочим розчином служить розчин нітрату аргентуму AgNO_3 . Використовують робочі розчини з молярною концентрацією нітрату аргентуму 0,1; 0,05; 0,02 і 0,01 моль/л. Титр розчину AgNO_3 установлюють за наважкою перекристалізованого і висушеного до постійної маси NaCl або KCl . При визначенні Ag^+ використовують робочий розчин KCl або NaCl , які готують за точною наважкою хлориду калію або хлориду натрію.

Метод Мора призначений для визначення хлоридів і бромідів. Індикатор (хромат калію) з нітратом аргентуму утворює цегляно-червоний осад Ag_2CrO_4 :



Індикатор застосовують у вигляді 5 %-ного розчину. При титруванні хлоридів і бромідів утворюється білий осад AgCl або жовтувато-білий осад AgBr . У присутності галогенід-іонів осад Ag_2CrO_4 не утворюється,

тому що його розчинність ($1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) більша, ніж розчинність AgCl ($1,25 \cdot 10^{-5}$ моль/л) і AgBr ($7,94 \cdot 10^{-7}$ моль/л). Отже з розчинів при титруванні, насамперед, випадають осаді галогенідів аргентуму. Після практично повного осадження AgCl або AgBr у розчині з'являється надлишок AgNO_3 , що взаємодіє з K_2CrO_4 , і утворює цегляно-червоний Ag_2CrO_4 . Осади галогенідів аргентуму забарвлюються при цьому в рожевий колір. Метод Мора можна використовувати тільки в нейтральному або слабколужному середовищі ($\text{pH} = 7-10$). У кислому середовищі K_2CrO_4 перетворюється в $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$:



$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ не має індикаторних властивостей внаслідок високої розчинності $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. У сильно лужному середовищі нітрат аргентуму перетворюється в AgOH , що розкладається на Ag_2O і H_2O :



Визначенню хлоридів і бромідів за методом Мора заважають катіони Ba^{2+} , Bi^{3+} тощо, які утворюють осаді з K_2CrO_4 , а також заважає NH_3 , який дає комплексні сполуки із солями аргентуму. Визначати методом Мора йодиди і тіоціанати не можна, тому що осаді AgI і AgSCN здатні адсорбувати індикатор, тому рожеве забарвлення з'являється до точки стехіометричності, що приводить до помилкових результатів.

1.3. Інструментальні методи аналізу

Потенціометрія

Потенціометричний аналіз належить до електрохімічних методів аналізу. Метод заснований на вимірюванні різниці потенціалів між індикаторним та стандартним електродами, які занурюють в досліджуваний розчин. Потенціал індикаторного електроду залежить від концентрації речовини в розчині, співвідношення редокс-пар, їх природи та температури. Індикаторні електроди можуть бути металевими, скляними, мембранними (іонселективними). Значення реального електрохімічного потенціалу для металевого електроду визначається рівнянням Нернста (див. стор. 22):

$$E = E^{\circ} + \frac{0,059}{n_e} \lg [M^{n+}].$$

Електро́дний потенці́ал – це різниця потенціалів, яка виникає між металевою пластинкою та розчином його солі.

Якщо в розчині існують іони одного металу в різних ступенях окислення (тобто протікає окисно-відновна реакція), то використовують інертний металічний електрод (платиновий), потенціал якого залежить від співвідношення концентрацій окисленої та відновленої форм іонів:

$$E = E^{\circ} + \frac{0,059}{n_e} \lg \frac{a_{Ox}}{a_{Red}}$$

Потенціал стандартного електроду в умовах даного експерименту – величина постійна, яка не залежить від концентрації речовини в розчині. Електродами зрівняння можуть бути хлоридсрібляний, каломельний, водневий.

Потенціометрія існує в двох варіантах використання:

- **пряма потенціометрія** – використовується для кількісного визначення речовин за прямим вимірюванням потенціалу індикаторного електроду, частіш всього іоноселективного (визначення pH, pM, pAn);
- **потенціометричне титрування**, при якому виникає різка зміна значення потенціалу (скачок титрування) поблизу точки стехіометричності, що пов'язано зі зміною складу редокс-пар до і після точки стехіометричності. Об'єм титранту в точці стехіометричності визначають за кривою титрування, яку будують в координатах $E = f(V)$ або $pH = f(V)$.

Тип індикаторного електрода при потенціометричному титруванні залежить від типу хімічної реакції, яка протікає в розчині:

Тип реакції	Індикаторний електрод
нейтралізація	з pH-функцією
осадження	з pM- і pAn-функцією
комплексоутворення	з pM-функцією
окислення-відновлення	інертні електроди з благородних металів

Фотометрія

Колориметричні, фотоколориметричні та спектрофотометричні методи аналізу засновані на вимірюванні інтенсивності електромагнітного випромінювання (далі світла), яке пройшло крізь забарвлений розчин. В колориметрії та фотоколориметрії світло – поліхроматичне, в спектрофотометрії – монохроматичне (випромінювання певної довжини хвилі). При проходженні крізь забарвлений розчин монохроматичного випромінювання з інтенсивністю (I_0), частина його поглинається (I_p), (якщо розчин прозорий, не містить осаду, то світло практично не розсіюється, тобто $I_p = 0$), а частина проходить крізь розчин (I), при цьому інтенсивність світла зменшується в I_0/I раз. Логарифм відношення початкової інтенсивності світла (I_0) до інтенсивності світла, що пройшло крізь усю товщу (l) забарвленого розчину (I), називається оптичною густиною $A = \lg I_0/I$.

Залежність оптичної густини (A) забарвленого розчину від концентрації речовини (C , моль/л) та товщини поглинаючого шару (l , см) визначається основним законом світлопоглинання Бугера – Ламберта – Бера:

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot C,$$

де ε – молярний коефіцієнт світлопоглинання, величина якого постійна для кожної речовини і залежить від її природи, температури та довжини хвилі монохроматичного випромінювання. Молярним коефіцієнтом світлопоглинання називають оптичну густину розчину з концентрацією 1 моль/л при товщині поглинаючого шару 1 см. Чим більше значення ε , тим меншу концентрацію можна визначити (більша чутливість визначення).

Для фотометричного визначення необхідно:

- вибрати реагент для утворення забарвленої сполуки. Для цього потрібно, щоб продукт реакції мав незмінний склад, який би відповідав певній хімічній формулі, був стійкий та не змінював свій колір у часі; розчини повинні бути прозорими та забарвленими з максимальним значенням ε ;

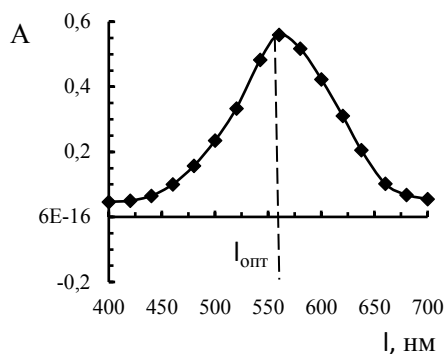


Рис. 1. Спектр поглинання

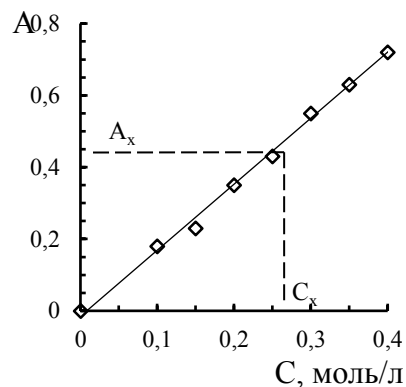


Рис. 2. Градувальний графік

- вибрати довжину хвилі $\lambda_{\text{опт}}$ або відповідний світофільтр. Для цього реєструють спектри поглинання, які характеризують розподіл поглинаючої здатності розчину залежно від довжини хвилі $A = f(\lambda)$ (див. графічну залежність на рис. 1);
- вибрати товщину кювети так, щоб значення A не перевищували $0,5 \div 0,6$.

Поглинання світла вимірюють на фотоелектроколориметрах або спектрофотометрах. Кількісне визначення проводять за *методом градувального графіку* (рис. 2). Для цього готують серію стандартних розчинів з відомими концентраціями досліджуваної речовини, додають необхідні реагенти та вимірюють оптичну густину цих розчинів при оптимальних $\lambda_{\text{опт}}$ та l кювети відносно розчину порівняння (холостого розчину). В якості розчину порівняння використовують дистильовану воду (якщо всі реагенти не забарвлені) або розчин, який містить всі реагенти крім досліджуваного. Будують градувальний графік в координатах $A = f(C)$ та визначають концентрацію речовини досліджуваного розчину C_x , за допомогою попередньо обмірюваній величині оптичної густини (A_x) цього розчину (див. графічну залежність на рис. 2).

1.4. Методи розділення та концентрування

Хроматографія

Під хроматографією розуміють процес розділення сумішей речовин, заснований на кількісних відмінностях властивостей компонентів при безперервному перерозподілі їх між двома

контактуючими фазами, одна з яких нерухома, а інша має постійний напрямок руху (рухома фаза).

Хроматографію використовують у наступних випадках:

- для розділення складних сумішей на компоненти;
- для визначення ступеня чистоти або однорідності хімічних сполук;
- ідентифікації речовин;
- кількісного визначення компонентів суміші.

Існують різні варіанти класифікації хроматографічних методів, в основі яких лежить:

I. Агрегатний стан рухомої фази:

1. Рідинна хроматографія.
2. Газова хроматографія:
 - а) газотверда (газо-адсорбційна);
 - б) газорідинна.

II. Механізм розділення:

1. Адсорбційна (рідинна, газова).
2. Розподільна.
3. Осадова.
4. Іонообмінна.

III. Техніка виконання аналізу:

1. Колонна.
2. Капілярна.
3. Площинна (паперова, тонкошарова).

Розподільна хроматографія

Розподільна хроматографія заснована на розходженні величин коефіцієнтів розподілу окремих компонентів між рухомою і нерухомою фазами. Для хроматографування необхідна наявність двох фаз: нерухомої (полярні розчинники: вода, метиловий спирт) і рухомої (менш полярні рідини, що не змішуються з водою: хлороформ і ін.), а також твердого носія (папір, силікагель, алюмінію оксид).

Особливо важливе значення мають такі види розподільної хроматографії: паперова і тонкошарова.

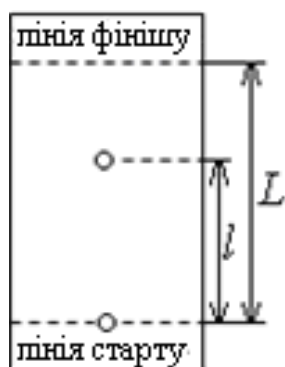
Розподільна хроматографія на папері

Цей спосіб заснований на різному розподілі речовин суміші між двома рідинами, що не змішуються.

У якості носія нерухомої фази використовують хроматографічний папір, що утримує у своїх порах воду (нерухомий розчинник). При обробці паперу розчинником, нанесені на папір речовини, які визначають, переходять у рухому фазу і, рухаючись з різними швидкостями по капілярах паперу, розділяються, утворюючи хроматограму.

Паперову хроматографію поділяють на:

- ◇ висхідну – одержують під час пересування рухомого розчинника по порах паперу знизу нагору;
- ◇ нисхідну – одержують під час пересування рухливого розчинника по порах паперу зверху вниз;
- ◇ кругову – одержують під час пересування рухомого розчинника по колу.



$$R_f = \frac{l}{L}$$

Здатність речовини до пересування на папері характеризується величиною R_f , що показує відношення швидкості руху речовини (l), яку визначають, до швидкості руху розчинника (L).

Розподільна хроматографія в тонкому шарі сорбенту

Тонкошарова хроматографія є одним з найбільш зручних, швидких і досить точних методів розподілу й ідентифікації як органічних, так і неорганічних сполук.

Розрізняють тонкошарову хроматографію з закріпленим шаром сорбенту (сорбент закріплюють на пластині за допомогою фіксатора) і з незакріпленим шаром. Як сорбент використовують силікагель, алюмінію оксид і ін.

Хроматографування проводять у спеціальних для цього камерах.

Нанесення досліджуваних проб і хроматографування виконують аналогічно методу паперової хроматографії, використовуючи приведену нижче методику.

Хроматографія в тонкому шарі сорбенту має ряд переваг перед паперовою хроматографією:

- можливість використання в якості нерухомі фази різноманітних сорбентів;
- висока швидкість процесу хроматографування;
- можливість використання агресивних рухомих фаз, що взаємодіють з папером;
- можливість використання для проявлення хроматограм агресивних реагентів, які взаємодіють з папером.

Для кількісної оцінки здатності розділення речовин розраховують величини R_f . Щоб уникнути впливу будь-яких побічних факторів на значення R_f , звичайно використовують метод свідків. Свідки – стандартні речовини, які хроматографують паралельно з речовиною, яку досліджують. Співпадання значень R_f досліджуваної речовини й взятої в ролі свідка дає можливість установлювати їх тотожність.

Устаткування

Для проведення хроматографічних досліджень необхідне наступне обладнання:

- хроматографічна камера;
- розчинник або систему розчинників для хроматографування;
- фільтрувальний папір, насичений нерухомою фазою або готові для тонкошарової хроматографії пластини;
- розчини досліджуваних речовин.

Методика проведення хроматографічних визначень

Проведення висхідної паперової або тонкошарової хроматографії складається з наступних операцій:

1. Підготовка хроматографічної камери

У хроматографічну камеру, що представляє собою скляний посуд із притертою кришкою (рис. 1.1), вносять систему розчинників для

хроматографування (рухома фаза), ретельно закривають камеру і залишають не менш чим на 2 години для насичення.

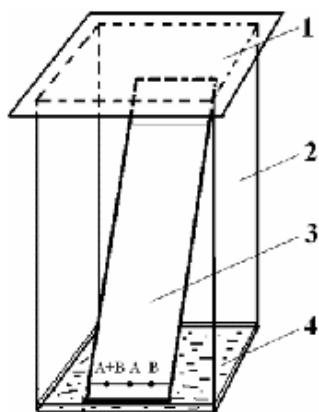


Рис. 1.1. Хроматографічна камера:

- 1 – кришка,
- 2 – батарейний стакан;
- 3 – хроматографічна пластина,
- 4 – елюент

2. Підготовка хроматографічного паперу і пластин

Хроматографічний папір, нарізаний відповідно до форми і розміру камери, просочують нерухомою фазою (наприклад, буферним розчином), висушують.

Пластину «Silufol» розрізають на смуги визначеної ширини відповідно до розмірів хроматографічної камери.

3. Нанесення розчинів аналізованих речовин

На висушеному папері або пластині «Silufol» на відстані $1 \div 2$ см від краю відзначають олівцем лінію «старт», а через 10 см лінію «фініш». На лінії «старт» крапками позначають місця нанесення проб так, щоб між ними була відстань $2,5 \div 3,0$ см, а від краю смуги $1,5 \div 2,0$ см. Досліджувані розчини наносять мікропіпеткою або капіляром. Після поглинання розчини наносять ще раз, при цьому діаметр плями повинний бути не більш ніж 0,5 см. Хроматографічний папір або пластину поміщають у камеру для хроматографування.

4. Проявлення хроматограм і обчислення хроматографічних констант

Хроматографування закінчують, коли розчинник досягає лінії "фініш". Папір або пластину висушують. Виявляють хроматограму в УФ-світлі, парами йоду, наносять (або обприскують) розчин відповідного проявника.

Іонообмінна хроматографія

Даний метод заснований на оборотному, стехіометричному обміні іонів, які знаходяться в досліджуваному розчині, на іони, що входять до складу іонообмінника.

Іонообмінники – це органічні високомолекулярні сполуки, що обмежено набухають у водних розчинах електролітів або в полярних розчинниках і мають іоногенні групи. В залежності від здатності іонообмінника обмінювати катіони або аніони, вони відповідно розділяються на катіоніти і аніоніти. Існують іоніти, що виявляють амфотерні властивості та здатні обмінювати і катіони, і аніони.

Від ступеня дисоціації іоногенних груп залежить ступінь кислотності або основності іоніту. Відповідно до цього розрізняють такі іоніти:

- сильнокислотні катіоніти, що містять сильнодисоційовані кислотні групи (сульфо-, фосфорнокислотні);
- слабокислотні катіоніти, що містять слабодисоційовані кислотні групи (карбоксильні, фенольні);
- високоосновні аніоніти, що містять четвертинні амонійні або піридинові угруповання;
- низькоосновні аніоніти, що містять первинні, вторинні, третинні аміногрупи.

Якість іонообмінних смол характеризують їх сорбційною ємністю і хімічною стійкістю.

Активність сорбенту (ємність) умовно характеризують кількістю електроліту, що поглинається одиницею маси або об'ємом сорбенту.

Процес іонного обміну можна представити наступними рівняннями:

- катіонний процес: $RH + KtAn \rightarrow RKt + HAn$

- аніонний процес: $ROH + KtAn \rightarrow RAn + KtOH$,

де RH , ROH – робочі форми катіоніту й аніоніту відповідно; RKt , RAn – сольові форми катіоніту й аніоніту відповідно; $KtAn$ – сіль складу: катіон Kt^+ , аніон An^- , що приймає участь в іонному обміні; HAn , $KtOH$ – кислота і основа відповідно, які виділилися в процесі іонного обміну.

Кількісний аналіз методом іонообмінної хроматографії складається з наступних операцій:

- 1) підготовка іоніту і заповнення сорбційної колонки;
- 2) регенерація іоніту;
- 3) пропускання досліджуваного розчину через шар іоніту;
- 4) визначення речовини, яку досліджують, у фазі сорбенту або після проведення десорбції в елюаті за допомогою хімічного або фізико-хімічного методу.

Екстракція

Екстракція – це процес переносу розчиненої речовини з однієї рідкої фази в іншу, що не змішується з нею, рідку фазу. У якості однієї рідкої фази звичайно буває вода, а в якості другої – органічний розчинник.

Екстракційний реагент – це реагент, що утворює з іонами металів комплексні сполуки, які здатні екстрагуватися.

Екстрагент – це органічний розчинник (суміш розчинників), що містить (або не містить) екстракційний реагент і елемент, який екстрагуємо, а також речовини з водної фази.

Екстракт – це органічна фаза, відділена від водної фази, яка містить екстраговані сполуки.

Реекстракція – це процес зворотного вилучення речовин з органічної фази у водну.

Реекстрагент – це розчин, який використовують для реекстракції.

Основна умова екстракції будь-яких речовин – електронейтральність і низька полярність екстрагованих речовин.

При виборі органічного розчинника (ОР), важливою характеристикою є його густина. Якщо густина ОР більше густини води, органічна фаза знаходиться знизу, а якщо густина ОР менше густини води, органічна фаза розташовується зверху.

Для екстракції органічних речовин і координаційних сполук елементів використовуються органічні розчинники різної природи:

- вуглеводні (гексан, циклогексан, бензол, толуол);

- хлорпохідні вуглеводнів (хлороформ, чотирьоххлористий вуглець);
- спирти (ізоаміловий, *n*-бутиловий, ізобутиловий, циклогексанол);
- прості і складні етери (діетиловий етер, амілацетат, бутилацетат);
- кетони (метилізобутилкетон, метилетилкетон, циклогексанон).

При виборі ОР необхідно враховувати: природу ОР, діелектричну проникність, сольватуючі властивості, а також здатність брати участь у кислотно-основних взаємодіях.



Рис. 1.2.
Ділильні
воронки для
проведення
екстракції

Екстракцію можна проводити, використовуючи ділильні воронки (рис. 1.2), у які вносять усі необхідні реагенти і екстрагент. Після цього ділильну воронку закривають скляною пробкою і, притискаючи пробку вказівним пальцем, збовтують або плавно перевертають воронку протягом певного часу, звичайно 2÷3 хв. Після розшаровування фази розділяють за допомогою крана і працюють з кожною фазою окремо.

Метод екстракції широко застосовується в аналітичній хімії:

- для зниження межі виявлення і підвищення вибіркової реакції;
- для розділення, виявлення елементів і концентрування їх "слідів";
- для вивчення реакцій комплексоутворення, стану речовини в розчині.

Методом екстракції можна визначити відповідні катіони дробовим методом, використовуючи реакції утворення катіонами забарвлених комплексів, наприклад, з органічними реагентами, з врахуванням впливу рН і речовин, що маскують, на екстракцію цих комплексів.

РОЗДІЛ II. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 1

Визначити рН у 0,002 М розчині HNO_3 та порівняти концентрацію іонів H^+ у розчині з їх активністю.

Розв'язання

HNO_3 – сильна кислота, тому

$$\text{pH} = -\lg C_{\text{к-ти}} = -\lg 0,002 = 2,7. [\text{H}^+] = C_{\text{к-ти}} = 0,002.$$

Знайдемо активну концентрацію іонів водню a_{H^+} . Для цього розрахуємо іонну силу розчину:

$$\mu = \frac{1}{2} (0,002 \cdot 1^2 + 0,002 \cdot (-1)^2) = 0,002 \text{ моль/л}; f_{\text{H}^+} = 0,95;$$

$$a_{\text{H}^+} = f_{\text{H}^+} \cdot [\text{H}^+] = 0,95 \cdot 0,002 = 0,0019 \text{ (моль/л)}$$

$$\text{Відносна помилка становить } (0,002 - 0,0019) \cdot 100 / 0,002 = 5 \%$$

Приклад 2

Чому дорівнює концентрація іонів гідроксонія і гідроксилу у одному розчині з рН 5,20?

Розв'язання

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]; \lg [\text{H}^+] = -\text{pH}; \lg [\text{H}^+] = -5,20$$

$$[\text{H}^+] = 6,30 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

$$[\text{OH}^-] = K_{\text{H}_2\text{O}} / [\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-14} / 6,30 \cdot 10^{-6} = 1,58 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л.}$$

Приклад 3

Розрахуйте рН та рОН розчину з молярною концентрацією ацетату натрію 0,2 моль/л.

Розв'язання

CH_3COONa – соль, що складається з слабкої кислоти CH_3COOH та сильної основи NaOH .

$$\text{pH} = 7 + 1/2 \text{pK}_{\text{к-ти}} + 1/2 \lg C_{\text{соли}}$$

$$\text{Із довідника: } \text{pK}_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 4,76$$

$$\text{pH} = 7 + 1/2 \cdot 4,76 + 1/2 \cdot \lg 0,2 = 9,03$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 9,03 = 4,97.$$

Приклад 4

До 9 мл 0,5 М розчину оцтової кислоти додано 1 мл 2 М розчину ацетату натрію. Визначить рН отриманого розчину.

Розв'язання

Концентрація оцтової кислоти у розчині стала дорівнювати:

$$C_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,5 \cdot 9 / (9 + 1) = 0,45 \text{ моль/л } (C_1V_1 = C_2V_2)$$

Концентрація ацетату натрію:

$$C_{\text{CH}_3\text{COONa}} = 2 \cdot 1 / (9 + 1) = 0,2 \text{ моль/л}$$

При додаванні до розчину слабкої кислоти розчину її солі отримуємо буферну систему.

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{к-ти}} - \lg \frac{C_{\text{к-ти}}}{C_{\text{солі}}} = 4,76 - \lg 0,45 / 0,2 = 4,25.$$

Приклад 5

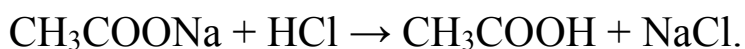
Обчисліть рН буферної суміші CH_3COOH і CH_3COONa , яка містить по 0,1 моль кожної речовини. Покажіть, як зміниться рН при додаванні до 1 л суміші: а) 0,01 моль HCl ; б) 0,01 моль NaOH ; в) при розведенні суміші водою в 100 разів.

Розв'язання

Оскільки для оцтової кислоти $\text{pK} = 4,76$, маємо для буферної системи:

$$\text{pH} = 4,76 - \lg 0,1 / 0,1 = 4,76.$$

Якщо до 1 л ацетатного буферного розчину додати 0,01 моль сильної кислоти HCl , то 0,01 моль CH_3COONa перетворюється у рівне число молей CH_3COOH :

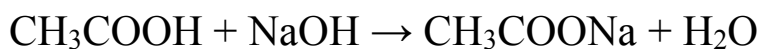


Отже $\nu(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,1 - 0,01 = 0,09$ моль;

$\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,1 + 0,01 = 0,11$ моль;

$$\text{pH} = 4,76 - \lg 0,11 / 0,09 = 4,67.$$

Подібним чином при додаванні до 1 л суміші 0,01 моль NaOH рівну кількість молей CH_3COOH буде перетворено в CH_3COONa



Отже $\nu(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,1 + 0,01 = 0,11$;

$\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,1 - 0,01 = 0,09$;

$$\text{pH} = 4,76 - \lg 0,09 / 0,11 = 4,84.$$

При розведенні в 100 разів:

$$pH = 4,76 - \lg 0,001/0,001 = 4,76.$$

Таким чином, буферні суміші здатні підтримувати практично постійний рН при додаванні до них невеликих кількостей кислот, лугів, а також при розведенні буферного розчину.

Приклад 6

Якою буде розчинність осаду CaCO_3 : 1) у воді; 2) в розчині з молярною концентрацією KNO_3 0,1 моль/л; 3) при рН 5; 4) у присутності 0,01 М розчину CaCl_2 ?

Розв'язання

1) Дисоціація карбонату кальцію:



$$\text{ДР} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = S; [\text{CO}_3^{2-}] = S; \text{ДР} = S^2.$$

$$S = [\text{Ca}^{2+}] = \sqrt{\text{ДР}} = \sqrt{4,8 \cdot 10^{-9}} = 7 \cdot 10^{-5}$$

2) Значення добутку розчинності в цьому рівнянні залежить від іонної сили розчину. При розчиненні осаду в розчині KNO_3 на коефіцієнти активності іонів Ca^{2+} і CO_3^{2-} впливає іонна сила, яка дорівнює:

$$\mu = 1/2(0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2) = 0,1 \text{ моль/л},$$

обчислити коефіцієнти активності іонів осаду можна за формулою—lg

$f_i = 0,512 \cdot z_i^2 \cdot \sqrt{\mu}$, або за таблицею для двохзарядних іонів:

$$f_{\text{Ca}^{2+}} = f_{\text{CO}_3^{2-}} = 0,33.$$

$$K_s^T = a_M^m \cdot a_A^n = f(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-}) \cdot [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]$$

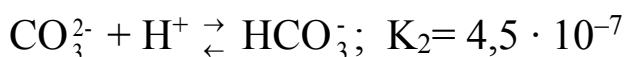
$$K_s^T = f(\text{Ca}^{2+}) \cdot f(\text{CO}_3^{2-}) \cdot S^2$$

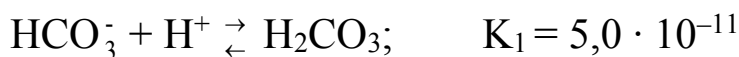
Звідси у розчині KNO_3 розчинність осаду:

$$S = \sqrt{\text{ДР}/f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot f_{\text{CO}_3^{2-}}} = \sqrt{4,8 \cdot 10^{-9}/(0,33)^2} = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}.$$

Розчинність CaCO_3 в присутності електроліту збільшилася в 3 рази.

3) Припустимо, що $\mu = 0$ моль/л. Тоді $f=1$. Разом з головною реакцією, проходить побічна реакція зв'язування CO_3^{2-} іонами водню, які присутні в розчині при рН 5.





$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]; [\text{H}^+] = 10^{-5} \text{ моль/л}$$

$$\alpha = [\text{CO}_3^{2-}] / C_{\text{заг}} = K_1 \cdot K_2 / ([\text{H}^+]^2 + [\text{H}^+] \cdot K_1 + K_1 \cdot K_2) = 2,25 \cdot 10^{-9}$$

$$S = \sqrt{DР} / \alpha(\text{Ca}^{2+}) \cdot \alpha(\text{CO}_3^{2-}) = \sqrt{4,8 \cdot 10^{-9}} / 2,25 \cdot 10^{-9} = 1,5 \text{ моль/л.}$$

4) Припустимо, що $\mu = 0$ моль/л. Тоді $f=1$.

Позначимо розчинність через S . Тоді в розчині буде по S молей Ca^{2+} та CO_3^{2-} . Однак іони Ca^{2+} утворюються також в результаті дисоціації

CaCl_2 . Тоді $[\text{Ca}^{2+}] = S + 0,01$ моль/л

$$DР = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = S \cdot (S + 0,01) = 4,8 \cdot 10^{-9}$$

Оскільки розчинність CaCO_3 дуже мала, величиною S в порівнянні з 0,01 можна знехтувати, отже $[\text{Ca}^{2+}] = 0,01$ моль/л.

$$DР = S \cdot 0,01$$

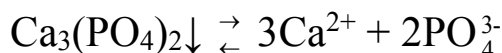
$$S = DР / [\text{Ca}^{2+}] = 4,8 \cdot 10^{-9} / 0,01 = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}$$

У присутності однойменних іонів розчинність осаду зменшилась.

Приклад 7

Добуток розчинності $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ дорівнює $2 \cdot 10^{-29}$. Обчислити розчинність солі в г/л і концентрацію кожного з іонів в насиченому розчині.

Розв'язання



Якщо молярна концентрація розчину $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ дорівнює x , то концентрація іонів: $[\text{Ca}^{2+}] = 3x$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 2x$.

$$DР = [\text{Ca}^{2+}]^3 \cdot [\text{PO}_4^{3-}]^2 = (3x)^3 \cdot (2x)^2 = 2 \cdot 10^{-29}$$

$$108x^5 = 2 \cdot 10^{-29}$$

$$x = 1,77 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

Щоб обчислити концентрацію в насиченому розчині в г/л, необхідно розчинність в моль/л помножити на молярну масу $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

$$S = 1,77 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л} \cdot 310,18 = 5,49 \cdot 10^{-5} \text{ г/л;}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 3x = 3 \cdot 1,77 \cdot 10^{-7} \cdot 40 = 2,12 \cdot 10^{-5} \text{ г/л;}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = 2x = 2 \cdot 1,77 \cdot 10^{-7} \cdot 95 = 3,36 \cdot 10^{-5} \text{ г/л.}$$

Приклад 8

Чи випаде осад при змішуванні 5 мл 0,02 н розчину BaCl_2 з 5 мл 0,1 н розчину Na_2CO_3 ($\text{ДР}_{\text{BaCO}_3} = 5,1 \cdot 10^{-9}$).

Розв'язання

Оскільки концентрація вихідних розчинів виражена через нормальність, потрібно обчислити молярні концентрації розчинів.

0,02 н розчин BaCl_2 відповідає 0,01 М розчину, а 0,1 н розчин Na_2CO_3 відповідає 0,05 М.

Після змішування розчинів, концентрації іонів будуть розраховувати-

ся по формулі $[C] = \frac{C_1 V_1}{V_{\text{заг.}}}$.

$$[\text{Ba}^{2+}] = \frac{0,01 \cdot 5}{10} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}; [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{0,05 \cdot 5}{10} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л};$$

$$[\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} = 1,35 \cdot 10^{-4}.$$

Так як $\text{ДР}_{\text{BaCO}_3} = 5,1 \cdot 10^{-9} \Rightarrow 1,35 \cdot 10^{-4} > 5,1 \cdot 10^{-9}$, тобто осад випаде.

Приклад 9

До розчину з молярними концентраціями Ag^+ $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л і Pb^{2+} $2,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л додають розчин з молярною концентрацією HCl 3 моль/л. Який осад випаде першим? Якою буде концентрація іону, що осаджується першим, на початок утворення другого осаду?

Розв'язання

Рівняння ЗДМ для осадів AgCl та PbCl_2 мають вигляд:

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 10^{-9,74},$$

$$[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = 10^{-4,87}.$$

Для виключення спільного множника – рівноважної концентрації Cl^- – перше рівняння треба піднести до квадрату і кожний його член

розділити на друге рівняння: $\frac{[\text{Ag}^+]^2}{[\text{Pb}^{2+}]} = \frac{(10^{-9,74})^2}{10^{-4,87}} = 10^{-14,61}$

Обчислимо відношення початкових концентрацій, аналогічне відношенню рівноважних концентрацій:

$$\frac{(C(\text{Ag}^+))^2}{C(\text{Pb}^{2+})} = \frac{(5 \cdot 10^{-3})^2}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-2}$$

Оскільки $\frac{(C(\text{Ag}^+))^2}{C(\text{Pb}^{2+})} > 10^{-14,61}$, першим випаде осад AgCl .

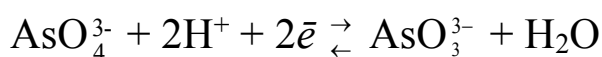
Рівноважна концентрація Ag^+ на початок утворення осаду PbCl_2 дорівнюватиме:

$$[\text{Ag}^+]^2 = C(\text{Pb}^{2+}) \cdot 10^{-14,61} = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-14,61} = 6,1 \cdot 10^{-18},$$
$$[\text{Ag}^+] = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л.}$$

Приклад 10

Розрахувати формальний потенціал системи $\text{AsO}_4^{3-}/\text{AsO}_3^{3-}$ при $\text{pH} = 3$ ($E^\circ(\text{AsO}_4^{3-}/\text{AsO}_3^{3-}) = 0,57\text{В}$).

Розв'язання



За рівнянням Нернста

$$E_{\text{AsO}_4^{3-}/\text{AsO}_3^{3-}} = E^0_{\text{AsO}_4^{3-}/\text{AsO}_3^{3-}} + \frac{0,059}{2} \lg \frac{[\text{AsO}_4^{3-}][\text{H}^+]^2}{[\text{AsO}_3^{3-}]}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 3; [\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ моль/л}$$

$$E_{\text{AsO}_4^{3-}/\text{AsO}_3^{3-}} = 0,57 - 0,18 = 0,39 \text{ В}$$

Приклад 11

Визначте напрямок протікання ОВР між двома редокс-парами $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,47 \text{ В}$ та $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ В}$.

Розв'язання

Якщо $\text{ЕРС} = E_{\text{ox}}^\circ - E_{\text{Red}}^\circ > 0$, то реакція іде в прямому напрямку. Якщо порівняти E° для двох пар, то побачимо, що окислювачем повинен бути Cu^{2+} , а відновником Fe .

$$\text{ЕРС} = E_{\text{ox}}^\circ - E_{\text{Red}}^\circ = 0,34 - (-0,47) = 0,81\text{В} > 0.$$

Тобто іде реакція $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$.

Приклад 12

Для розчинення металів і сплавів застосовують розчини HCl , HNO_3 , H_2SO_4 або NaOH . Які розчинники можна застосувати для розчинення сплавів на основі міді? Можливість розчинення підтвердити обчисленнями.

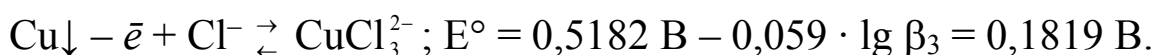
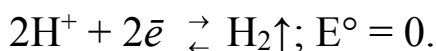
Розв'язання

Мідь розчиняється внаслідок окислення:



Розглянемо напівреакції, що зумовлюють розчинення в різних розчинниках.

У розчині HCl :



Окислення міді не відбудеться, оскільки

$$E^\circ_{2\text{H}^+/\text{H}_2} - E^\circ_{\text{CuCl}_3^{2-}/\text{Cu}^0} = 0 - 0,1819 < 0$$

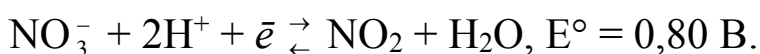
У концентрованій сірчаній кислоті:



Окислення міді теж не відбудеться, оскільки $E^\circ_{\text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_2} < E^\circ_{\text{Cu}^+/\text{Cu} \downarrow}$.

$$\text{EPC} < 0.$$

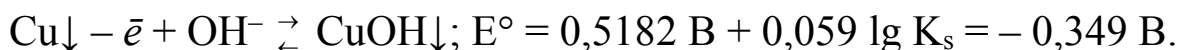
У концентрованій азотній кислоті:



Окислення міді відбудеться, оскільки $E^\circ_{\text{NO}_3^-/\text{NO}_2} > E^\circ_{\text{Cu}^+/\text{Cu} \downarrow}$.

$$\text{EPC} = 0,80 - 0,152 > 0.$$

У розчині NaOH : $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \rightleftharpoons \text{H}_2 \uparrow + 2\text{OH}^-$; $E^\circ = -0,828 \text{ В}$.



Окислення міді не відбудеться, оскільки:

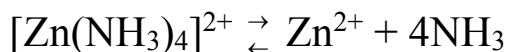
$$\text{EPC} = -0,828 - (-0,349) < 0.$$

Таким чином, сплави на основі міді слід розчиняти в HNO_3 .

Приклад 13

Визначити процент розпаду комплексу в 1 М розчині солі $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$, якщо $K_{\text{нест}} = 2,6 \cdot 10^{-10}$.

Розв'язання



$$\text{Тому } K_{\text{нест.}} = \frac{[\text{Zn}^{2+}] \cdot [\text{NH}_3]^4}{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}} = 2,6 \cdot 10^{-10}.$$

Якщо позначити $[\text{Zn}^{2+}] = x$, то

$$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = C_{\text{заг}} - [\text{Zn}^{2+}] = 1 - x, [\text{NH}_3] = 4x.$$

$$\text{Тоді } K_{\text{нест.}} = \frac{x \cdot (4x)^4}{1 - x}.$$

x значно менше 1, тому величиною x у знаменнику можна знехтувати, тоді $256 \cdot x^5 = 2,6 \cdot 10^{-10} \Rightarrow x = 4 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Тобто, $4 \cdot 10^{-3} \cdot 100 = 0,4$ % комплексного іону $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ розпадеться в 1М розчині.

РОЗДІЛ III. ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

3.1. Якісний аналіз

1. Для виготовлення та аналізу лікарських препаратів широко застосовуються буферні розчини. Вони використовуються з метою:

- A. Підтримки певного значення величини рН розчину**
- B. Зміни величини рН розчину**
- C. Зміни константи іонізації речовини**
- D. Зміни іонної сили розчину**
- E. Зміни добутку розчинності речовини**

2. Вам необхідно приготувати аміачний буферний розчин. Для цього до водного розчину амоніаку необхідно додати:

- A. Розчин хлориду амонію**
- B. Розчин хлоридної кислоти**
- C. Розчин сульфатної кислоти**
- D. Розчин хлориду калію**
- E. Розчин сульфату натрію**

3. При проведенні аналітичних реакцій широко застосовуються буферні суміші. При яких умовах буферна ємність розчину є максимальною?

- A. Співвідношення компонентів буферної суміші є еквімолярним**
- B. Концентрація компонентів буферної суміші є 1 М**
- C. При додаванні 100 мл 1 М розчину кислоти**
- D. При додаванні 100 мл 1 М розчину лугу**
- E. Загальний об'єм буферної суміші рівний 1 л**

4. Чому катіони I аналітичної групи (кисотно-основна класифікація) не мають групового реагенту?
- A. Більшість їх солей розчинні у воді**
 - В. Мають близькі іонні радіуси
 - С. Мають великі іонні радіуси
 - Д. Мають здатність утворювати розчинні основи
 - Е. Належать до біологічно важливих елементів
5. Який аналітичний ефект спостерігається під час визначення катіону калію розчином натрій гексанітрокобальтату(III)?
- A. Жовтий кристалічний осад**
 - В. Білий кристалічний осад
 - С. Жовте забарвлення розчину
 - Д. Чорний кристалічний осад
 - Е. Червоний кристалічний осад
6. Укажіть, яким аналітичним ефектом супроводжується реакція виявлення катіонів калію при дії натрію гідротартрату?
- A. Білий кристалічний осад**
 - В. Жовте забарвлення розчину
 - С. Білий аморфний осад
 - Д. Бурий осад
 - Е. Жовтий осад
7. В лабораторії необхідно ідентифікувати катіон амонію. Можна використати розчин:
- A. Реактиву Несслера**
 - В. Калію хромату
 - С. Цинку уранілацетату
 - Д. Реактиву Чугаєва
 - Е. Натрію сульфату

8. При дії на досліджуваний розчин лугом при нагріванні виділяється газ, що змінює забарвлення червоного вологого лакмусового паперу на синє. Це свідчить про присутність в розчині:

- A. Іонів амонію**
- B. Карбонат-іонів**
- C. Іонів свинцю**
- D. Іонів вісмуту**
- E. Хлорид-іонів**

9. При проведенні реакції іонів натрію с гексагідроксоантимонатом(V) калію в нейтральному середовищі утворюється осад. Вкажіть, якого кольору вказаний осад.

- A. Білий**
- B. Червоний**
- C. Жовтий**
- D. Зелений**
- E. Блакитний**

10. Фармакопейними є реакції забарвлення полум'я. Наявність якого катіону маскує виявлення всіх інших катіонів, що також забарвлюють полум'я?

- A. Na^+**
- B. K^+**
- C. Ca^{2+}**
- D. Sr^{2+}**
- E. Ba^{2+}**

11. Укажіть, яка реакція є фармакопейною для ідентифікації солі NaCl :

- A. Реакція забарвлення полум'я у жовтий колір**
- B. Реакція виділення газу при додаванні H_2SO_4**
- C. Поява різкого запаху при додаванні H_2SO_4**

- D. Охолодження розчину при розчиненні кристалів NaCl
- E. Органолептична реакція смаку розчину

12. В фармакопейному аналізі для ідентифікації іонів натрію використовують реакцію з:

- A. **2-метоксі-2-фенілоцтовою кислотою**
- B. 8-оксихіноліном
- C. Дифеніламіном
- D. Діацетилдіоксिमом
- E. Тетрафенілборатом

13. Для визначення якісного складу препарату на зразок досліджуваного розчину подіяли 2 М розчином HCl. Випав білий осад, розчинний в водному розчині аміаку. На наявність яких катіонів вказує цей аналітичний ефект:

- A. **Аргентуму(I)**
- B. Плюмбуму(II)
- C. Меркурію(I)
- D. Меркурію(II)
- E. Стануму(II)

14. Які катіони при взаємодії з сульфідом натрію утворюють осад чорного кольору?

- A. **Свинцю та срібла**
- B. Кальцію та магнію
- C. Натрію та калію
- D. Амонію та алюмінію
- E. Цинку та кадмію

15. Реакція утворення золотисто-жовтого осаду (реакція “золотого дощу”) – це реакція:

- A. **Утворення осаду PbI₂**

- B.** Утворення осаду PbCl_2
- C.** Утворення осаду AgI
- D.** Утворення осаду HgI_2
- E.** Утворення осаду Hg_2I_2

16. При проведенні систематичного ходу аналізу на розчин подіяли груповим реагентом 1 М 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

17. Який катіон III аналітичної групи (кисотно-основної класифікації) знаходиться в розчині, якщо при нагріванні з гіпсовою водою через декілька хвилин розчин мутніє?

- A.** Стронцію
- B.** Кальцію
- C.** Магнію
- D.** Плюмбуму
- E.** Гідраргіуму(III)

18. Леткі сполуки кальцію забарвлюють безбарвне полум'я пальника в такий колір:

- A.** Червоний
- B.** Жовтий
- C.** Фіолетовий
- D.** Жовто-зелений
- E.** Зелений

19. Катіони кальцію входять до складу деяких фармацевтичних препаратів. Фармакопейною реакцією для виявлення катіонів кальцію є реакція з розчином:

- A. Амоній оксалатом**
- B. Кислоти хлорводневої**
- C. Калій йодидом**
- D. Амоній гідроксидом**
- E. Натрій гідроксидом**

20. Який аналітичний ефект спостерігається при дії калію гексаціаноферату(II) на катіони Ca^{2+} :

- A. Утворення білого дрібнокристалічного осаду**
- B. Утворення жовто-зелених кристалів**
- C. Коричнєве забарвлення розчину**
- D. Утворення комплексної сполуки синього кольору**
- E. Утворення білого драглистого осаду**

21. Вкажіть, який реагент дозволяє виявити катіони барію у присутності катіонів кальцію і стронцію:

- A. Дихромат калію**
- B. Хлорид калію**
- C. Йодид калію**
- D. Нітрат калію**
- E. Гідроксид натрію**

22. Полум'я пальника в присутності солей невідомого катіона забарвлюється в карміново-червоний колір. Вкажіть, який це катіон?

- A. Стронцію**
- B. Амонію**
- C. Натрію**
- D. Калію**
- E. Заліза**

23. При внесенні в полум'я пальника солі невідомого катіона має місце забарвлення його в жовто-зелений колір. Вкажіть, який це катіон?

- A. Барію**
- B. Амонію**
- C. Свинцю**
- D. Магнію**
- E. Калію**

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

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

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

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

26. Хімік-аналітик для ідентифікації катіонів цинку(II) використав розчин реагенту гексаціаноферату(II) калію (реакція фармакопейна). Якого кольору осад при цьому утворюється?

- A. Білий**
- B. Жовтий**
- C. Чорний**
- D. Зелений**
- E. Червоний**

27. В хіміко-аналітичній лабораторії проводять ідентифікацію катіона алюмінію за допомогою реакції з алізарином, з утворенням "алюмінієвого лаку". Який колір має сполука, що утворюється?

- A. Яскраво-червоний**
- B. Яскраво-фіолетовий**
- C. Яскраво-зелений**
- D. Яскраво-синій**
- E. Яскраво-жовтий**

28. Якісною реакцією для визначення сполук Cr(VI) є утворення сполуки, що забарвлює шар ефіру в блакитний колір. Вкажіть формулу цієї сполуки хрому:

- A. H_2CrO_6 (CrO_5)**
- B. CrO_3**
- C. Cr_2O_3**
- D. CrO**
- E. NaCrO_2**

29. Яким реагентом можна відокремити магній-катіони від інших катіонів V аналітичної групи в систематичному ході аналізу?

- A. Насичений розчин амонію хлориду**
- B. Надлишок концентрованого розчину амоніаку**
- C. Гідроген пероксид**
- D. Нітратна кислота**
- E. Розчин лугу**

30. Які катіони V аналітичної групи (кисотно-основна класифікація) знаходяться в розчині, якщо при дії розчину плюмбум(II) хлориду у лужному середовищі випадає осад чорного кольору?

- A. Вісмут(III)**
- B. Залізо(II)**

- C. Марганець(II)
- D. Сурьма(III)
- E. Залізо (III)

31. В хіміко-аналітичній лабораторії спеціаліст досліджує суміш катіонів V аналітичної групи. При додаванні тіоціанат-йонів розчин забарвлюється в червоний колір. Про наявність якого катіону свідчить даний аналітичний ефект?

- A. Fe^{3+}
- B. Fe^{2+}
- C. Mg^{2+}
- D. Bi^{3+}
- E. Mn^{2+}

32. До розчину катіонів V аналітичної групи додали розчин тіоціанату амонію. Розчин забарвлюється у червоний колір. Який це катіон?

- A. Заліза(III)
- B. Нікелю
- C. Кальцію
- D. Стронцію
- E. Магнію

33. Груповим реактивом на катіони VI аналітичної групи (кисотно-основна класифікація) Co^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} є надлишок концентрованого амонію гідроксиду. При цьому спостерігається утворення:

- A. Розчинних у воді аміачних комплексних сполук
- B. Гідроксидів катіонів, розчинних в кислотах
- C. Забарвлених, нерозчинних у воді сполук
- D. Гідроксидів катіонів, розчинних у лугах.
- E. Гідроксидів катіонів, не розчинних в надлишку амонію гідроксиду

34. Характерною реакцією виявлення катіонів ртуті(II) є реакція з калій йодидом. При проведенні реакції спостерігають:

- A. Яскраво-червоний осад**
- B. Яскраво-червоний розчин**
- C. Брудно-зелений осад**
- D. Чорний осад**
- E. Білий осад**

35. При дії диметилгліоксиму на розчин, що містить катіони VI аналітичної групи (кисотно-основна класифікація) спостерігали малинове забарвлення осаду. Який катіон обумовив цей аналітичний ефект?

- A. Катіон нікелю(II)**
- B. Катіон меркурію(II)**
- C. Катіон купруму(II)**
- D. Катіон кадмію(II)**
- E. Катіон кобальту(II)**

36. 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. Амоніаку**
- C. 1-нітрозо-2-нафтолу**
- D. Магnezону-1**
- E. Алізарину**

37. Досліджуваний розчин лікарського препарату містить катіони магнію(II), алюмінію(III). За допомогою якого реагенту можна розділити вказані катіони при аналізі цього препарату?

- A. Розчин лугу**
- B. Пероксид гідрогену в кислому середовищі**
- C. Розчин аргентум нітрату**

- D. Пероксид гідрогену в аміачному середовищі
- E. Розчин хлоридної кислоти

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

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

39. Груповим реагентом на першу аналітичну групу аніонів є нітрат барію. Вкажіть аніони першої групи:

- A. PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-}
- B. BrO_3^- , Br^- , ClO_4^-
- C. CH_3COO^- , S_2^- , I^-
- D. NO_3^- , NO_2^- , HCOO^-
- E. Cl^- , Br^- , OH^-

40. Який іон при нагріванні з металевим цинком у кислому середовищі утворює газ – арсин, що викликає появу темної плями на фільтрувальному папері, просоченому розчином нітрату аргентуму:

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

41. Арсеніт- та арсенат-іони входять до складу деяких фармацевтичних препаратів. Фармакопейною реакцією для виявлення названих іонів є реакція з розчином:

- A. Срібла(I) нітрату

- B.** Антипірину
- C.** Калію йодиду
- D.** Амонію гідроксиду
- E.** Натрію гідроксиду

42. Фармакопейною реакцією на фосфат-йони є дія магнезіальної суміші. В результаті утворюється білий кристалічний осад MgNH_4PO_4 . Склад магнезіальної суміші наступний:

- A.** MgCl_2 , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NH_4Cl
- B.** MgCl_2 , NaOH , NaCl
- C.** MnCl_2 , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NaCl
- D.** MgCl_2 , MnSO_4 , NH_4Cl
- E.** MgCl_2 , NH_4Cl

43. Хімік-аналітик проводить якісний аналіз фосфат-йонів за допомогою фармакопейної реакції, в результаті якої утворився жовтий осад. Який реактив використав спеціаліст?

- A.** Срібла нітрат
- B.** Натрію нітрат
- C.** Калію хлорид
- D.** Калію нітрат
- E.** Хлоридну кислоту

44. Розчином якої речовини можна визначити наявність хлорид-йонів в питній воді?

- A.** Срібла нітрату
- B.** Йоду
- C.** Бромату калію
- D.** Натрію гідроксиду
- E.** Аміаку

45. До досліджуваного розчину додали хлороформ і по краплям хлорну воду. Хлороформний шар забарвився в оранжевий колір. Це свідчить про присутність в розчині:

- A. Бромід-йонів**
- B. Йодид-йонів**
- C. Сульфід-йонів**
- D. Сульфат-йонів**
- E. Нітрат-йонів**

46. До розчину FeSO_4 у присутності концентрованої H_2SO_4 додали розчин, що досліджується. Утворення бурого кільця вказує на присутність у розчині:

- A. Нітрат-йонів**
- B. Ацетат-йонів**
- C. Карбонат-йонів**
- D. Оксалат-йонів**
- E. Фосфат-йонів**

47. Який іон міститься в розчині, якщо при дії на нього дифеніламіну у присутності концентрованої сульфатної кислоти спостерігається синє забарвлення:

- A. Нітрат**
- B. Фосфат**
- C. Ацетат**
- D. Сульфід**
- E. Сульфат**

48. Аналітичною ознакою дії розчину йодиду калію на безбарвні аніони-окисники у присутності хлороформу є:

- A. Поява коричневого кольору вільного йоду**
- B. Випадіння осаду білого кольору**
- C. Зміна агрегатного стану**

- D. Виділення бульбашок газу
- E. Поява осаду і його розчинення у надлишку реагенту

49. Нітрит-йони в присутності нітрат-йонів можна виявити за допомогою:

- A. Кристалічного антипірину в присутності розведеної HCl
- B. Кристалічного натрію тіосульфату
- C. Диметилгліоксиму
- D. Кристалічного заліза(III) сульфату
- E. Дифенілкарбазону

3.2. Хімічні методи кількісного аналізу

1. Гравіметричне визначення вологи у фармацевтичних препаратах виконують методом:

- A. Непрямої відгонки
- B. Виділення
- C. Осадження
- D. Прямої відгонки
- E. Виділення та непрямої відгонки

2. Осаджуваною формою при визначенні йонів Fe^{2+} в солі Мора за допомогою гравіметричного методу є:

- A. $\text{Fe}(\text{OH})_3$
- B. $\text{Fe}(\text{OH})_2$
- C. Fe_2O_3
- D. FePO_4
- E. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

3. Для кількісного визначення сульфатів у питних водах застосовують гравіметричний метод осаження. Яку речовину слід використати в якості осаджувача сульфатів?

- A. **BaCl₂**
- B. CaCl₂
- C. MgCl₂
- D. SrCl₂
- E. AgNO₃

4. Для визначення вмісту магнію застосовували гравіметричний метод осадження. Виберіть осаджувальну і гравіметричну форми:

- A. **MgNH₄PO₄, Mg₂P₂O₇**
- B. MgNH₄PO₄, MgO
- C. Mg(OH)₂, MgO
- D. Mg(OH)₂, Mg₂P₂O₇
- E. MgNH₄PO₄, Mg(OH)₂

5. Для визначення масової частки іонів барію в лікарському препараті використовують гравіметричний метод осадження. Гравіметричною формою в даному випадку є:

- A. **Барію сульфат**
- B. Барію оксид
- C. Барію сульфід
- D. Барію сульфід
- E. Барію гідроксид

6. Підберіть посуд, який використовується в титриметричних методах аналізу для вимірювання точного об'єму титранту.

- A. **Бюретка**
- B. Піпетка
- C. Мірна колба
- D. Мірний циліндр
- E. Мензурка

7. Підберіть придатний методичний прийом, якщо речовина реагує з титрантом швидко, але не стехіометрично:

- A. **Спосіб замісного титрування**

- В.** Спосіб прямого титрування
- С.** Спосіб зворотного титрування
- Д.** Титрування з інструментальним фіксуванням точки еквівалентності
- Е.** Метод окремих наважок

8. Вкажіть спосіб титрування, при якому до досліджуваного розчину речовини поступово додають стандартний розчин титранту до встановлення кінцевої точки титрування:

- А.** Прямий
- В.** Зворотній
- С.** Непрямий
- Д.** Титрування замісника
- Е.** Титрування залишку

9. У титриметричному аналізі використовують різні способи титрування. Якщо є можливість вибору, то яким методом слід скористатись, щоб одержати точніший результат?

- А.** Пряме титрування
- В.** Зворотне титрування
- С.** Замісникове титрування
- Д.** Реверсійне титрування
- Е.** Комбіноване титрування

10. Виберіть відповідний метод титрування, якщо досліджувана речовина летка:

- А.** Спосіб зворотного титрування
- В.** Спосіб прямого титрування
- С.** Титрування за замісником
- Д.** Титрування з інструментальним фіксуванням точки еквівалентності
- Е.** Метод окремих наважок

11. Для вибору індикатора у методі кислотно-основного титрування будують криву титрування, яка відображає залежність:

- A. рН розчину від об'єму доданого титранту**
- В. рН розчину від концентрації розчину доданого титранту
- С. рН розчину від об'єму досліджуваного розчину
- Д. Концентрації досліджуваної сполуки від рН розчину
- Е. рН розчину від температури

12. Для кількісного визначення натрію карбонату в препараті методом кислотно-основного титрування застосовують індикатор:

- A. Метиловий оранжевий**
- В. Мурексид
- С. Метиленовий синій
- Д. Дифеніламін
- Е. Фероїн

13. Які стандартні розчини (титранти) використовують у методі кислотно-основного титрування?

- A. NaOH, HCl**
- В. AgNO₃, BaCl₂
- С. NaNO₂, Na₂S₂O₃
- Д. KI, K₂Cr₂O₇
- Е. KI, KMnO₄

14. 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. Тетраборат натрію**
- В. Оксалатна кислота
- С. Дихромат калію
- Д. Тіосульфат натрію
- Е. Сульфат магнію

15. Для кількісного визначення лікарських речовин використовують метод алкаліметрії, у якому титрантом є 0,1 М розчин гідроксиду натрію. Точну концентрацію гідроксиду натрію встановлюють за:

- A. Оксалатною кислотою**
- В. Натрію тетраборатом
- С. Калію дихроматом
- Д. Натрію тіосульфатом
- Е. Амонію гідроксидом

16. У контрольно-аналітичній лабораторії хіміку необхідно провести стандартизацію розчину натрій гідроксиду. Який первинний стандартний розчин може бути для цього використаний?

- A. Щавлева (оксалатна) кислота**
- В. Оцтова кислота
- С. Хлороводнева кислота
- Д. Натрій тетраборату
- Е. Натрій хлориду

17. Визначення борної кислоти в медичному препараті здійснюють методом:

- A. Кислотно-основного титрування**
- В. Окисно-відновного титрування
- С. Методом осадження
- Д. Комплексонометрії
- Е. Фотометрії

18. Яким методом титриметричного аналізу можна провести кількісне визначення сірчаної кислоти розчином калію гідроксиду?

- A. Алкаліметрія**
- В. Ацидиметрія
- С. Окиснення-відновлення
- Д. Осадження
- Е. Комплексоутворення

19. Лікарський препарат містить натрію гідрокарбонат і натрію хлорид. Запропонуйте метод кількісного визначення натрію гідрокарбонату:

- A. Кислотно-основне титрування**
- B. Осаджувальне титрування**
- C. Окисно-відновне титрування**
- D. Комплексонометричне титрування**
- E. Кулонометричне титрування**

20. Кількісне визначення карбонатів і гідрокарбонатів проводять таким методом:

- A. Пряма ацидиметрія**
- B. Зворотня ацидиметрія**
- C. Пряма алкаліметрія**
- D. Зворотня алкаліметрія**
- E. Комплексонометрія**

21. До складу мікстури входять натрію гідрокарбонат, натрію бромід, амонію хлорид. Яким методом можна кількісно визначити натрію гідрокарбонат у суміші?

- A. Ацидиметрії**
- B. Осаджувального титрування**
- C. Перманганатометрії**
- D. Комплексонометрії**
- E. Алкаліметрії**

22. Значення рН, при якому відбувається найбільш різка зміна забарвлення індикатора, називають:

- A. Показником титрування індикатора**
- B. Показником індикатора**
- C. Інтервалом переходу забарвлення індикатора**
- D. Точкою еквівалентності**
- E. Точкою кінця титрування**

23. В методах редоксиметрії при визначенні окисників і відновників фіксування точки кінця титрування здійснюють:

- A. Усіма переліченими способами**
- B. Безіндикаторним методом**
- C. З використанням специфічних індикаторів**
- D. З використанням редокс-індикаторів**
- E. З використанням інструментальної індикації**

24. Перманганатометрія використовується для визначення більшої кількості сполук неорганічної та органічної природи. Вкажіть основні переваги перед іншими оксидиметричними методами:

- A. Достатньо високий окисно-відновний потенціал та можливість безіндикаторної фіксації точки кінця титрування**
- B. Достатньо висока стійкість перманганату та його розчинів**
- C. Висока селективність та чутливість визначених сполук**
- D. Легка можливість отримання перманганату калію в чистому вигляді та доступність**
- E. Можливість використання різних типів індикаторів та необхідність в декількох випадках використання каталізаторів для прискорення реакції визначення сполук**

25. Титрантом методу перманганатометрії є 0,1 М розчин калію перманганату, який готують як вторинний стандартний розчин. Його стандартизують за:

- A. Оксидом арсену(III)**
- B. Калію дихроматом**
- C. Натрію хлоридом**
- D. Натрію карбонатом**
- E. Оксидом кальцію**

26. Вкажіть пару речовин, які можна застосовувати для стандартизації 0,1 М розчину KMnO_4 :

- A. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$**
- B. K_2CO_3 , CH_3COOH**

- C. CH_3COOK , $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- D. KHC_2O_4 , HCOOH
- E. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, CH_3COOH

27. В залежності від умов проведення окисно-відновної реакції перманганат-іон може відновлюватися до Mn^{2+} , Mn^{4+} , MnO_4^{2-} . Яке середовище необхідне, щоб перманганат-іон відновлювався до сполук Mn^{2+} ?

- A. Кисле
- B. Слабколужне
- C. Нейтральне
- D. Лужне
- E. Слабкокисле

28. Перманганатометрично визначають H_2O_2 у сильно кислому середовищі. За допомогою якої кислоти можна створювати середовище при перманганатометричному визначенні?

- A. H_2SO_4
- B. HCl
- C. HNO_3
- D. CH_3COOH
- E. H_3PO_4

29. За допомогою якого безіндикаторного методу можна визначити кількісний вміст феруму(II) у фармацевтичному препараті?

- A. Перманганатометрія
- B. Алкаліметрія
- C. Ацидиметрія
- D. Трилонометрія
- E. Меркурометрія

30. Запропонуйте редокс-метод кількісного визначення солей феруму(II) у розчині, що містить хлороводневу кислоту:

- A. Дихроматометрія

- В. Йодометрія
- С. Перманганатометрія
- Д. Нітритометрія
- Е. Аскорбінометрія

31. До речовин, з яких можна приготувати первинні стандартні розчини титрантів відносяться:

- А. $K_2Cr_2O_7$
- В. NaOH
- С. I_2
- Д. $KMnO_4$
- Е. HCl

32. Підберіть відповідні індикатори для фіксування кінцевої точки титрування у методі нітритометрії:

- А. Тропеолін 00 + метиленовий синій
- В. Метиленовий синій
- С. Метилловий оранжевий
- Д. Розчин крохмалю
- Е. Дифеніламін

33. При визначенні стрептоциду (ароматичного аміну) методом нітритометрії для прискорення реакції діазотування додають каталізатор. Вкажіть речовину, яка виконує роль каталізатора:

- А. Калій бромід
- В. Хлоридна кислота
- С. Калій сульфат
- Д. Сульфатна кислота
- Е. Натрій хлорид

34. Визначення масової частки фармацевтичних препаратів, які містять ароматичну аміногрупу, проводять методом нітритометрії. Який зовнішній індикатор при цьому використовують?

- А. Йодидкрохмальний папірець

- B.** Метиловий червоний
- C.** Еріохром чорний Т
- D.** Фенолфталеїн
- E.** Еозин

35. Найчастіше кількісний вміст первинних та вторинних ароматичних амінів у лікарських засобах визначають методом:

- A.** Нітритометрії
- B.** Церіметрії
- C.** Аскорбінометрії
- D.** Перманганатометрії
- E.** Титанометрії

36. Укажіть стандартні розчини, які в йодометрії використовують для прямого і зворотного титрування відновників:

- A.** I_2 , $Na_2S_2O_3$
- B.** $K_2Cr_2O_7$, $Na_2S_2O_3$
- C.** I_2 , KI
- D.** $KMnO_4$, KI
- E.** $K_2Cr_2O_7$, I_2

37. Укажіть стандартний розчин йодометричного визначення відновників (пряме титрування)?

- A.** Розчин I_2
- B.** Розчин $KMnO_4$
- C.** Розчин $Na_2S_2O_3$
- D.** Розчин $K_2Cr_2O_7$
- E.** Розчин KI

38. Для визначення вмісту купрум(II) сульфату застосували метод йодометричного титрування. Титрантом метода є:

- A.** Розчин натрій тіосульфату
- B.** Розчин калій гідроксиду
- C.** Розчин йоду в розчині калій йодиду

- D. Розчин калій перйодату
- E. Розчин калій перманганату

39. Для стандартизації розчину натрію тіосульфату використовують розчин калію дихромату. При цьому проводять:

- A. **Титрування замісника**
- B. Пряме титрування в сильноокислому середовищі
- C. Зворотне титрування в кислому середовищі
- D. Зворотне титрування в лужному середовищі
- E. Пряме титрування в лужному середовищі

40. Визначення кінцевої точки титрування в редокс-методах здійснюють: безіндикаторним методом, за допомогою специфічних індикаторів та редокс-індикаторів. Як визначають кінцеву точку титрування у йодометрії?

- A. **За допомогою специфічного індикатору крохмалю**
- B. Безіндикаторним методом
- C. За допомогою специфічного індикатора роданіду феруму
- D. За допомогою редокс-індикатору дифеніламіну
- E. За допомогою метилового червоного

41. Укажіть тип реакції, яка перебігає при визначенні аскорбінової кислоти у препараті йодометричним методом:

- A. **Окиснення-відновлення**
- B. Ацилювання
- C. Нейтралізації
- D. Осадження
- E. Комплексоутворення

42. При йодиметричному визначенні формальдегіду у формаліні застосовують зворотне титрування. Надлишок йоду відтитровують стандартним розчином:

- A. **Натрію тіосульфату**
- B. Натрію нітрату

- C. Натрію сульфату
- D. Натрію карбонату
- E. Натрію фосфату

43. Укажіть метод титрування для визначення концентрації сірководню в мінеральних водах:

- A. **Зворотне титрування**
- B. Замісникове титрування
- C. Пряме титрування
- D. Реверсійне титрування
- E. Комбінація прямого та реверсійного титрування

44. Визначення масової частки аскорбінової кислоти методом цериметрії проводять у присутності редокс-індикатора:

- A. **Фероїну**
- B. Метилового червоного
- C. Еозину
- D. Флуоресцеїну
- E. Метилового оранжевого

45. Визначення масової частки аскорбінової кислоти методом цериметрії проводять у присутності фероїну, який належить до:

- A. **Редокс-індикаторів**
- B. Метал-індикаторів
- C. Флуоресцентних індикаторів
- D. Кисотно-основних індикаторів
- E. Адсорбційних індикаторів

46. Оберіть відповідний індикатор для фіксування кінцевої точки титрування в методі броматометрії:

- A. **Метиловий червоний**
- B. Фенолфталеїн
- C. Крохмаль
- D. Метиловий синій

Е. Тропеолін 00

47. Необхідно визначити кількість саліцилату натрію у розчині. Який метод титриметричного аналізу можна використати для кількісного визначення ароматичних сполук?

- А. Бромометрія**
- В. Меркурометрія**
- С. Цериметрія**
- Д. Аргентометрія**
- Е. Комплексонометрія**

48. Укажіть титриметричний метод кількісного визначення фенолу та його похідних:

- А. Броматометрія**
- В. Цериметрія**
- С. Нітритометрія**
- Д. Перманганатометрія**
- Е. Аскорбінометрія**

49. Укажіть, в якому методі окисно-відновного титрування використовують для фіксування кінцевої точки титрування специфічні рН-індикатори:

- А. Броматометрія**
- В. Перманганатометрія**
- С. Нітритометрія**
- Д. Цериметрія**
- Е. Йодометрія**

50. Який титрант використовують в броматометричному методі титрування:

- А. KBrO_3**
- В. KBr**
- С. Br_2**

D. $\text{KBrO}_4 + \text{KCl}$

51. Для визначення лікарських засобів, які містять катіони магнію та кальцію, застосовують трилонометричне титрування. Який тип хімічної реакції при цьому відбувається?

- A. Комплексоутворення**
- B. Окиснення-відновлення**
- C. Електрофільне заміщення**
- D. Алкілювання**
- E. Осадження**

52. Титрант методу комплексометрії – розчин трилону Б, утворює з катіонами металів, незалежно від їх валентності, комплексні сполуки у співвідношенні:

- A. 1:1**
- B. 1:3**
- C. 1:2**
- D. 2:1**
- E. 3:1**

53. Розчин, який містить катіони кальцію та магнію, титрують розчином трилону Б. У якому середовищі проводиться комплексонометричне титрування цих катіонів?

- A. В середовищі амонійного буферного розчину**
- B. В середовищі форміатного буферного розчину**
- C. В нейтральному розчині**
- D. В кислому розчині**
- E. В середовищі ацетатного буферного розчину**

54. Для стандартизації титрованого розчину трилону Б використовують стандартний розчин:

- A. Цинку сульфату або цинк металевий**
- B. Натрію тетраборату**
- C. Натрію хлориду**

- D. Калію дихромату
- E. Оксалатної кислоти

55. Кількісний вміст кальцій хлориду визначають методом прямого комплексонометричного титрування. Оберіть індикатор для фіксування кінцевої точки титрування:

- A. Еріохром чорний Т
- B. Фенолфталеїн
- C. Метиловий червоний
- D. Еозин
- E. Крохмаль

56. Методом прямої комплексонометрії визначають концентрацію:

- A. Катіонів металів
- B. Аніонів сильних кислот
- C. Аніонів слабких кислот
- D. Гідроксид-іонів
- E. Гідроген-іонів

57. Кількісне визначення бісмуту в препараті проводять методом:

- A. Комплексонометрії
- B. Йодометрії
- C. Меркуриметрії
- D. Перманганатометрії
- E. Аргентометрії

58. Який метод аналізу хімік-аналітик може застосувати для визначення вмісту алюмінію в лікарському препараті алюмаг (маалокс) способом непрямого титрування:

- A. Комплексонометрія
- B. Дихроматометрія
- C. Аргентометрія

- D. Меркурометрія
- E. Йодометрія

59. Фармацевт планує провести пряме комплексонометричне визначення йонів Zn^{2+} у присутності металохромного індикатора та буферного розчину, титруючи розчином трилону Б. Який буферний розчин слід використати?

- A. Амонійний
- B. Фосфатний
- C. Ацетатний
- D. Гідрогенкарбонатний
- E. Карбонатний буфер

60. Приготували 0,1 М розчин срібла нітрату. Вкажіть речовину-стандарт для стандартизації цього розчину:

- A. Калію хлорид
- B. Натрію тетраборат
- C. Натрію гідроксид
- D. Оксалатна кислота
- E. Натрію бензоат

61. Який первинний стандарт застосовують для стандартизації розчину $Hg_2(NO_3)_2$?

- A. Хлорид натрію
- B. Бромід натрію
- C. Сульфат натрію
- D. Гідроксид натрію
- E. Дихромат натрію

62. Укажіть який аналітичний ефект спостерігають при фіксуванні кінцевої точки титрування у методі Мора?

- A. Утворення осаду цегляно-червоного кольору
- B. Забарвлення розчину у червоний колір

- C. Забарвлення розчину у жовтий колір
- D. Утворення осаду білого кольору
- E. Утворення осаду жовтого кольору

63. Укажіть який аналітичний ефект спостерігають при фіксуванні кінцевої точки титрування у методі Фольгарда?

- A. **Забарвлення розчину у червоний колір**
- B. Утворення осаду червоного кольору
- C. Забарвлення розчину у жовтий колір
- D. Утворення осаду бурого кольору
- E. Утворення осаду жовтого кольору

64. Спеціаліст для кількісного визначення хлорид-іонів в лікарському препараті використав метод Мора. Кінцева точка титрування була зафіксована за утворенням цегляно-червоного осаду, який утворений такою сполукою:

- A. **Срібла хромат**
- B. Калію хромат
- C. Калію дихромат
- D. Срібла хлорид
- E. Калію хлорид

65. Для визначення масової частки натрію хлориду в фізіологічному розчині хімік-аналітик застосував метод Мора, титрантом якого є:

- A. **Аргентуму нітрат**
- B. Амонію тіоціонат
- C. Натрію тетраборат
- D. Меркурію(I) нітрат
- E. Меркурію(II) нітрат

66. Які робочі розчини (титранти) використовують у методі осаджувального титрування – методі Фольгарда?

- A. **AgNO_3 та NH_4SCN**
- B. H_2SO_4 та NaOH

- C. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та KIO_3
- D. KMnO_4 та KBrO_3
- E. HClO_4 та KOH

67. Виберіть індикатор для аргентометричного визначення хлорид-іонів методом Мора:

- A. **Калію хромат**
- B. Дифенілкарбазон
- C. Еозин
- D. Флюоресцеїн
- E. Метилловий червоний

68. Кількісне визначення йодидів за методом Фаянса проводять з адсорбційними індикаторами. В якості такого індикатора можна застосовувати:

- A. **Еозин**
- B. Метилловий оранжевий
- C. Фенолфталеїн
- D. Дифеніламін
- E. Мурексид

69. Залізо-амонійні галуни в якості індикатора використовують:

- A. **В аргентометрії, метод Фольгарда**
- B. В аргентометрії, метод Мора
- C. В алкаліметрії
- D. В ацидиметрії
- E. В комплексонометрії

70. Для визначення масової частки натрію хлориду в лікарському препараті використовують метод Фаянса-Ходакова. Титрування проводять у присутності розчину індикатора:

- A. **Флуоресцеїн**
- B. Калій хромат
- C. Амонію заліза(III) сульфат

- D. Дифенілкарбазон
- E. Фероїн

71. Укажіть метод, який базується на реакціях осадження галогенідів у вигляді малорозчинних солей ртуті(I):

- A. Меркурометрія
- B. Аргентометрія
- C. Роданометрія
- D. Меркуриметрія
- E. Трилонометрія

72. При визначенні хлориду натрію за методом Фольгарда застосовують такі методи:

- A. Зворотне титрування, аргентометрія
- B. Пряме титрування, аргентометрія
- C. Титрування замісника
- D. Зворотне титрування, меркуриметрія
- E. Пряме титрування, меркуриметрія

3.3. Інструментальні методи аналізу

1. Фотоелектроколориметричний метод аналізу дозволяє визначити концентрацію:

- A. Забарвленого розчину
- B. Каламутного розчину
- C. Оптично-активної речовини
- D. Безбарвного розчину
- E. Будь-якого розчину

2. В фотометричному методі аналізу серія з 6-8 стандартних розчинів готується для:

- A. Побудови калібрувального графіка

- B.** Оцінки методики визначення
- C.** Спрощення методики роботи
- D.** Підбору кювет
- E.** Підбору світлофільтру

3. Аналіз солей міді проводили фотометричним методом. Кількісний вміст визначили за градувальним графіком залежності:

- A.** Оптична густина – концентрація
- B.** Оптична густина – температура
- C.** Оптична густина – товщина шару рідини
- D.** Інтенсивності світлопоглинання – довжина хвилі
- E.** Оптична густина – довжина хвилі

4. Молярний коефіцієнт поглинання – це оптична густина розчину при товщині поглинаючого шару 1 см і концентрації рівній:

- A.** 1 моль/л
- B.** 0,1 моль/л
- C.** 1%
- D.** 1 г/мл
- E.** 1 г/л

5. Фізико-хімічні методи використовують для кількісного визначення лікарських речовин. Який з наведених нижче методів ґрунтується на визначенні оптичної густини розчину?

- A.** Спектрофотометрія
- B.** Полярографія
- C.** Потенціометрія
- D.** Кулонометрія
- E.** Електрогравіметрія

6. Для кількісного визначення йонів Феруму(III) спеціаліст проводить реакцію з сульфосаліциловою кислотою і вимірює такий показник:

- A.** Оптична густина

- В. Питоме обертання
- С. Показник заломлення
- Д. Довжину хвилі
- Е. Потенціал напівхвилі

7. Пристрій, якій дозволяє визначити поглинання світла фіксованої довжини хвилі називається:

А. Спектрофотометром

- В. Полярोगрафом
- С. Рефрактометром
- Д. рН-метром
- Е. Поляриметром

8. В методах атомно-абсорбційної спектроскопії використовують:

А. Монохроматичне випромінювання

- В. Поліхроматичне випромінювання
- С. Відбите світло
- Д. Заломлений промінь світла
- Е. Розсіяне випромінювання

9. Явище, коли відбувається зсув максимуму поглинання у бік довгих довжин хвиль, має назву:

- А. Батохромний зсув**
- В. Гіпсохромний зсув
- С. Гіперхромний ефект
- Д. Гіпохромний ефект
- Е. Сольватохромний ефект

10. Явище, коли відбувається зсув максимуму поглинання у бік коротких довжин хвиль, має назву:

- А. Гіпсохромний зсув**
- В. Гіпохромний ефект
- С. Сольватохромний ефект

- D. Гіперхромний ефект
- E. Батохромний зсув

11. Поглинання світла підлягає закону:

- A. Бугера-Ламберта-Бера**
- B. Нернста
- C. Гейровського-Ільковича
- D. Ленгмюра
- E. Менделєєва-Клапейрона

12. Чутливість фотометричної реакції визначається величиною молярного коефіцієнта світлопоглинання, який залежить:

- A. Від природи речовини**
- B. Від концентрації розчину
- C. Від густини розчину
- D. Від об'єму поглинання шару речовини
- E. Від інтенсивності падаючого світла

13. Величина молярного коефіцієнту світлопоглинання НЕ залежить від:

- A. Концентрації речовини у розчині**
- B. Природи розчиненої речовини
- C. Природи розчинника
- D. Довжини хвилі монохроматичного світла
- E. Температури

14. Який реагент є найчутливішим для фотометричного визначення Cu^{2+} , якщо комплекси купруму мають такі молярні коефіцієнти світлопоглинання?

- A. З дитизоном – 45000**
- B. З аміаком – 120
- C. З оксихіноліном – 5200
- D. З диетилдитіокарбаматом – 12000

Е. З піридином та роданідом – 1600

15. Метод, заснований на термічному збудженні вільних атомів або одноатомних іонів та реєстрації оптичного спектру збуджених атомів має назву:

- А. Атомно-емісійного аналізу
- В. Спектрофотометричного аналізу
- С. Атомно-абсорбційного аналізу
- Д. Флуоресцентного аналізу
- Е. Рефрактометричного аналізу

16. Метод, який заснований на візуальному спостереженні або вимірі інтенсивності світіння, випромінюванні атомами, молекулами або іонами при їх збудженні різними видами енергії має назву:

- А. Люмінесценції
- В. Фотометрії
- С. Спектрофотометрії
- Д. Поляриметрії
- Е. Рефрактометрії

17. Який спектральний метод використовують для визначення лужних та лужноземельних металів?

- А. Емісійну спектрометрію
- В. Атомно-абсорбційну спектрометрію
- С. Полум'яну спектрометрію
- Д. ІЧ – спектрометрію
- Е. Потенціометрію

18. В основі атомно-абсорбційного аналізу лежить?

- А. Поглинання світла вільними атомами
- В. Вимірі інтенсивності світіння атомами або молекулами
- С. Поглинання світла молекулами речовини
- Д. Випромінювання світла атомами
- Е. Поглинання світла іонами

19. Атомно-абсорбційна спектрометрія застосовується переважно для визначення:

- A. Більшості хімічних елементів**
- B. Лужних металів**
- C. Летючих металів**
- D. Неметалів**
- E. Металів**

20. Для ідентифікації лікарського препарату застосували рефрактометричний метод аналізу, в основі якого лежить залежність між:

- A. Показником заломлення та концентрацією речовини у розчині**
- B. Електричною провідністю розчину та його концентрацією**
- C. Концентрацією у розчині речовини та його кутом обертання**
- D. Концентрацією у розчині речовини та його оптичною густиною**
- E. Інтенсивністю світла поглинання розчином та його концентрацією**

21. При кількісному визначенні глюкози поляриметричним методом вимірюють:

- A. Кут обертання поляризованого променю світла**
- B. Коефіцієнт заломлення світла**
- C. Ступінь поглинання поляризованого променю світла розчином**
- D. Дисперсію променю світла розчином**
- E. Оптичну густину розчину**

22. Для кількісного визначення концентрації калію броміду аналітик використовує рефрактометрію. Який показник вимірює фахівець у цьому методі?

- A. Показник заломлення**
- B. Кут обертання площини поляризованого світла**

- С. Оптичну густину
- Д. Питоме обертання площини поляризації
- Е. Сила струму

23. Кут обертання площини поляризації оптично активних органічних речовин вимірюють за допомогою приладу:

- А. Поляриметра**
- В. Рефрактометра
- С. Кондуктометра
- Д. Спектрофотометра
- Е. Потенціометра

24. Який метод заснований на функціональній залежності між концентрацією досліджуваного компонента і величиною електродного потенціалу?

- А. Потенціометрія**
- В. Кондуктометрія
- С. Атомно-абсорбційна спектроскопія
- Д. Амперометрія
- Е. Електрофорез

25. Скляний електрод часто застосовується для вимірювання рН у біологічних середовищах та рідких лікарських формах. До якого типу відноситься скляний електрод?

- А. Йонселективний електрод**
- В. Електрод I роду
- С. Редокс-електрод
- Д. Електрод II роду
- Е. Газовий електрод

26. Потенціометричний метод визначення рН як найбільш універсальний занесений до Державної Фармакопеї України. Який з електродів використовують у якості електроду порівняння?

- A. Насичений каломельний**
- B. Хінгідронний**
- C. Скляний**
- D. Водневий**
- E. Цинковий**

27. Оберіть пару електродів для потенціометричного визначення рН розчину:

- A. Скляний – хлорсрібний**
- B. Каломельний – хлорсрібний**
- C. Хінгідронний – стибієвий**
- D. Сірчаноокислий ртутний – хлорсрібний**
- E. Скляний – стибієвий**

28. Потенціометричний метод визначення рН як найбільш універсальний занесений до Державної Фармакопеї України. За допомогою якої з пар електродів можна визначити рН?

- A. Скляний-каломельний**
- B. Водневий-хінгідронний**
- C. Скляний-водневий**
- D. Каломельний-хлорсрібний**
- E. Скляний-хінгідронний**

29. При дослідженні лікарських речовин використовується потенціометричний метод визначення рН. Який з електродів можна використовувати у якості індикаторного (електроду визначення) при вимірюванні рН розчину?

- A. Скляний**
- B. Мідний**
- C. Хлорсрібний**
- D. Каломельний**
- E. Цинковий**

30. При дихроматометричному визначенні FeSO_4 у розчині з потенціометричною фіксацією точки еквівалентності, як індикаторний електрод використовують:

- A. Платиновий**
- B. Скляний**
- C. Хінгідронний**
- D. Срібний**
- E. Хлорсрібний**

31. Вкажіть фармакопейний метод визначення рН:

- A. Потенціометричний**
- B. Спектрофотометричний**
- C. Індикаторний**
- D. Кондуктометричний**
- E. Полярографічний**

32. Виберіть спосіб титрування каламутних розчинів:

- A. Потенціометричне титрування**
- B. Зворотне титрування**
- C. Реверсійне титрування**
- D. Титрування замісника**
- E. Пряме титрування**

33. Потенціометричне титрування застосовують у випадках, коли неможливо застосувати візуальні індикатори. В ході цього титрування вимірюється:

- A. Потенціал індикаторного електрода**
- B. Потенціал електрода порівняння**
- C. Потенціал окисно-відновної системи**
- D. Потенціал дифузійного шару**
- E. Дзета-потенціал**

34. Зазначте метод кількісного аналізу, заснований на вимірюванні кількості електрики, витраченої на проведення електрохімічної реакції:

- A. Кулонометрія**
- B. Амперометрія**
- C. Полярографія**
- D. Кондуктометрія**
- E. Потенціометрія**

35. Кулонометрія базується на вимірюванні кількості електрики, що витрачають на електродну реакцію. Вкажіть, який закон лежить в основі кулонометричного визначення речовин:

- A. Фарадея**
- B. Кулона**
- C. Ньютона**
- D. Стокса**
- E. Бугера-Ламберта-Бера**

36. Укажіть, який параметр вимірюють при кондуктометричному титруванні розчинів електролітів:

- A. Електропровідність**
- B. Електрорушійна сила**
- C. В'язкість розчину**
- D. Кислотність середовища**
- E. Концентрація розчину**

37. При кондуктометричному титруванні суміші кислот HCl і CH_3COOH 0,1 М розчином NaOH вимірюють:

- A. Електропровідність розчину**
- B. рН середовища**
- C. Різницю потенціалів**
- D. Кут обертання площини поляризованого світла**
- E. Показник заломлення**

38. Вміст вологи в термічно нестійких препаратах можна визначити:

- A. Неводним титруванням за методом Фішера**

- B. Методом броматометрії**
- C. Методом перманганатометрії**
- D. Методом нітритометрії**
- E. Методом йодометрії**

39. Полярографія – кількісний метод аналізу. Що є кількісною характеристикою цього методу?

- A. Величина дифузійного струму**
- B. Електродний потенціал**
- C. Потенціал півхвилі**
- D. Опір розчину**
- E. Величина електрорушійної сили**

40. Одним із електрохімічних методів аналізу є полярографія. В ході полярографічного аналізу досліджувана речовина ідентифікується за:

- A. Потенціалом напівхвилі**
- B. Великою електрорушійної сили**
- C. Висотою полярографічної хвилі**
- D. Положенням полярографічної хвилі**
- E. Шириною полярографічної хвилі**

41. Від чого залежить висота полярографічної хвилі?

- A. Концентрації відновлюваного іону**
- B. Складу електроліту**
- C. Характеристики капіляру**
- D. Радіусу капіляру**
- E. Довжини капіляру**

42. Амперометричне титрування використовують для аналізу деяких фармацевтичних препаратів. Метод амперометричного титрування заснований на:

- A. Визначенні точки еквівалентності за різкою зміною дифузійного струму в процесі титрування**
- B. Вимірюванні різниці потенціалів між електродами у процесі титрування**
- C. Вимірюванні напруги у комірці під час титрування**
- D. Іонному обміні між розчином, що аналізують, і катіонітом**
- E. Іонному обміні між аніонітом і розчином, що аналізують**

3.4. Методи розділення та концентрування

- 1. В методі хроматографії розділення речовин засновано:**
 - A. На здатності розподілятися між рухомою і нерухомою фазою**
 - B. На здатності розподілятися між двома рухомими фазами**
 - C. На здатності розподілятися між двома нерухомими фазами**
 - D. На здатності розчинятись**
 - E. На здатності осаджуватись**
- 2. Вкажіть метод хроматографічного аналізу, в якому при дослідженні компонентів лікарської субстанції в якості сорбенту використовують іоніти:**
 - A. Іонообмінна хроматографія**
 - B. Газова хроматографія**
 - C. Паперова хроматографія**
 - D. Тонкошарова хроматографія**
 - E. Гельфільтраційна хроматографія**
- 3. При хроматографуванні новокаїну в тонкому шарі сорбенту, після проявлення пластинки, одержали пляму, відстань до якої від лінії старту 3 см, а відстань фронту розчинників – 10 см. Яке значення R_f новокаїну?**
 - A. 0,3**
 - B. 0,4**
 - C. 0,5**

- D. 0,6
- E. 0,7

4. При хроматографуванні розчинів фруктози та сахарози були визначенні відстані від стартової лінії центра п'ятна кожного з них 6,0 та 4,0 см відповідно, а відстань від стартової лінії до лінії фронту розчинника 10 см. Визначте R_f для кожного з сахарів.

- A. $R_{f \text{ фруктози}} = 0,60$; $R_{f \text{ сахарози}} = 0,40$
- B. $R_{f \text{ фруктози}} = 0,30$; $R_{f \text{ сахарози}} = 0,20$
- C. $R_{f \text{ фруктози}} = 4,00$; $R_{f \text{ сахарози}} = 6,00$
- D. $R_{f \text{ фруктози}} = 6,00$; $R_{f \text{ сахарози}} = 4,00$
- E. $R_{f \text{ фруктози}} = 1,60$; $R_{f \text{ сахарози}} = 2,50$

5. Провізор-аналітик проводить аналіз лікарського препарату. У Фармакопейній статті наведено значення величини R_f . Величина R_f є:

- A. Показником рухливості речовини
- B. Абсолютною характеристикою речовини
- C. Показником швидкості руху розчинника по шару сорбенту
- D. Показником сорбційної здатності твердої фази
- E. Показником розчинності речовини у рідкій фазі

6. Які фактори найбільше впливають на коефіцієнт R_f ?

- A. Природа розчинника та речовин, температура
- B. Температура, об'єм проби
- C. Концентрація та природа речовин
- D. Природа та концентрація речовин, що аналізуються, температура
- E. Температура розчину та тиск

7. В хімічну лабораторію поступив препарат, який є сумішшю глюкози і манози. Для ідентифікації цих речовин в суміші можна використати метод:

- A. Хроматографії в тонкому шарі сорбенту

- В. Поляриметрії**
- С. Спектрофотометрії**
- Д. Полярографії**
- Е. Амперометричного титрування**

8. В газорідинній хроматографії досліджувані речовини вносять в потік газу-носія, який повинен відповідати вимогам:

- А. Інертність по відношенню до нерухомої фази і досліджуваної сполуки**
- В. Висока теплопровідність**
- С. Велика молекулярна маса**
- Д. Швидкість руху по колонці**
- Е. Схожість з нерухомою фазою**

9. Для кількісного визначення етанолу був застосований метод газової хроматографії. Який параметр вимірюють?

- А. Висоту або площу хроматографічного піка**
- В. Час утримування**
- С. Об'єм утримування**
- Д. Ширину хроматографічного піка**
- Е. Напівширину хроматографічного піка**

10. Як називається процес, при якому речовини розподіляються між двома рідкими фазами, які не змішуються?

- А. Екстракція**
- В. Маскування**
- С. Сорбція**
- Д. Центрифугування**
- Е. Співосадження**

11. Які компоненти можуть екстрагуватися?

- А. Молекулярні речовини**
- В. Катіони**

- C. Аніони
- D. Тверді речовини
- E. Катіони та аніони

12. Повноту вилучення в іншу фазу виражають коефіцієнтом:

- A. $R, \%$
- B. R_f
- C. D_A
- D. α
- E. C

13. Які умови необхідні для проходження екстракції?

- A. Речовина повинна бути більш розчинна в органічному розчиннику і бути електронейтральною
- B. Речовина повинна бути більш розчинна в воді
- C. До складу речовини входять гідрофільні групи
- D. Речовина повинна мати негативний заряд
- E. Речовина повинна мати позитивний заряд

14. Який тип часток при екстрагуванні НЕ перейде в органічну фазу?

- A. Катіони та аніони
- B. Нейтральні молекули
- C. Комплексні сполуки
- D. Іонні асоціати
- E. Внутрішньокмплесні сполуки

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

1. Теоретичні основи аналітичної хімії. Предмет і задачі аналітичної хімії. Аналітичні реакції та аналітичний ефект. Вимоги до аналітичних реакцій: нижча межа концентрацій, що визначаються, вибірковість (селективність), специфічність, експресність, точність (правильність та відтворюваність).

2. Протолітична теорія кислот і основ. Поняття: кислота, основа, супряжена пара. Амфоліти. Протолітичні рівноваги у воді. Буферні розчини і буферна ємність. Обчислення рН в розчинах сильних та слабких електролітів, кислотних та основних буферних розчинів.
3. Класифікація неводних розчинників: апротонні, протофільні, протогенні, амфіпротні.
4. Кількісний аналіз. Задачі і методи кількісного аналізу. Загальні положення гравіметричного аналізу. Умови осадження. Розрахунки в гравіметричному аналізі.
5. Титриметричний аналіз. Методи титриметричного аналізу. Способи титрування. Основні поняття титриметричного аналізу: робочий розчин (титрант), вихідні речовини тощо.
6. Сутність кислотно-основного методу титрування (методу нейтралізації). Кислотно-основні індикатори. Криві титрування методу нейтралізації. Вибір індикатору. Способи вираження концентрацій. Застосування кислотно-основного титрування для кількісного визначення хімічних речовин і лікарських засобів.
7. Окисно-відновне титрування. Класифікація методів. Вимоги до редокс-реакцій. Криві окисно-відновного титрування. Індикатори окисно-відновного титрування. Перманганатометричне титрування. Йодиметричне та йодометричне титрування. Бромато- та бромометричне титрування. Нітритометричне титрування. Йодхлорметрія, дихроматометрія, цериметрія, йодатометрія.
8. Комплексонометричний метод титрування. Класифікація методів комплексонометричного титрування. Комплексонометричні індикатори. Застосування комплексонометрії для кількісного визначення лікарських засобів.
9. Осаджувальне титрування. Класифікація методів. Аргентометричне, тіоціанатометричне та меркуриметричне титрування. Індикатори. Застосування методів у хімічному та фармацевтичному аналізі.

10. Методи розділення та концентрування, їх класифікація і метрологічні характеристики.
11. Класифікація хроматографічних методів за механізмом розділення, агрегатним станом фаз, технікою виконання експерименту. Галузь застосування та значення у фармації.
12. Тонкошарова хроматографія. Сутність і можливості хроматографії в якісному та кількісному аналізі індивідуальних речовин і сумішей. Рідинна хроматографія. Застосування в аналізі.
13. Екстракція. Кількісні характеристики. Види і способи екстракції. Закон розподілу.
14. Фізико-хімічні методи аналізу, їх сутність та принципи.
15. Оптичні методи аналізу, їх класифікація.
16. Молекулярно-абсорбційна спектроскопія, сутність та основні поняття (пропускання, оптична густина, молярний та питомий показники поглинання).
17. Люмінесцентний аналіз. Закон Стокса-Ломмеля, правило Левшина, закон Вавілова.
18. Рефрактометрія. Сутність методу та застосування в аналізі.
19. Поляриметрія. Сутність методу. Способи визначення концентрацій. Застосування в аналізі лікарських та косметичних засобів.
20. Атомно-емісійний спектральний аналіз. Сутність методу. Галузь застосування. Застосування в аналізі.
21. Атомно-абсорбційна спектрометрія. Сутність методу. Застосування в аналізі.
22. Інфрачервона спектроскопія. Сутність методу. Галузь застосування.
23. Теоретичні основи електрохімічних методів аналізу. Загальна характеристика електрохімічних методів. Класифікація.
24. Потенціометричний аналіз. Рівняння Нернста. Пряма потенціометрія (йонOMETрія). Класифікація електродів, що застосовуються в потенціометрії.
25. Потенціометричне титрування. Сутність. Можливості методу. Застосування в аналізі. Криві потенціометричного титрування

(інтегральна, диференціальна, за Граном). Приклади застосування потенціометричного титрування у кількісному аналізі.

26. Кондуктометричний аналіз. Принцип методу, основні поняття.
27. Вольтамперометрія. Полярографічний аналіз. Принцип методу. Полярографічна хвиля, її характеристики. Фактори, які впливають на величину потенціалу напівхвилі.
28. Амперометричне титрування. Криві амперометричного титрування.
29. Кулонометричні методи аналізу. Класифікація методів. Пряма кулонометрія. Сутність прямої кулонометрії при постійному потенціалі. Кулонометричне титрування.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Чеботарьов О. М., Топоров С. В., Гузенко О. М., Рахлицька О. М. Теоретичні основи аналітичної хімії. Розрахунки хімічної рівноваги : навчально-методичний посібник для студентів II курсу факультету хімії та фармації спеціальності «102 Хімія» рівня вищої освіти першого (бакалаврського). Вид. 2-е, доповнене. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 112 с.
2. Топоров С. В., Хома Р. Є. Аналітична хімія. Фізико-хімічні методи аналізу. Ч. І. Електрохімічні методи аналізу : методичний посібник для самостійної роботи студентів хімічного факультету. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2016. 76 с.
3. Чеботарьов О. М., Топоров С. В. Аналітична хімія. Фізико-хімічні методи аналізу. Ч. II. Оптичні методи аналізу: методичний посібник для самостійної роботи студентів хімічного факультету Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2017. 92 с.
4. Сирова Г. О., Петюніна В. М., Лук'янова Л. В., Тішакова Т. С., Савельєва О. В. Аналітична хімія (якісний аналіз) : навчальний посібник. Харків, 2019. 131 с.
5. Тимошук О. С., Тимошук С. В., Врублевська Т. Я., Пацай І. О. Основи електроаналітичної хімії : навчальний посібник. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2018. 438 с.
6. Державна Фармакопея України: в 3 т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. X. : Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. Т. 1. 1128 с.

Навчальне видання

ФАРМАКОПЕЙНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

**ЕЛЕКТРОННИЙ МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК
до лабораторних занять та самостійної роботи
для студентів факультету хімії та фармації**

Електронне практичне видання

Укладачі:

Снігур Денис Васильович

Гузенко Олена Михайлівна

Щербакова Тетяна Михайлівна

Жуковецька Олена Михайлівна

В авторській редакції

Затвердж. авт. 16.07.2023. Шрифт Times New Roman.
Системні вимоги: операційна система сумісна з програмним
забезпеченням для читання файлів формату PDF.
Обсяг 1,3 МБ. Зам. № 2621.

Видавець і виготовлювач

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.
65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua