

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ

АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

**Частина I. Хімічні методи
якісного та кількісного аналізу**

ПРАКТИКУМ
для самостійної роботи
студентів II курсу
факультету хімії та фармації

ОДЕСА
ОНУ
2019

УДК 543.2
А64

Рекомендовано до друку науково-методичною радою
ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 5 від 13.12.2018 р.

Рецензенти:

С. В. Щербаков – кандидат хімічних наук, доцент кафедри медичної хімії Одеського національного медичного університету;

Р. Ю. Іванова – кандидат хімічних наук, доцент кафедри «Безпеки життєдіяльності, екології і хімії» Одеського національного морського університету;

М. В. Нестеркіна – кандидат біологічних наук, ст. викладач кафедри органічних і фармацевтичних технологій Одеського національного політехнічного університету.

А64

Аналітична хімія. Ч. І. Хімічні методи якісного та кількісного аналізу : практикум для самост. роботи студентів II курсу ф-ту хімії та фармації / О. М. Чеботарьов, О. М. Рахлицька, О. М. Гузенко, Т. М. Щербакова. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. – 169 с.

ISBN 978-617-689-333-2

Практикум для самостійної роботи студентів містить інформаційний обсяг навчальної дисципліни «Аналітична хімія», робочий план та план самостійної роботи студентів при вивченні теми «Хімічні методи якісного та кількісного аналізу». Розглянуті приклади розв'язання типових задач та вправ, надається перелік питань для підготовки до контрольних, модульних робіт та екзамену.

Практикум призначений студентам факультету хімії та фармації ОНУ імені І. І. Мечникова першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (102 Хімія) при підготовці до занять з навчальної дисципліни «Аналітична хімія».

УДК 543.2

ISBN 978-617-689-333-2

© Чеботарьов О. М., Рахлицька О. М.,
Гузенко О. М., Щербакова Т. М., 2019

© Одеський національний університет
імені І. І. Мечникова, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	6
1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни	6
1.2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни	8
1.3. Робочий план	16
1.4. Розподіл балів	22
2. САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ	23
2.1. Погодинний план самостійної роботи студентів	23
2.2. Тематика ІНДЗ	26
2.3. Методичні рекомендації щодо оформлення реферату	27
2.4. Теми рефератів	29
2.5. Задачі та вправи для самостійної роботи студентів	
2.5.1. <i>Змістовий модуль 1. Теоретичні основи аналітичної хімії. Кислотно-основні реакції. Методи виявлення та ідентифікації іонів</i>	33
Приклади розв'язання задач	33
Перелік питань для підготовки до поточних контрольних робіт модуля 1	42
2.5.2. <i>Змістовий модуль 2. Реакції окислення-відновлення, комплексоутворення, осадження в аналітичній хімії</i>	45
Приклади розв'язання задач	45
Перелік питань для підготовки до поточних контрольних робіт модуля 2	52
СРС 1. Варіанти контрольних робіт для самостійної роботи студентів до змістових модулів № 1, 2	55
2.5.3. <i>Змістовий модуль 3. Основні принципи кількісного аналізу. Хімічні методи кількісного аналізу: гравіметричний та титриметричний методи аналізу</i>	78
Приклади розв'язання задач	78
Перелік питань для підготовки до поточних контрольних робіт модуля 3	87
СРС 2. Варіанти контрольних робіт для самостійної роботи студентів до змістового модуля № 3	92
ТИПОВІ ПИТАННЯ ДО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ	125
ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ	155
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	164
ДОДАТОК	167

ВСТУП

Аналітична хімія – це наука, що розробляє теоретичні основи й методи хімічного аналізу. Практичним завданням аналітичної хімії є встановлення хімічного складу речовин або їх сумішей.

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, сільсько-господарський, 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, протеоолітичної теорії Бренстеда та Лоурі, що дозволяє більш глибоко підійти до вивчення та пояснення протікання хіміко-аналітичних реакцій. При вивченні дисципліни велика увага приділяється хімічним методам якісного та кількісного аналізу. Серед фізико-хімічних методів аналізу особливе місце займають оптичні та електрохімічні методи.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є теорія та практика хімічного аналізу, основи якісного аналізу та методів кількісного аналізу.

Міждисциплінарні зв'язки: курс “Аналітична хімія” пов'язаний та базується на знаннях, отриманих студентами з загального курсу “Неорганічна хімія”, та може бути використаний при вивченні наступних курсів: “Фізико-хімічні методи аналізу речовин і матеріалів”, “Аналітична токсикологія” та ін.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

III навчальний семестр:

1. Теоретичні основи аналітичної хімії. Кислотно-основні реакції. Методи виявлення та ідентифікації іонів.
2. Реакції окислення-відновлення, комплексоутворення, осадження в аналітичній хімії.
3. Основні принципи кількісного аналізу. Хімічні методи кількісного аналізу: гравіметричний та титриметричний методи аналізу.

IV навчальний семестр:

1. Методи розділення і концентрування.
2. Методи атомної та молекулярної спектроскопії.
3. Електрохімічні методи в аналітичній хімії.

I. ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни “Аналітична хімія” є надання теоретичних знань і практичних навичок якісного та кількісного аналізу речовин, розвиток аналітичного мислення, оволодіння вмінням орієнтуватися в сучасних методах аналізу, показати різноманіття методів аналізу, вміння обирати аналітичні методи дослідження речовини в залежності від її хімічного складу та поставлених задач та встановлювати взаємозв'язки між складом речовини та її аналітичними властивостями.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Аналітична хімія” в III семестрі є:

- вивчення студентами теоретичних основ аналітичної хімії;
- оволодіння технікою якісного напівмікроаналізу, способами підготовки зразків до аналізу;
- засвоєння техніки і теоретичних основ методів кількісного хімічного аналізу: гравіметричного і титриметричного;
- оволодіння вмінням грамотно і кваліфіковано проводити аналіз складного об'єкта, обрання оптимальних методів аналізу, вибору послідовності проведення процедур аналізу, перевірки точності виконання аналізу;
- ознайомлення студентів з літературою по аналітичній хімії, навчання працювати з нею;
- оволодіння навиками і способами розв'язання основних типів задач по аналітичній хімії, вивчення можливостей їх практичного застосування.

Згідно з освітньою програмою дисципліна направлена на формування наступних компетентностей:

- здатність використовувати теоретичні знання й практичні навички для оволодіння основами теорії й методів хімічних досліджень (КФЗ.07);

- базові знання про принципи, метрологічні характеристики та можливості відомих хімічних, фізико-хімічних, фізичних методів визначення якісного та кількісного складу речовини (КФЗ.08);
- здатність застосовувати сучасні методи дослідження для встановлення складу, будови і властивостей речовин, інтерпретувати результати досліджень (КС.06);
- здатність застосовувати класичні та новітні аналітичні методи для одержання інформації про склад і будову речовин і матеріалів (КС.05).

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми в III семестрі студенти повинні:

знати: теоретичні основи аналітичної хімії: види констант рівноваги та їх використання в гомогенних та гетерогенних системах; сучасні теорії кислотно-основної взаємодії; види окислювально-відновних потенціалів та їх застосування до визначення умов та напрямку протікання ОВР, реакції утворення комплексів з органічними та неорганічними лігандами, теоретичні основи утворення хелатів та зміни забарвлення органічних сполук; механізм та умови утворення кристалічних та аморфних осадів, колоїдних розчинів; теорію та практику якісного аналізу та хімічні методи аналізу: аналітична характеристика найбільш поширених катіонів та аніонів, принципи систематичного та дрібного ходу аналізу; методи розділення, маскуваня та визначення іонів у розчинах; теоретичні основи гравіметрії та титриметрії, умови їх практичного застосування в залежності від типу хімічної реакції та кількості речовини, що визначається; принципи визначення точки стехіометричності розрахунковим та графічним методами; ознайомитись та навчитись працювати з літературою.

вміти: проводити хімічний експеримент по визначенню якісного та кількісного складу речовини хімічними методами; обирати розчинники, індикатори, осаджувачі, умови та методи розділення та визначення в залежності від потреб аналізу; оволодіти навиками і способами розв'язання основних типів задач по аналітичній хімії; обробляти результати аналізу графічними та розрахунковими

методами, проводити статистичну обробку результатів та їх порівняння; оволодіти технікою якісного напівмікроаналізу, способами підготовки зразків до аналізу; оволодіти технікою і методами кількісного аналізу: хімічними методами (гравіметричним і титриметричним); оволодіти вмінням грамотно і кваліфіковано проводити аналіз складного об'єкта, вміти вибирати оптимальний метод аналізу, послідовність проведення процедур аналізу, вміти перевіряти правильність виконання аналізу.

1.2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

III семестр:

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи аналітичної хімії. Кислотно-основні реакції. Методи виявлення та ідентифікації іонів

Тема 1. Аналітична хімія як наука. Предмет, структура, тенденції розвитку. Предмет аналітичної хімії. Структура аналітичної хімії: якісний та кількісний аналіз. Класифікація методів аналізу. Хімічні, фізико-хімічні та фізичні методи. Види аналізу: ізотопний, елементний, функціональний, структурний, молекулярний, фазовий. Види аналізу в залежності від кількості речовини, яку аналізують. Макро-, мікро- і ультрамікроаналіз. Методологічні аспекти аналітичної хімії: індивідуальність аналітичної хімії, її місце в системі наук, зв'язок з практикою. Значення аналітичної хімії в розвитку природознавства, техніки і народного господарства. Основні аналітичні проблеми: зниження границі виявлення; підвищення точності; забезпечення експресності; аналіз мікрооб'єктів; аналіз без руйнування; локальний аналіз; дистанційний аналіз. Розвиток аналітичної хімії в Україні. Сучасний стан і тенденції розвитку аналітичної хімії: індустріалізація, автоматизація, математизація, збільшення частки фізичних методів, переходів до багатокomпонентного аналізу. Наукова хіміко-аналітична література.

Тема 2. Основні хімічні теорії та закони, що застосовуються в аналітичній хімії. Періодичний закон та його значення в аналітичній хімії. Використання аналогій та відмін властивостей елементів у періодичній системі для їх розділення та визначення. Закономірності зміни хімічних властивостей, що використовуються в аналітичній хімії. Здатність елементів створювати різні типи іонів у водних розчинах. Закон діючих мас.

Тема 3. Хімічна рівновага в гомогенних системах. Кінетична та термодинамічна константа рівноваги. Вирази для констант рівноваги в ідеальних та реальних системах. Фактори, що впливають на положення рівноваги: концентрація компонентів реакції, іонна сила розчину, коефіцієнт активності. Типи констант рівноваги та їх застосування. Основи аналітичних розрахунків з використанням констант рівноваги та балансних рівнянь. Поведінка електролітів та неелектролітів у розчинах. Іонний стан елементів у розчинах. Сольватація, іонізація, дисоціація. Теорія Дебая-Хюккеля. Коефіцієнти активності. Концентраційні та термодинамічні константи. Складні рівноважні системи. Метод конкуруючих реакцій. Загальна і рівноважна концентрація. Умовні константи.

Тема 4. Кислотно-основні реакції в аналітичній хімії. Сучасні погляди на кислоти і основи. Теорії ангідрокислот та ангідрооснов, сольвосистем, Льюїса, Усановіча, Пірсона, Бренстеда-Лоурі; їх порівняння та загальні висновки щодо понять “кислота” та “основа”. Протолітична теорія кислот та основ. Рівновага в системі кислота – супряжена основа і розчинник. Кислотні та основні властивості розчинника. Амфіпротні розчинники. Стан протолітів у амфіпротних розчинниках. Константи кислотності та основності. Класифікація розчинників. Константа автопротолізу. Вплив природи розчинника на силу кислоти й основи. Нівелюючий і диференціюючий ефект розчинника. Кислотно-основна рівновага в багатокомпонентних системах. Буферні розчини та їх властивості. Буферна ємність. Обчислення рН розчинів сильних та слабких кислот і основ, солей, буферних розчинів. Фактори, що впливають на кислотно-основну

рівновагу: температура, іонна сила розчину, присутність електролітів з однойменними іонами.

Тема 5. Методи виявлення та ідентифікації іонів. Аналітична реакція та аналітичний ефект. Вимоги до аналітичних реакцій, засоби та умови їх проведення. Завдання і вибір методу виявлення й ідентифікації. Ідентифікація атомів, іонів, молекул і речовин. Дробний і систематичний аналіз. Види систематичного аналізу. Мікрокристалоскопічний аналіз, пірохімічний аналіз (забарвлення полум'я, возгонка, утворення перлів). Краплинний аналіз, аналіз розтирання порошків. Полумікроаналіз. Експресний якісний аналіз в заводських і польових умовах.

Кисотно-основний метод визначення катіонів. Характеристика I – VI аналітичних груп катіонів, та I – III груп аніонів. Групові реагенти. Умови проведення аналітичних реакцій визначення катіонів: K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Ag^+ , Hg^+ , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cd^{2+} та аніонів: SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , S^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , NO_2^- . Аналіз суміші катіонів та аніонів.

Змістовий модуль 2. Реакції осадження, окислення-відновлення та комплексоутворення в аналітичній хімії

Тема 6. Типи хімічних реакцій і процесів в аналітичній хімії. Основні типи реакцій і процесів в аналітичній хімії: кислотно-основні, окислення-відновлення, осадження-розчинення, утворення комплексів. Константи рівноваги в гомогенних та гетерогенних системах.

Тема 7. Окислювально-відновні реакції (ОВР) в аналітичній хімії. Електрохімічний потенціал як характеристика супряжених окислювача та відновника (редокс-пари). Стандартний, формальний та реальний потенціали. Рівняння Нернста. Константа рівноваги окислювально-відновної реакції. Зв'язок константи рівноваги зі стандартними потенціалами. Напрямок реакції окислення і відновлення. Фактори, які впливають на напрямок перебігу окислювально-відновних реакцій: рН розчину, концентрація окисника та відновника, побічні реакції (осадження та

комплексоутворення), каталізатор. Механізми окислювально-відновних реакцій. Індуктовані та супряжені реакції. Основні неорганічні і органічні окисники і відновники, які застосовуються в аналізі. Використання ОВР для якісного та кількісного визначення сполук, розділення та маскуванню, для розчинення металів та осадів.

Тема 8. Комплексні сполуки та їх використання в аналітичній хімії. Типи комплексних сполук, які використовуються в хімічному аналізі. Властивості комплексних сполук, які мають аналітичне значення: стійкість, розчинність, забарвлення. Класифікація комплексних сполук: внутрішньосферні і зовнішньосферні (іонні пари), одноріднолігандні і змішанолігандні, поліядерні (гетерополіядерні і гомополіядерні). Координаційне число та дентатність лігандів. Ступінчасте комплексоутворення. Кількісні характеристики комплексних сполук: константи стійкості або нестійкості (ступінчасті та загальні). Інертні та лабільні комплекси. Фактори, які впливають на комплексоутворення: природа центрального атома і ліганду, концентрація компонентів, рН, іонна сила розчину, температура. Вплив комплексоутворення на розчинність сполук, окислювально-відновний потенціал систем, кислотно-основну рівновагу, стабілізацію різних ступенів окислення елементів. Способи підвищення чутливості та селективності за допомогою комплексних сполук. Можливості використання комплексних сполук і органічних реагентів в різних методах аналізу для якісного та кількісного визначення, розділення, маскуванню іонів, для розчинення осадів.

Тема 9. Органічні реагенти в аналітичній хімії. Хелати. Теорія забарвлення. Теоретичні основи взаємодії органічних реагентів з неорганічними іонами. Функціонально-аналітичні групи. Солеутворюючі та комплексоутворюючі угруповання. Вплив загальної структури на властивості органічних сполук, значення замісників і хромофорних груп. Теорія аналогії Кузнєцова. Вплив природи функціонально-аналітичних груп, їх розташування, стереохімії молекул на селективність його взаємодії з неорганічними іонами. Основні типи сполук, які утворюються за участю органічних

реагентів. Хелати, внутрішньокмплексні сполуки. Фактори, що визначають стійкість хелатів: природа донорних атомів і структура реагентів, розмір циклу, число циклів, характер зв'язку метал-ліганд. Переваги органічних реагентів у порівнянні з неорганічними. Найважливіші органічні реагенти, застосування їх в аналізі з метою розділення.

Тема 10. Гетерогенні процеси в аналітичній хімії. Осади та їх властивості. Кристалічні та аморфні осади. Механізм утворення осаду. Кристалічні й аморфні осади, їх недоліки та переваги, умови та області використання. Залежність форми осаду від швидкості утворення первинних частинок та їх росту. Умови утворення кристалічних осадів. Старіння осаду. Умови утворення аморфних осадів. Залежність структури осаду від його індивідуальних властивостей (розчинність, полярність молекул) та умови осадження (концентрація осаджуваного іону та осаджувача, сольовий склад розчину та рН, температура). Сольовий ефект. Константа розчинності. Добуток розчинності. Розрахунки розчинності малорозчинних речовин. Залежність розчинності осаду від його індивідуальних властивостей, добутку розчинності (ДР), типу кристалічної ґратки для неорганічних сполук, будови молекули, наявності гідрофільних та гідрофобних замісників для органічних сполук). Фактори, що впливають на гетерогенну рівновагу. Використання процесів осадження та розчинення в аналізі. Співосадження. Колоїдні розчини. Причини забруднення осаду. Співосадження внутрішнє та зовнішнє. Внутрішнє: утворення твердих розчинів заміщення; утворення твердих розчинів включення; утворення хімічних сполук. Зовнішнє: адсорбція. Механізм адсорбції, правила адсорбції. Правило Панета-Фаянса-Гана. Обмінна адсорбція. Фактори, які впливають на адсорбцію. Механізм утворення колоїдних розчинів. Будова колоїдної частки. Міцела. Ізоелектрична точка. Коагуляція та пептизація. Запобігання виникненню колоїдних розчинів. Позитивне і негативне значення явища співосадження в аналізі.

Змістовий модуль 3. Основні принципи кількісного аналізу. Хімічні методи кількісного аналізу: гравіметричний та титриметричний методи аналізу

Тема 11. Основні принципи кількісного аналізу. Методи кількісного аналізу й основні умови його проведення. Хімічні, фізичні та фізико-хімічні методи. Правильність, чутливість та вибірковість методів кількісного аналізу. Способи вираження концентрації розчинів. Еквівалент. Молярна маса еквівалента. Молярна концентрація. Молярна концентрація еквівалента. Розчини точної та приблизної концентрації, посуд для вимірювання їх об'єму. Первинні стандарти, вимоги до них. Стандарт-титри. Вторинні стандарти. Критерії вибору методу.

Тема 12. Гравіметричний метод аналізу. Сутність гравіметричного аналізу і межі його застосування. Прямі та непрямі методи визначення. Помилки в гравіметричному аналізі. Найважливіші неорганічні й органічні осаджувачі. Загальна схема визначення. Обчислення величини наважки, об'єму осаджувача, об'єму розчину, результату аналізу. Гравіметричний фактор. Вимоги до осаджувальної форми. Способи відокремлення осаду від розчину. Промивання осаду. Вимоги до гравіметричної форми. Зміна складу осаду при висушуванні та прожарюванні. Аналітичні терези. Фактори, які впливають на точність зважування. Техніка зважування. Приклади практичного застосування гравіметричного методу аналізу. Вода в твердих тілах. Методи визначення води. Визначення елементів у вигляді оксидів (заліза, алюмінію), у вигляді солей (барію і сульфатів), у вигляді внутрішньокмплесних сполук (нікелю з диметилгліоксимом).

Тема 13. Титриметричні методи аналізу. Теоретичні основи титриметричного методу аналізу. Вимоги до реакцій, що застосовуються у титриметрії. Класифікація титриметричних методів за типами хімічних реакцій. Види титриметричного визначення: пряме і зворотне титрування, визначення по заміщенню. Побудова кривих титрування. Точка стехіометричності (еквівалентності) та кінцева точка титрування. Визначення точки стехіометричності

розрахунковим та графічним методами. Індикатори методу. Загальні правила вибору індикатору та побудови кривих титрування. Фактори, які впливають на стрибок кривої титрування. Безіндикаторні методи встановлення точки стехіометричності. Методи кислотно-основного, осаджувального та комплексометричного, окислювально-відновного титрування. Помилки титрування. Індикаторні помилки при визначенні сильних і слабких кислот та основ.

Тема 14. Метод кислотно-основного титрування. Ацидо- та алкаліметрія. Кислотно-основні індикатори. Теорія забарвленості органічних сполук. Іонно-хромовна теорія індикаторів. Показник титрування. Інтервал переходу забарвлення індикатору. Розрахунок кривих кислотно-основного титрування. Правила вибору кислотно-основних індикаторів.

Приготування і стандартизація розчинів гідроксиду натрію і хлороводневої кислоти. Первинні стандарти для встановлення концентрації розчинів кислот і лугів. Титрування одноосновних та багатоосновних кислот та амоніаку. Аналіз розчину карбонату натрію. Визначення тимчасової твердості води.

Тема 15. Методи окислювально-відновного титрування. Оксиді- та редуктометрія. Окислювально-відновні індикатори: обернені редокс-індикатори, необернені індикатори, специфічні індикатори. Криві титрування. Обчислення електрохімічного потенціалу в точці еквівалентності.

Перманганатометрія. Визначення ферума(II), оксалатів, пероксиду водню, нітратів.

Йодометрія. Умови стандартизації тіосульфату натрію. Система йод-йодид, як окислювач або відновник. Визначення феруму(III), купрум(II), хлороводневої кислоти, пероксидів.

Дихроматометрія. Визначення кількості іонів феруму(II).

Тема 16. Методи комплексометричного титрування. Способи комплексометричного титрування: пряме, зворотне, титрування залишку. Металохромні індикатори і вимоги до них. Селективність титрування і способи її підвищення.

Комплексонометрія. Етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДТО). Приготування та стандартизація розчину динатрієвої солі етилендіамінтетраоцтової кислоти (Трилон Б або ЕДТА). Визначення кальцію, магнію в розчинах чистих солей і при спільній присутності. Визначення загальної та постійної твердості води. Визначення сульфатів.

Тема 17. Методи осаджувального титрування. Класифікація методів за природою титранта. Аргентометрія. Приготування та стандартизація розчинів. Методи Фольгарда, Мора, Фаянса. Індикатори методів осадження. Титрування з адсорбційними індикаторами. Меркурометрія. Меркуриметрія.

1.3. Робочий план

з навчальної дисципліни «Аналітична хімія» (Якісний аналіз. Хімічні методи аналізу)

для студентів хімічного факультету II курсу (денної форми навчання)

III семестр

Гиж-день	Теми лекцій	Назва лабораторних робіт	Теоретичні питання	Рішення задач	Самостійна робота	Заходи контролю
МОДУЛЬ I Аналітична хімія, як наука. Хімічна рівновага в гомогенних системах. Кислотно-основні реакції. Методи виявлення та ідентифікації іонів.						
I	1. Аналітична хімія як наука, предмет, структура, тенденції розвитку. Аналітичний сигнал, умови їх аналітичної реакції, умови їх проведення. Основи якісного аналізу. Кислотно-основна класифікація катіонів. 2. Види аналізу. Класифікація методів аналізу. Сучасний стан та тенденції розвитку аналітичної хімії.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Техніка безпеки при роботі в хімічній лабораторії. ➤ Проведення реакцій методом якісного хімічного напівмікроаналізу. ➤ Аналітичний ефект реакцій. ➤ Умови проведення аналітичних реакцій. ➤ Групові та селективні реакції. ➤ Реакції відкриття катіонів I-II групи. 	Класифікація аналітичних реакцій. Сухий та мокрий метод виконання аналітичної реакції.	-	<p>1. Реакції відкриття катіонів I-II групи.</p> <p>2. Реакції відкриття катіонів III-IV групи.</p> <p>3. Аналіз суміші катіонів I-II груп.</p>	КР Вхідний контроль
II	1. Стан речовин в ідеальних і реальних системах. Поведінка електролітів і неелектролітів в розчинах. Загальна і рівноважна концентрація. Закон діючих мас. Термодинамічна та концентраційні константи рівноваги. 2. Сучасні погляди на кислоти і	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Аналіз суміші катіонів I-II групи. ➤ Реакції відкриття катіонів III-IV групи. 	Вплив електростатичних та хімічних факторів на рівновагу.	Розрахунок іонної сили розчинів, коефіцієнтів активності та активної концентрації.	<p>1. Надання SR № 1: Завдання з теми «Хімічна рівновага. Розрахунок рН».</p> <p>2. Реакції відкриття катіонів V-VI групи.</p> <p>3. Аналіз суміші</p>	-

	<p>основи. Рівновага в системі кислота-супряжена основа і розчинник. Константи кислотності та основності. Класифікація розчинників. Константа автопротолізу. Вплив природи розчинника на силу кислоти й основи. Нівелюючий і диференціюючий ефект розчинника.</p>				<p>катіонів III-IV груп. 4. Підготовка до КР за темою: «Розрахунок іонної сили розчинів та активної концентрації іонів. Розрахунок рН».</p>	
<p>III</p>	<p>1. Обчислення рН розчинів сильних та слабких кислот і основ, солей, буферних розчинів. Буферні розчини та їх властивості. Буферна ємність. 2. Окислювально-відновні реакції (ОВР) в аналітичній хімії.</p>	<p>➤ Аналіз суміші катіонів III-IV груп. ➤ Реакції відкриття катіонів V-VI групи.</p>	<p>Розрахунок рН в водних розчинах протолітів. Вплив величини рН розчину на аналітичний ефект реакції</p>	<p>Розрахунок рН розчинів кислот, основ та солей. Розрахунок рН для буферних систем</p>	<p>1. Реакції відкриття аніонів I-III групи. 2. Аналіз суміші катіонів V-VI груп. 3. Підготовка до КР 2 за темою: «Реакції відкриття катіонів та аніонів».</p>	<p>Контрольна робота № 1 Розрахунок іонної сили розчинів та активної концентрації іонів. Розрахунок рН розчинів кислот, основ, солей та буферних систем.</p>
МОДУЛЬ 2 Реакції окислення-відновлення, комплексоутворення та осадження в аналітичній хімії						
<p>IV</p>	<p>1. Комплекси сполуки та їх використання в аналітичній хімії. 2. Органічні реагенти в аналітичній хімії. Хелати. Теорія забарвлення.</p>	<p>➤ Аналіз суміші катіонів V-VI групи. ➤ Реакції відкриття аніонів I-III групи.</p>	<p>Використання реакцій окислення-відновлення, осадження та комплексоутворення в аналітичній</p>	<p>Складання схем розділення визначення катіонів та аніонів. Розрахунок констант рівноваги для</p>	<p>1. Підготовка до МК 1</p>	<p>Контрольна робота № 2 «Реакції відкриття катіонів та аніонів».</p>

V	<p>1. Добуток розчинності та його використання.</p> <p>2. Співосадження. Адсорбція. Колоїдні розчини.</p>	<p>➤ Практична КР: Аналіз суміші катіонів та аніонів. (аналіз сухої солі) (1бал)</p>	<p>хімії.</p> <p>Дробний та систематичний хід аналізу.</p>	<p>реакцій окислення-відновлення.</p> <p>Розрахунки констант рівноваги для реакцій окислення-відновлення, осадження та комплексоутворення.</p>	<p>1.СР № 1: Завдання з теми «Розрахунки констант рівноваги для реакцій окислення-відновлення, осадження та комплексоутворення».</p> <p>2. Підготовка до КР 3 за темою: «Реакції окислення-відновлення, осадження та комплексоутворення в аналітичній хімії».</p>	<p>МОДУЛЬ-НА КОНТРОЛЬ-НА РОБОТА № 1</p> <p><i>Теоретичні основи аналітичної хімії. Кислотно-основні реакції. Методи виявлення та ідентифікації іонів.</i></p>
VI	<p>1. Отримання осадів та їх властивості.</p>	<p>➤ Робота з аналітичними терезами. Правила зважування.</p> <p>➤ Розрахунок наважки в гравіметрії.</p> <p>➤ Визначення кристалізаційної води.</p>	<p>Основні поняття вагового аналізу. Вода в твердих тілах.</p>	<p>Розрахунки в гравіметрії</p>	<p>1. Здача та оцінювання СР № 1 – (5 б).</p> <p>2.Надання СР № 2: Завдання з теми «Гравіметрія».</p> <p>3.Підготовка до МК 2.</p>	<p>Контрольна робота № 3</p> <p>«Реакції окислення-відновлення, осадження та комплексоутворення в аналітичній хімії».</p>

МОДУЛЬ 3 Хімічні методи кількісного аналізу. Гравіметричний та титриметричний методи аналізу.

VII	<p>1. Кількісний Гравіметрія. аналіз.</p>	<p>➤ Гравіметричне визначення сульфатів.</p>	<p>Послідовність операцій при проведенні гравіметричного аналізу. Механізм та умови утворення аморфних та кристалічних осадів. Вагова та осаджувана форма, вимоги до них. Вибір осаджувача.</p>	<p>Розрахунки в гравіметрії</p>	<p>1. Підготовка усного опитування з теми «Гравіметрія». 2. Підготовка до КР 4 за темою: «Розрахунки в гравіметрії».</p>	<p>МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬ-НА РОБОТА № 2 <i>Реакції окислення-відновлення, комплексоутворення та осадження в аналітичній хімії</i></p>
VIII	<p>1. Титриметрія. Класифікація. Розрахунки характеристикних величин. Помилки титрування. Криві титрування.</p>	<p>➤ Гравіметричне визначення нікелю диметилглюксимом.</p>	<p>Переваги органічних осаджувачів. Вплив температури на склад гравіметричної форми.</p>			<p>Контрольна робота № 4 «Розрахунки в гравіметрії». Усне опитування I з теми «Гравіметрія»</p>
IX	<p>1. Індикатори методів нейтралізації окислення-відновлення, осадження, комплексоутворення.</p>	<p>➤ Приготування розчинів точної та приблизної концентрацій. ➤ Ацидиметрія. Приготування та стандартизація робочого розчину хлороводневої кислоти. Приготування стандартного розчину тетраборату натрію.</p>	<p>Основні поняття титриметрії. Метод кислотно-основного титрування. Кислотно-основні індикатори. Правила вибору індикатору.</p>	<p>Розрахунки при приготуванні розчинів різних концентрацій.</p>	<p>1. СР № 2: Завдання з теми «Приготування розчинів». 2. Підготовка до КР 5 за темою: «Розрахунки при приготуванні розчинів».</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Визначення тимчасової твердості води. ➤ Визначення кількості Na_2CO_3 в модельному розчині 			<p>Розрахунки в титриметрії. Розрахунок індикаторних помилок кислотно-основного титрування. Розрахунок кривих кислотно-основного титрування.</p>	1. СР №2: Завдання з теми «Титриметрія».	Контрольна робота № 5 «Розрахунки при приготуванні розчинів».
X	1. Метод кислотно-основного титрування	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Алкаліметрія. Стандартизація робочого розчину гідроксиду натрію за щавлевою кислотою. ➤ Визначення оцтової кислоти. ➤ Визначення кількості ортофосфорної кислоти в модельному розчині. ➤ Визначення амоніаку в амонійних солях. 	Криві кислотно-основного титрування. Побудова та аналіз кривих титрування.				
XI	1. Теоретичні основи метода окислювально-відновного титрування	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Перманганометрія. Стандартизація робочого розчину перманганату калію за щавлевою кислотою. ➤ Визначення іонів феруму (II). ➤ Визначення кількості нітритів. ➤ Дихромометрія. Визначення кількості іонів феруму(II). 	Класифікація методів окислювально-відновного титрування. Індикатори методу.	Розрахунки в титриметрії при різних способах титрування. Розрахунки в методах окислювально-відновного, комплексно-метричного та осаджувального титрування.	1. Підготовка до КР 6 за темою: «Методи окислювально-відновного, комплексно-метричного та осаджувального титрування».	2. Здача та оцінювання СР №2.	
XII	1. Різновиди метода окислювально-відновного титрування	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Йодометрія. Приготування та стандартизація робочих розчинів тіосульфату натрію та йоду. 	Побудова та аналіз кривих окислювально-відновного титрування.	Розрахунки кривих окислювально-відновного титрування.	1. Підготовка до МКЗ		Контрольна робота № 6 «Методи кислотно-основного,

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Визначення кількості купруму (II). ➤ Визначення кількості хлоридної кислоти в модельному розчині. ➤ Йодометричне визначення відновників. 		Розрахунок величин потенціалів в різних точках титрування.		ОКСИЛЮВАЛЬНО-ВІДНОВНОГО, КОМПЛЕКСО-НОМЕТРИЧНОГО та осаджувального титрування».
XIII	1. Методи комплексометричного та комплексометричного титрування.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Трилонометрія. Стандартизація робочого розчину трилона Б за сульфатом магнію. ➤ Визначення загальної твердості води. ➤ Визначення кількості кальцію та магнію при сумісній присутності. 	Метод комплексометричного титрування: індикатори та криві титрування.		1. Підготовка до усного опитування з теми: «Титриметричні методи аналізу».	МОДУЛЬНА КОРТРОЛЬ НА РОБОТА № 3 <i>Хімічні методи кількісного аналізу. Гравіметричний та титриметричний методи аналізу.</i>
XIV	1. Методи осаджувального титрування.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Аргентометричне та меркурометричне визначення кількості хлоридів. 	Метод осаджувального титрування. Аргентометрія. Меркурометрія. Індикатори методу.		1. Підготовка до підсумкового контролю (іспиту).	Усне опитування II 3 теми «Титриметричні методи аналізу».
XV	ПІДСУМКОВИЙ КОРТРОЛЬ (ІСПИТ)					

1.4. Розподіл балів

III семестр

Вид роботи	Загальна кількість видів робіт	Бали	Сума балів
Лекції	19	-	
Лабораторні роботи	13	по 0,5 балів	6
Практична контрольна робота	1	по 1 балу	1
Контрольні роботи	6	по 5 балів	30
Самостійні роботи	2	по 5 балів	10
Модульні контрольні роботи	3	по 10 балів	30
Усне опитування	2	по 4 балів	8
Разом за всі види діяльності			85
Іспит	1	По 5 балів питання	15
Разом			100

2. САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

2.1. Погодинний план самостійної роботи студентів

№	Назва теми	Обсяг, годин	Літ-ра
III семестр			
ЗМ 1. Теоретичні основи аналітичної хімії. Кислотно-основні реакції. Методи виявлення та ідентифікації іонів			
1.	Кінетичні та термодинамічні концепції рівноваги. Обчислення концентрації розчинів в ідеальних та реальних системах. Обчислення іонної сили розчину, активності	4	[1, 4, 11, 12, 15, 17, 19]
2.	Основні аналітичні проблеми: зниження границі виявлення; підвищення точності; забезпечення експресності; аналіз мікрооб'єктів; аналіз без руйнування; локальний аналіз; дистанційний аналіз. Розвиток аналітичної хімії в Україні	4	[1, 4, 11, 12, 15, 17, 19]
3.	Значення аналітичної хімії в розвитку природознавства, техніки і народного господарства	4	[1, 4, 11, 12, 15, 17, 19]
4.	Основні хімічні теорії та закони, що застосовуються в аналітичній хімії. Періодичний закон та його значення в аналітичній хімії. Використання аналогій та відмін властивостей елементів у періодичній системі для їх розділення та визначення. Закономірності зміни хімічних властивостей, що використовуються в аналітичній хімії	4	[1, 4, 11, 12, 15, 17, 19]
5.	Сучасні уявлення про природу кислотно-основної взаємодії. ТМЖК	5	[4, 11, 15, 21]
6.	Обчислення рН у різних системах	4	[12, 15, 17, 19]
7.	Дробний та систематичний хід аналізу суміші катіонів та аніонів	10	[5, 6, 9, 10, 12]

ЗМ 2. Реакції окислення-відновлення, комплексоутворення, осадження в аналітичній хімії			
8.	Типи хімічних реакцій і процесів в аналітичній хімії. Основні типи реакцій і процесів в аналітичній хімії: кислотно-основні, окислення-відновлення, утворення комплексів, осадження-розчинення. Константи рівноваги в гомогенних та гетерогенних системах	2	[1, 4, 8, 11, 15, 19, 23]
9.	Добуток розчинності. Розрахунки розчинності малорозчинних речовин. Схема утворення осаду. Залежність структури осаду від його індивідуальних властивостей та умови осадження (концентрація осаджуваного іону та осаджувача, сольовий склад розчину та рН, температура)	6	[1, 4, 8, 11, 15, 19]
10.	Константи стійкості комплексних сполук. Гіпотеза аналогій Кузнецова. Обчислення рівноважних концентрацій при комплексоутворенні	8	[1, 4, 8, 11, 15, 19]
11.	Основні типи сполук, які утворюються за участю органічних реагентів. Хелати, внутрішньокмплесні сполуки. Фактори, що визначають стійкість хелатів: природа донорних атомів і структура реагентів, розмір циклу, число циклів, характер зв'язку метал-ліганд. Переваги органічних реагентів в порівнянні з неорганічними. Найважливіші органічні реагенти, застосування їх у аналізі з метою розділення	8	[1, 4, 8, 11, 15, 19, 23, 25, 26, 27]
12.	Механізм утворення колоїдних розчинів. Будова колоїдної частки. Міцела. Ізоелектрична точка. Коагуляція та пептизація. Запобігання виникненню колоїдних розчинів. Позитивне і	4	[1, 4, 8, 11, 15, 19, 23]

	негативне значення явища співосадження в аналізі		
13.	Механізм утворення осаду. Кристалічні й аморфні осади, їх недоліки та переваги, умови та області використання. Залежність форми осаду від швидкості утворення первинних частинок і їх росту. (Здача самостійних контрольних робіт до ЗМ2)	4	[1, 4, 8, 11, 15, 19, 23]
14.	Обчислення потенціалу окислювально-відновних реакцій. Напрям окислювально-відновних процесів	8	[1, 4, 8, 11, 15, 19]
ЗМ 3. Основні принципи кількісного аналізу.			
<i>Хімічні методи кількісного аналізу</i>			
15.	Критерії вибору методу кількісного аналізу на прикладах реальних систем (вода, повітря, ґрунт). Основні етапи пробопідготовки	2	[2, 3, 7, 8, 13, 19, 20]
16.	Розрахунки в титриметрії	5	[2, 7, 8, 11, 13, 18, 23]
17.	Помилки титрування. Обчислення концентрації розчинів за даними титриметрії	5	[2, 7, 8, 11, 13, 18, 23]
18.	Розрахунок кривих кислотно-основного титрування.	6	[2, 7, 8, 11, 13, 18, 23]
19.	Індикатори окислювально-відновного титрування. Розрахунки в методі окислювально-відновного титрування	6	[2, 7, 8, 11, 13, 18]
20.	Умови комплексометричного титрування. Використання буферних розчинів	6	[2, 7, 8, 11, 13, 18]
21.	Побудова кривих метода осаджувального титрування	5	[7, 8, 11, 13]
22.	Колоїдні системи. Старіння осадів. Забруднення осадів. Обчислення в гравіметрії	8	[7, 8, 11, 13, 18]

Всього 112 год

2.2. Тематика ІНДЗ

ЗМ 1. Теоретичні основи аналітичної хімії. Кислотно-основні реакції. Методи виявлення та ідентифікації іонів.

1.1. Іонна сила розчину. Активність іонів. Закон діючих мас. Вирази для констант рівноваги у ідеальних та реальних системах. Фактори, що впливають на положення рівноваги: концентрація компонентів реакції, іонна міцність розчину, коефіцієнт активності. Типи констант рівноваги та їх застосування. Основи аналітичних розрахунків з використанням констант рівноваги та балансних рівнянь.

1.2. Обчислення рН водних розчинів одноосновних та багатоосновних кислот, основ та солей. Кислотно-основна рівновага. Протолітична теорія кислот та основ. Фактори, що впливають на кислотно-основну рівновагу: температура, іонна міцність розчину, електролітів з однойменними іонами.

1.3. Протолітична рівновага у буферних системах. Буферна ємність.

1.4. Умови проведення аналітичних реакцій визначення катіонів: K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Ag^+ , Hg^+ , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cd^{2+} та аніонів: SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , S^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , NO_2^- . Аналіз суміші катіонів та аніонів.

ЗМ 2. Реакції окислення-відновлення, комплексоутворення, осадження в аналітичній хімії.

2.1. Константа розчинності. Розрахунки розчинності малорозчинних речовин та добутку розчинності. Фактори, що впливають на гетерогенну рівновагу.

2.2. Окисно-відновний потенціал. Стандартний, реальний, рівноважний потенціали. Напрямок та інтенсивність електронного процесу. Фактори, що впливають на напрямок окисно-відновних реакцій. Константа рівноваги окислювально-відновної реакції.

2.3. Рівновага в реакціях комплексоутворення. Константа стійкості. Фактори, що визначають стійкість комплексів.

ЗМ 3. Основні принципи кількісного аналізу. Хімічні методи кількісного аналізу: гравіметричний та титриметричний методи аналізу.

3.1. Розрахунки концентрації речовини в розчині.

3.2. Обчислення у гравіметрії. Розрахунки гравіметричного фактору, величини наважки, об'єму розчину осаджувача, маси осаду та результатів гравіметричного аналізу.

3.3. Розрахунки в титриметричному методі аналізу. Побудова кривих титрування. Вибір індикатору. Помилки титрування.

2.3. Методичні рекомендації щодо оформлення реферату

В роботах повинні бути відображені такі питання:

- **Теоретичні основи обраної теми.**
- **Загальна характеристика методу аналізу.**
- **Пробоотбір та пробопідготовка.**
- **Методи та методики визначення (хімізм процесу, апаратура та методика проведення аналізу).**

Реферат – це один з початкових видів представлення результатів наукової роботи в письмовому вигляді. При написанні реферату студент має показати ерудицію, вміння самостійно аналізувати, систематизувати, класифікувати та узагальнювати наукову інформацію.

Реферат – це індивідуальне завдання, яке сприяє поглибленню і розширенню теоретичних знань студентів з окремих тем навчальних дисциплін, розвиває навички самостійної роботи з навчальною та науковою літературою. Така форма індивідуального завдання рекомендується для теоретичних курсів.

На виконання реферату з навчальної дисципліни у робочій навчальній програмі передбачається не менше 10-15 годин самостійної роботи.

При написанні реферату потрібно дотримуватися таких правил:

- ✓ Основна структура реферату: *Титульний лист, Зміст, Вступ, Основна частина, Висновки, Список літератури.*
- ✓ *Титульний лист* (1 стор.) оформлюють на окремому листі паперу (див. додаток 1).
- ✓ *Зміст* (1 стор.) містить назви всіх розділів, підрозділів і обов'язково вказуються сторінки, де знаходяться вони в рефераті (див. додаток 2).
- ✓ *Вступ* (1...2 стор.) – це пролог, який конкретизує об'єкти, що описуються в рефераті, і задачі, які ставляться при його написанні. Тобто у вступі пишуть про що буде опис і до яких висновків прагнуть прийти в кінці реферату. Розміщується після змісту реферату на окремій сторінці (або сторінках).
- ✓ *Основна частина реферату* (не менш, ніж 7 стор.) містить 2-3 розділи. Не потрібно писати слова «Основна частина». Основна частина починається з розділу 1, який має певну назву. Основний розділ може містити підрозділи. Нумерація підрозділів оформлюється додаванням до номеру основного розділу номеру підрозділу. Не рекомендується використовувати багато вкладених заголовків. Рівень вкладеності не може перебільшувати 4. Назви розділів, підрозділів не можуть співпадати між собою, а також не можуть співпадати з назвою реферату.
- ✓ *Висновки* (1...2 стор.) – це основні зведення, що приведені в розділах роботи або стислий опис реферату, який виконують, як перелік того, що зроблено в ньому.

✓ *Список літератури* (не менш ніж 5 джерел), оформлюють в порядку появи літературних джерел в тексті, відповідно державному стандарту.

Листи, на яких пишеться реферат, повинні бути формату А4.

Поля: ліворуч – 30 мм, зверху і знизу – 20 мм, праворуч – 15 мм.

✓ Шрифт 14 пт, Times New Roman, міжстроковий інтервал – 1,5.

✓ Об'єм реферату – 10...15 стор.

✓ *Зміст, Вступ, Основну частину, Висновки, Список літератури* в рефераті починають з нової сторінки.

✓ Підрозділи в розділах реферату відокремлюють 2 пропусками.

✓ Сторінки реферату нумерують арабськими цифрами, включаючи титульний лист і додатки, проставляючи номер по центру сторінки зверху або знизу. Номер сторінки на титульному листі не вказують.

✓ Реферат розміщують в папці (швидкозшивач).

✓ Якщо реферат не відповідає вказаним вище вимогам, тоді він повертається студентові для переробки.

Реферат може супроводжуватися усною доповіддю з презентацією (за вказівкою викладача).

2.4. Теми рефератів

1. Аналітична хімія як наука, предмет, структура, тенденції розвитку. Аналітичний сигнал, аналітичні реакції, умови та вимоги до їх проведення.
2. Закон діючих мас. Основні типи реакцій та процесів в аналітичній хімії: кислотно-основні, комплексоутворення, окислення-

відновлення, осадження-розчинення. Хімічна рівновага. Кінетична та термодинамічна константи рівноваги. Вирази для констант рівноваги у ідеальних та реальних, гомогенних та гетерогенних системах.

3. Сучасні уявлення про природу кислотно-основної взаємодії. Теорія Бренстеда-Лоурі. Обчислення рН у різних системах: розчинах слабких та сильних кислот і основ. Буферні розчини.
4. Гетерогенні процеси в аналітичній хімії. Константа розчинності. Осади та їх властивості. Кристалічні та аморфні осади. Схема утворення осаду. Умови утворення та розчинення осадів. Залежність структури осаду від його індивідуальних властивостей (розчинність, полярність молекул) та умови осадження (концентрація осаджуваного іону та осаджувача, сольовий склад розчину та рН, температура). Сольовий ефект. Розрахунки розчинності малорозчинних речовин. Фактори, що впливають на гетерогенну рівновагу. Використання процесів осадження та розчинення в аналізі.
5. Комплексні сполуки в аналітичній хімії. Властивості комплексних сполук, що використовуються в аналітичній хімії. Типи комплексних сполук, що застосовуються в аналітичній хімії. Властивості комплексних сполук, що використовуються в аналітичній хімії. Властивості комплексних сполук, що мають аналітичне значення: стійкість, розчинність, забарвлення, леткість. Кінетика процесів комплексоутворення в розчинах та їх зв'язок із стійкістю комплексів. Фактори, що визначають стійкість комплексів.
6. Теоретичні основи взаємодії органічних реагентів з неорганічними іонами. Вплив загальної структури на властивості органічних реагентів, роль замісників та хромофорних груп. Вплив природи ФАГ, їх розташування на селективність взаємодії з неорганічними іонами переваги органічних реагентів у порівнянні з неорганічними. Найважливіші органічні реагенти, застосування їх у аналізі з метою розділення, визначення, відкриття іонів металів, маскування.

7. Окислювально-відновні реакції в аналітичній хімії. Основні органічні та неорганічні окиснювачі та відновлювачі. Окислювально-відновний потенціал та рівняння Нернста. Стандартний, реальний, рівноважний потенціали. Зворотність електродних процесів. Напрямок та інтенсивність електронного процесу. Фактори, що впливають на напрямок окисно-відновних реакцій. Константа рівноваги окислювально-відновної реакції. Застосування процесів окислення-відновлення в аналізі.
8. Методи кількісного аналізу й основні умови його проведення. Хімічні, фізичні та фізико-хімічні методи. Класифікація фізико-хімічних методів кількісного аналізу.
9. Правильність, чутливість та вибірковість методів кількісного аналізу. Критерії вибору методу.
10. Суть гравіметричного аналізу та межі його застосування. Прямі та непрямі методи аналізу. Найважливіші неорганічні та органічні осаджувачі. Загальна схема визначення. Величина наважки, об'єм розчину. Вимоги до гравіметричної форми. Зміна складу осаду під час висушування та прожарювання. Колоїдні системи. Старіння осадів. Забруднення осадів. Осаджувана та гравіметрична форми. Осаджувачі у гравіметрії, обчислення у гравіметрії.
11. Теоретичні основи титриметричного методу аналізу. Вимоги до реакцій, що застосовуються у титриметрії. Класифікація титриметричних методів. Індикатори методу. Побудова кривих титрування. Точка еквівалентності та кінцева точка титрування. Методи кислотно-основного, окислювально-відновного, осаджувального та комплексометричного титрування. Помилки титрування.
12. Пробовідбір та пробопідготовка при аналізі лікарських препаратів. Основні етапи вивчення лікарських препаратів. Методи аналізу, які використовуються при ідентифікації лікарських сполук.
13. Пробовідбір та пробопідготовка при аналізі продуктів харчування. Основні методи аналізу продуктів харчування.

14. Аналіз об'єктів навколишнього середовища. Пробопідготовка та методи їх аналізу.
15. Використання методів аналітичної хімії в промисловості.
16. Використання методів аналітичної хімії в сільському господарстві.
17. Використання методів аналітичної хімії в фармацевтичній хімії.
18. Використання методів аналітичної хімії в медицині та діагностиці.
19. Використання методів аналітичної хімії в судово-медичній експертизі.
20. Використання гравіметричного методу аналізу при аналізі фармацевтичних препаратів.
21. Використання гравіметричного методу аналізу при аналізі металів та сплавів.
22. Використання титриметричного методу аналізу при аналізі фармацевтичних препаратів.
23. Використання титриметричного методу аналізу при аналізі об'єктів навколишнього середовища.
24. Виявлення фальсифікації лікарських препаратів. Порівняльна характеристика кількох методів аналізу.
25. Методи аналітичної хімії в косметології.
26. Вільна тема за вибором студента.

2.5. Задачі та вправи для самостійної роботи студентів

2.5.1. Змістовий модуль 1

Теоретичні основи аналітичної хімії. Кислотно-основні реакції.

Методи виявлення та ідентифікації іонів

Приклади розв'язання задач

ТЕМА: ІОННА СИЛА РОЗЧИНУ, КОЕФІЦІЄНТ АКТИВНОСТІ

Приклад 1

Обчисліть активну концентрацію a_{Cl^-} у розчинах:

- 1) 0,1 М HCl;
- 2) 0,1М HCl у присутності 0,05М Na₂SO₄;
- 3) 0,1М HCl у присутності 0,5М NaCl.

Розв'язання

1) Розрахуємо іонну силу у 0,1 М розчині HCl

$$\mu = \frac{1}{2} (C_{H^+} \cdot z_{H^+}^2 + C_{Cl^-} \cdot z_{Cl^-}^2) = \frac{1}{2} (1 \cdot 10^{-1} \cdot 1^2 + 1 \cdot 10^{-1} \cdot (-1)^2) = 0,1$$

Знайдемо f_i для однозарядного іону за формулою:

$$-\lg f_i = 0,512 z_i^2 \sqrt{\mu} \text{ або, користуючись довідником, знаходимо:}$$

$$f_{Cl^-} = 0,81;$$

Тоді $a_{Cl^-} = 0,1 \cdot 0,81 = 0,081$ моль/л

Приклад 2

Розрахуємо іонну силу у 0,1 М розчині HCl у присутності 0,05 М Na₂SO₄:

$$C_{H^+} = C_{Cl^-} = 1 \cdot 10^{-1} \text{ М}; C_{Na^+} = 2 \cdot 0,05 \text{ М}; C_{SO_4^{2-}} = 0,05 \text{ М}$$

$$\mu = \frac{1}{2} (1 \cdot 10^{-1} \cdot 1^2 + 1 \cdot 10^{-1} \cdot (-1)^2 + 2 \cdot 0,05 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot (-2)^2) = 0,25$$

Знайдемо f_{Cl^-} за таблицею для однозарядного іону при даній іонній силі розчину: $f_{Cl^-} = 0,7$

$$\text{Тоді } a_{Cl^-} = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ М}$$

Приклад 3

Розрахуємо іонну силу у 0,1 М розчині HCl у присутності 0,5 М NaCl:

$$C_{H^+} = 1 \cdot 10^{-1} \text{ М}; C_{Cl^-} = 1 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-1} \text{ М}; C_{Na^+} = 0,5 \text{ М};$$

$$\mu = \frac{1}{2} (1 \cdot 10^{-1} \cdot 1^2 + 6 \cdot 10^{-1} \cdot (-1)^2 + 0,5 \cdot 1^2) = 0,6$$

Знайдемо f_{Cl^-} за таблицею для однозарядного іону при даній іонній силі розчину: $f_{Cl^-} = 0,87$

$$\text{Тоді } a_{Cl^-} = 0,6 \cdot 0,87 = 0,522 \text{ М}$$

ТЕМА: КИСЛОТНО-ОСНОВНІ РЕАКЦІЇ В АНАЛІТИЧНІЙ ХІМІЇ

Приклад 4

Визначити рН у 0,002 М розчині HNO₃ та порівняти концентрацію іонів H⁺ у розчині з їх активністю.

Розв'язання

HNO_3 – сильна кислота, тому користуючись відповідними формулами знаходимо:

Розрахунки рН у водних розчинах протолітів

Система	Формула
Сильна кислота	$\text{pH} = -\lg C_{\text{к-ти}}$
Сильна основа	$\text{pH} = 14 + \lg C_{\text{осн.}}$
Слабка кислота	$\text{pH} = 1/2 \text{pK}_{\text{к-ти}} - 1/2 \lg C_{\text{к-ти}}$
Слабка основа	$\text{pH} = 14 - 1/2 \text{pK}_{\text{осн.}} + 1/2 \lg C_{\text{осн.}}$
Кисла соль	$\text{pH} = \frac{\text{pK}_1 + \text{pK}_2}{2}$
<i>Солі, що гідролізуються</i>	
Соль сильної основи та слабкої кислоти	$\text{pH} = 7 + 1/2 \text{pK}_{\text{к-ти}} + 1/2 \lg C_{\text{солі.}}$
Соль слабкої основи та сильної кислоти	$\text{pH} = 7 - 1/2 \text{pK}_{\text{осн.}} - 1/2 \lg C_{\text{солі.}}$
Соль слабкої основи та слабкої кислоти	$\text{pH} = 7 + 1/2 \text{pK}_{\text{к-ти}} - 1/2 \text{pK}_{\text{осн.}}$
<i>Буферні розчини</i>	
Складається із слабкої кислоти та її солі	$\text{pH} = \text{pK}_{\text{к-ти}} - \lg \frac{C_{\text{к-ти}}}{C_{\text{солі}}}$
Складається із слабкої основи та її солі	$\text{pH} = 14 - \text{pK}_{\text{осн.}} + \lg \frac{C_{\text{осн.}}}{C_{\text{солі}}}$

$$\text{pH} = -\lg C_{\text{к-ти}} = -\lg 0,002 = 2,7.$$

$$[\text{H}^+] = C_{\text{к-ти}} = 0,002 \text{ M.}$$

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

$$\mu = \frac{1}{2} (0,002 \cdot 1^2 + 0,002 \cdot (-1)^2) = 0,002$$

$$f_{\text{H}^+} = 0,95$$

$$a_{H^+} = f_{H^+} \cdot [H^+] = 0,95 \cdot 0,002 = 0,0019 \text{ M}$$

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

Приклад 5

Чому дорівнює концентрація іонів гідроксонія і гідроксила у водному розчині з рН = 5,20?

Розв'язання.

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

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

$$[OH^-] = K_{H_2O} / [H^+] = 1 \cdot 10^{-14} / 6,30 \cdot 10^{-6} = 1,58 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

Приклад 6

Розрахуйте рН та рОН розчину з молярною концентрацією ацетату натрію 0,2 М.

Розв'язання

CH₃COONa – соль, що складається з слабкої кислоти CH₃COOH та сильної основи NaOH. Користуючись формулами таблиці знаходимо:

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

$$\text{Із довідника: } \text{p}K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 4,76$$

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

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

Приклад 7

До 9 мл 0,5 М розчину оцтової кислоти додано 1 мл 2 М розчину ацетату натрію. Визначте 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:

$$C(\text{CH}_3\text{COONa}) = 2 \cdot 1 / (9 + 1) = 0,2 \text{ М}$$

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

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{к-ти}} - \lg \frac{C_{\text{к-ти}}}{C_{\text{солі}}}$$

$$\text{pH} = 4,76 - \lg 0,45 / 0,2 = 4,25$$

Приклад 8

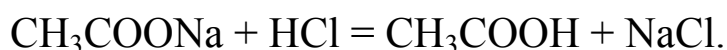
Обчисліть pH буферної суміші CH_3COOH і CH_3COONa , яка містить по 0,1 моль кожної речовини. Покажіть, як зміниться pH при додаванні до 1 л суміші: а) 0,01 моль HCl ; б) 0,01 моль NaOH ; в) при розведенні суміші водою у 100 разів.

Розв'язання

Оскільки для оцтової кислоти $\text{p}K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 4,76$, 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 :

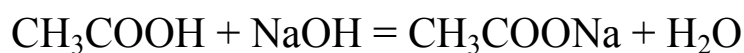


$$\text{Отже } \nu(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,1 - 0,01 = 0,09$$

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

$$pH = 4,76 - \lg 0,11 / 0,09 = 4,67$$

Подібним чином при додаванні до 1 л суміші 0,01 моль NaOH рівну кількість молей CH₃COOH буде перетворено в CH₃COONa



$$\text{Отже } v(CH_3COONa) = 0,1 + 0,01 = 0,11$$

$$v(CH_3COOH) = 0,1 - 0,01 = 0,09$$

$$pH = 4,76 - \lg 0,09 / 0,11 = 4,84$$

При розведенні у 100 разів:

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

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

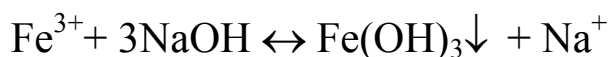
ТЕМА: МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ІОНІВ

Приклад 9

Запропонувати схему аналізу катіонів Ag⁺, K⁺, Pb²⁺, Fe³⁺ у суміші за кислотно-основною класифікацією. Напишіть рівняння реакцій розділення та виявлення цих катіонів.

Розв'язання

1. До суміші катіонів додаємо NaOH:

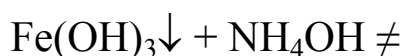


Таким чином, суміш катіонів розділиться на дві фази:

А) осад $(\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow, \text{Ag}_2\text{O}\downarrow)$

Б) розчин $([\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}, \text{K}^+)$

2. До отриманого осаду додаємо NH_4OH :

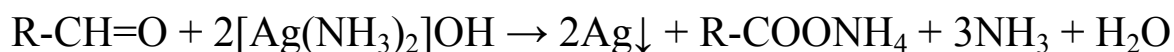


Присутність NH_4Cl необхідна, так як можливо утворення Ag_3N , який є вибухонебезпечною речовиною.

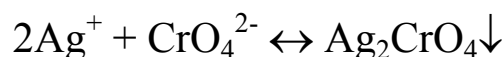
Таким чином, осад $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$ не розчиняється, а $\text{Ag}_2\text{O}\downarrow$ розчиняється в надлишку гідроксиду амонію.

Ag^+ можна визначити:

А) за реакцією «срібного дзеркала»:

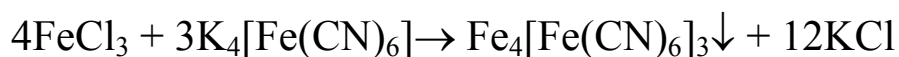


Б) за реакцією з хроматом амонію. При цьому утворюється осад цегляного кольору:



– $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$ розчиняють за допомогою кислот і далі визначають Fe^{3+} за однією з реакцій:

А) з гексаціаноферратом(II) калію. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ утворить із $\text{Fe}(\text{III})$ темно-синій осад «берлінської лазурі»:



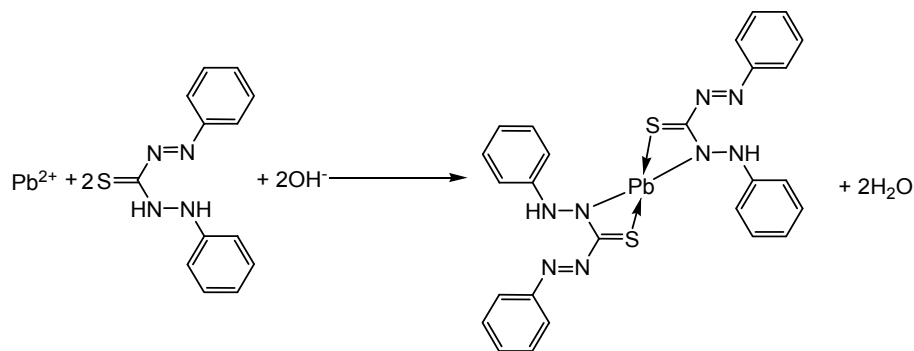
Б) з тіоціанатом амонію або калію. NH_4SCN або KSCN у кислому середовищі утворюють із іонами Fe^{3+} комплексні тіоціанати заліза, що забарвлюють розчин у криваво-червоний колір: $\text{Fe}^{3+} + n\text{SCN}^- \leftrightarrow [\text{Fe}(\text{SCN})_n]^{(3-n)}$

3. В отриманому розчині, в якому містяться іони $[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$ и K^+ , проводять реакції їх визначення:

– для визначення $[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$ додають в розчин один з реагентів:

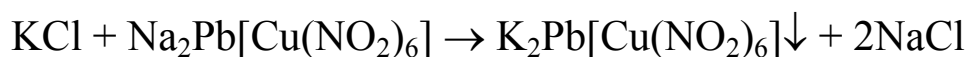
А) *KI* утворює з Pb^{2+} осад жовтого кольору, який розчиняється в CH_3COOH при нагріванні та при охолодженні знову утворюється осад PbI_2 : $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \leftrightarrow \text{PbI}_2 \downarrow$

Б) *Дитизон* (дифенілтіокарбазон) з катіонами Pb^{2+} утворює внутрішньокомплексну сіль, що забарвлює в лужному середовищі як шар органічного розчинника, так і водний шар у червоний колір:



– для ідентифікації K^+ проводять одну з реакцій:

А) гексанітрокупрат(II) натрію-свинцю $\text{Na}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$ дає в нейтральному або слабкокислому (рН 5) середовищі чорні або коричневі кубічні кристали $\text{K}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$:



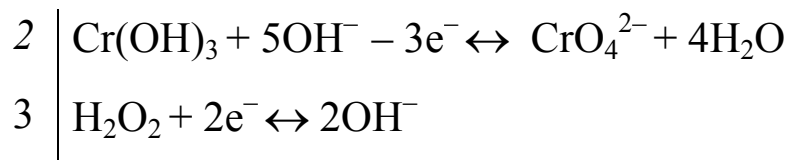
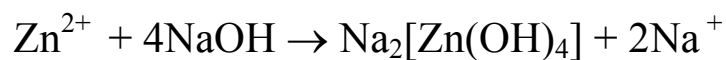
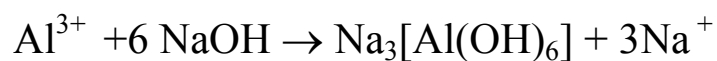
Б) $\text{KCl} + \text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 + \text{CH}_3\text{COONa} \leftrightarrow \text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \downarrow + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$

Приклад 10

До розчину, що містить катіон IV групи додали груповий реагент. Розчин став жовтим, а після підкислення з'явилось синє забарвлення. Дайте пояснення. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

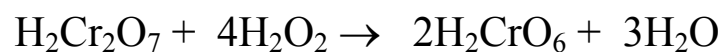
Розв'язання

До IV групи належать катіони Al^{3+} , Cr^{3+} , Zn^{2+} . Груповим реагентом є надлишок лугу в присутності H_2O_2 .



Na_2CrO_4 – розчин жовтого кольору. Тобто в розчині присутній Cr^{3+}

При підкисленні розчину хромату або дихромату утворюється надхромова кислота H_2CrO_6 , внаслідок чого розчин забарвлюється в синій колір:



У водному розчині надхромова кислота дуже нестійка. Вона розкладається з утворенням $\text{Cr}(\text{III})$ і синє забарвлення швидко переходить у зелене.

Перелік питань для підготовки до поточних контрольних робіт

МОДУЛЯ 1

КР № 1

«Іонна сила розчину, коефіцієнт активності.

Кислотно-основні реакції в аналітичній хімії»

1. Іонний стан елементів у розчинах. Сольватація, іонізація, дисоціація.
2. Теорія Дебая-Хюккеля. Коефіцієнти активності.
3. Концентраційні та термодинамічні константи.
4. Складні рівноважні системи. Метод конкуруючих реакцій.
5. Загальна, активна та рівноважна концентрація
6. Типи констант рівноваги та їх застосування.
7. Буферні розчини та їх властивості. Буферна ємність.
8. Обчислення рН розчинів сильних та слабких кислот і основ, солей, буферних розчинів.
9. Визначити рН у 0,002 М розчині HNO_3 та порівняти концентрацію іонів H^+ у розчині з їх активністю.
10. Чому дорівнює концентрація іонів гідроксонія і гідроксила у водному розчині з рН 5,20?
11. Розрахуйте рН та рОН розчину з молярною концентрацією ацетату натрію 0,2 М.
12. Обчисліть активну концентрацію a_{Cl^-} у розчинах:
 - а) 0,1 М HCl ;
 - б) 0,1 М HCl у присутності 0,05 М Na_2SO_4 ;
 - в) 0,1 М HCl у присутності 0,5 М NaCl

13. До 9 мл 0,5 М розчину оцтової кислоти додано 1 мл 2 М розчину ацетату натрію. Визначте рН отриманого розчину.
14. 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 у 100 разів.
15. Розрахуйте рН та рОН 0,1 М розчину форміатної кислоти; 0,05 М розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$; 0,1 М розчину аміаку; 0,01 М розчину феноляту натрію ($\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$); аміачної буферної суміші, яка містить по 0,1 моль кожної речовини.
16. До 30 мл 0,15 М розчину оцтової кислоти додали 60 мл 0,075 М розчину їдкого натру. Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,01 моль NaOH ?

КР №2

«Методи виявлення та ідентифікації іонів»

1. Аналітична реакція та аналітичний ефект.
2. Вимоги до аналітичних реакцій, засоби та умови їх проведення.
3. Завдання і вибір методу виявлення й ідентифікації. Ідентифікація атомів, іонів, молекул і речовин.
4. Дробний і систематичний аналіз. Види систематичного аналізу.
5. Мікрокристалоскопічний аналіз, пірохімічний аналіз (забарвлення полум'я, возгонка, утворення перлів).
6. Краплинний аналіз, метод розтирання порошків. Полумікроаналіз. Експресний якісний аналіз в заводських і польових умовах.
7. Кислотно-основний метод визначення катіонів.

8. Характеристика I–VI аналітичних груп катіонів.
9. Групові реагенти.
10. Умови проведення аналітичних реакцій визначення катіонів: K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Ag^+ , Hg^+ , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cd^{2+} та аніонів: SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , S^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , NO_2^- .
11. Аналіз суміші катіонів та аніонів.
12. Запропонувати схему аналізу катіонів Ag^+ , K^+ , Pb^{2+} , Fe^{3+} у суміші за кислотно-основною класифікацією. Напишіть рівняння реакцій розділення та виявлення цих катіонів.
13. До розчину, що містить катіон IV групи додали груповий реагент. Розчин став жовтим, а після підкислення з'явилось синє забарвлення. Дайте пояснення. Напишіть рівняння відповідних реакцій.
14. Напишіть схему розділення суміші катіонів Na^+ , Ag^+ , Fe^{3+} дією $NaOH$ і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.

2.5.2. Змістовий модуль 2

Реакції окислення-відновлення, комплексоутворення, осадження в аналітичній хімії

Приклади розв'язування задач

ТЕМА: РЕАКЦІЇ ОСАДЖЕННЯ В АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ

Приклад 1

Якою буде розчинність осаду CaCO_3 :

- 1) у воді
- 2) в розчині з молярною концентрацією KNO_3 0,1 М
- 3) при $\text{pH} = 5$
- 4) в присутності 0,01 М розчину CaCl_2 ?

Розв'язання

1) Реакція розчинення осаду: $\text{CaCO}_3 \downarrow \Leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$, $\text{ДР} = 4,8 \cdot 10^{-9}$.

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

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

$$\text{ДР} = S^2$$

$$S = \sqrt{\text{ДР}}$$

$$2) \mu = 1/2(0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2) = 0,1$$

Обчислити коефіцієнти активності іонів осаду можна за формулою:

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

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

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

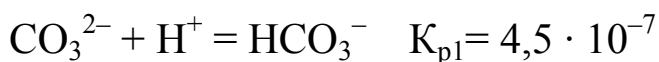
$$K_s^T = f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot f_{\text{CO}_3^{2-}} \cdot S^2$$

Звідси у розчині KNO_3 розчинність осаду:

$$S = \sqrt{ДР} / (fCa^{2+} \cdot fCO_3^{2-}) = \sqrt{4,8 \cdot 10^{-9}} / (0,33)^2 = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ М.}$$

Розчинність $CaCO_3$ в присутності електроліту збільшилася у 3 рази.

3) Припустимо, що $\mu = 0$. Тоді $f = 1$. Разом з головною реакцією, проходить побічна реакція взаємодії іонів CO_3^{2-} з іонами водню, які присутні в розчині при $pH = 5$.



$$pH = -\lg[H^+] \quad [H^+] = 10^{-5}$$

$$\alpha = [CO_3^{2-}] / C_{заг} = K_{p1} \cdot K_{p2} / [H^+]^2 + [H^+] K_{p1} + K_{p1} \cdot K_{p2} = 2,25 \cdot 10^{-9}$$

$$S = \sqrt{ДР} / \alpha (Ca^{2+}) \cdot \alpha (CO_3^{2-}) = \sqrt{4,8 \cdot 10^{-9}} / 2,25 \cdot 10^{-9} = 1,5 \text{ М.}$$

4) Припустимо, що $\mu = 0$. 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 $[Ca^{2+}] = S + 0,01$ моль/л

$$ДР = [Ca^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = S \cdot (S + 0,01) = 4,8 \cdot 10^{-9}$$

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

$$ДР = S \cdot 0,01$$

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

В присутності однойменних іонів розчинність осаду зменшилась.

Приклад 2

Добуток розчинності $Ca_3(PO_4)_2$ 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: $[\text{Ca}^{2+}] = 3x$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 2x$

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

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

$$x = 1,77 \cdot 10^{-7} \text{ М}$$

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 3

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 розраховуватися по формулі:

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

$$[Ba^{2+}] = \frac{0,01 \cdot 5}{10} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M} \quad [CO_3^{2-}] = \frac{0,05 \cdot 5}{10} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$[Ba^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} = 1,35 \cdot 10^{-4}$$

$$DP_{BaCO_3} = 5,1 \cdot 10^{-9}$$

$1,35 \cdot 10^{-4} > 5,1 \cdot 10^{-9}$, тобто осад випаде.

Приклад 4

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

Розв'язання

Рівняння ЗДМ для осадів $AgCl$ та $PbCl_2$ мають вигляд:

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

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

Для виключення спільного множника (рівноважної концентрації

Cl^-) зробимо наступне:
$$\frac{[Ag^+]^2}{[Pb^{2+}]} = \frac{(10^{-9,74})^2}{10^{-4,87}} = 10^{-14,61}.$$

Обчислимо відношення початкових концентрацій, аналогічне відношенню рівноважних концентрацій:

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

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

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

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

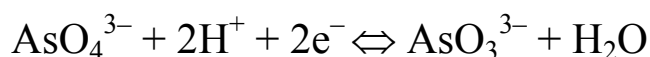
$$[Ag^+] = 2,5 \cdot 10^{-9} M.$$

ТЕМА: ОКИСЛЮВАЛЬНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

Приклад 5

Розрахувати формальний потенціал системи AsO_4^{3-} / AsO_3^{3-} при $pH = 8$ ($E^\circ AsO_4^{3-}/AsO_3^{3-} = 0,57$ В).

Розв'язання



За рівнянням Нернста $E_{AsO_4^{3-}/AsO_3^{3-}} = E^\circ_{AsO_4^{3-}/AsO_3^{3-}} + \frac{0,059}{2} \lg \frac{[AsO_4^{3-}][H^+]^2}{[AsO_3^{3-}]}$

$$pH = -\lg[H^+] = 8; [H^+] = 10^{-8}$$

$$E_{AsO_4^{3-}/AsO_3^{3-}} = 0,57 - 0,46 = 0,11 \text{ В}$$

Приклад 6

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

Розв'язання:

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

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

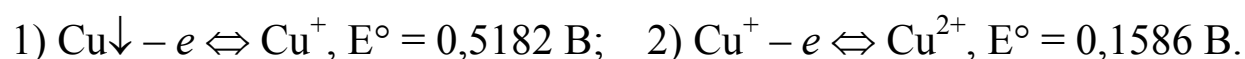
Тобто іде реакція $Cu^{2+} + Fe = Fe^{2+} + Cu$.

Приклад 7

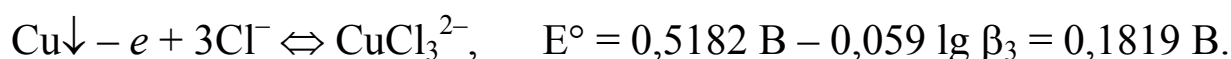
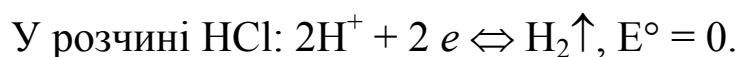
Для розчинення металів і сплавів застосовують розчини HCl, HNO₃, H₂SO₄ або NaOH. Які розчинники можна застосувати для розчинення сплавів на основі міді? Можливість розчинення підтвердити обчисленнями.

Розв'язання

Мідь розчиняється внаслідок окислення:



Розглянемо напівреакції, що зумовлюють розчинення в різних розчинниках.



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:

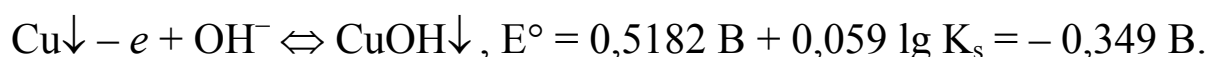
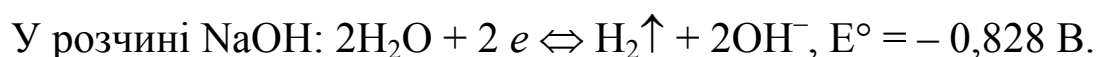


Окислення міді теж не відбудеться, оскільки $E^\circ_{\text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_2} < E^\circ_{\text{Cu}^+/\text{Cu} \downarrow}$. EPC < 0

У концентрованій азотній кислоті: $\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + e \Leftrightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, $E^\circ = 0,80 \text{ В}$.

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

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



Окислення міді не відбудеться, оскільки $\text{EPC} = -0,828 - (-0,349) < 0$

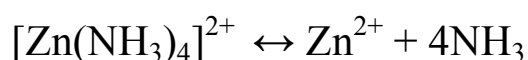
Таким чином, сплави на основі міді слід розчиняти в HNO₃.

**ТЕМА: РЕАКЦІЇ КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ
В АНАЛІТИЧНІЙ ХІМІЇ**

Приклад 8

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

$$\text{Тоді } K_{\text{нест.}} = \frac{x \cdot (4x)^4}{1 - x}, \text{ } x \text{ значно менше } 1, \text{ тому величиною } x \text{ у}$$

знаменнику можна знехтувати, тоді $256 x^5 = 2,6 \cdot 10^{-10}$.

$$x = 4 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

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

Перелік питань для підготовки до поточних контрольних робіт

МОДУЛЯ 2

КР № 3

**«Реакції окислення-відновлення, комплексоутворення,
осадження в аналітичній хімії»**

1. Електрохімічний потенціал як характеристика супряжених окислювача та відновника (редокс-пари).
2. Стандартний, формальний та реальний потенціали. Рівняння Нернста. Константа рівноваги окислювально-відновної реакції.
3. Напрямок реакції окислення і відновлення. Фактори, які впливають на напрямок перебігу окислювально-відновних реакцій: рН розчину, концентрація окисника та відновника, побічні реакції (осадження та комплексоутворення), каталізатор.
4. Кількісні характеристики комплексних сполук: константи стійкості або нестійкості (ступінчасті та загальні).
5. Константа розчинності. Добуток розчинності.
6. Сольовий ефект.
7. Розрахунки розчинності малорозчинних речовин.
8. Фактори, що впливають на гетерогенну рівновагу.
9. Якою буде розчинність осаду CaCO_3 :
 - а) у воді;
 - б) в розчині з молярною концентрацією KNO_3 0,1 М;
 - в) при $\text{pH} = 5$;
 - г) в присутності 0,01 М розчину CaCl_2 ?

10. 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.
11. Чи випаде осад при змішуванні 5 мл 0,02 н розчину BaCl_2 з 5 мл 0,1 н розчину Na_2CO_3 ($\text{ДР}_{\text{BaCO}_3} = 5,1 \cdot 10^{-9}$).
12. До розчину з молярними концентраціями $\text{Ag}^+ 5 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ і $\text{Pb}^{2+} 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ додають розчин з молярною концентрацією HCl 3 М. Який осад випаде першим? Якою буде концентрація іона, що осаджується першим, на початок утворення другого осаду?
13. Розрахувати формальний потенціал системи $\text{AsO}_4^{3-} / \text{AsO}_3^{3-}$ при $\text{pH} = 8$ ($E^\circ \text{AsO}_4^{3-} / \text{AsO}_3^{3-} = 0,57 \text{ В}$).
14. 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.
15. Якою буде розчинність осаду CoS :
- а) у воді;
 - б) в розчині з молярною концентрацією Na_2S , 0,5 М;
 - в) в 0,01 М розчині NaNO_3 ?
16. Розрахуйте ДР сульфїду марганцю, якщо концентрація його насиченого розчину дорівнює $1,38 \cdot 10^{-3} \text{ г/л}$.
17. До розчину з молярними концентраціями $\text{Ag}^+ 0,1 \text{ М}$ і $\text{Ba}^{2+} 0,5 \text{ М}$ додають розчин з молярною концентрацією K_2CrO_4 1 М. Який осад випаде першим?
18. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища ($\text{pH} 2$) до лужного ($\text{pH} 14$)? Напишіть

відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

Пара	$E^0 \text{AlO}^{2-}/\text{Al}, \text{В}$
$\text{AlO}^{2-}/\text{Al}$	-2,35

19. Чи можна розчин $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 1 М, зберігати у посуді, виготовленому з нікелю?
20. Визначте концентрацію іонів Zn^{2+} у 0,1 М розчині $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$, якщо константа нестійкості комплексного іона дорівнює $2 \cdot 10^{-10}$.
21. Визначте напрямок протікання ОВР між двома редокс-парами $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,47 \text{ В}$ та $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ В}$.
22. Визначити процент розпаду комплексу в 1 М розчині солі $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$, якщо $K_{\text{нест}} = 2,6 \cdot 10^{-10}$.

СРС 1. Варіанти контрольних робіт
для самостійної роботи студентів з курсу «Аналітична хімія»
до змістових модулів № 1, № 2

СРС 1

Завдання № 1 - 10 оцінюється по 0,5 балів (всього 5 балів)

Варіант 1

1. Обчисліть активну концентрацію a_{Cl^-} у розчинах:
 - а) 0,01 М HCl;
 - б) 0,01 М HCl у присутності 0,05 М Na₂SO₄;
 - в) 0,01 М HCl у присутності 0,02 М NaCl.
2. Розрахуйте рН та рОН 0,1 М розчину форміатної кислоти; 0,05 М розчину Ba(OH)₂; 0,1 М розчину аміаку; 0,01 М розчину феноляту натрію (C₆H₅ONa); аміачної буферної суміші, яка містить по 0,1 моль кожної речовини.
3. До 30 мл 0,15 М розчину оцтової кислоти додали 60 мл 0,075 М розчину їдкого натру. Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,01 моль NaOH?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів Na⁺, Ag⁺, Fe³⁺ дією NaOH і NH₄OH. Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Якою буде розчинність осаду CoS:
 - а) у воді;
 - б) в розчині з молярною концентрацією Na₂S 0,5 М;
 - в) в 0,01 М розчині NaNO₃?

6. Розрахуйте ДР сульфїду марганцю, якщо концентрація його насиченого розчину дорівнює $1,38 \cdot 10^{-3}$ г/л.
7. До розчину з молярними концентраціями Ag^+ 0,1 М і Ba^{2+} 0,5 М додають розчин з молярною концентрацією K_2CrO_4 1 М. Який осад випаде першим?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{AlO}^{2-}/\text{Al}$, В
1	$\text{AlO}^{2-}/\text{Al}$	-2,35

9. Чи можна розчин $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 1 М зберігати у посуді, виготовленому з нікелю?
10. Визначте концентрацію іонів Zn^{2+} у 0,1 М розчині $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$, якщо константа нестійкості комплексного іону дорівнює $2 \cdot 10^{-9}$.

Варіант 2

1. Обчисліть активну концентрацію a_{Cl^-} у розчинах:
- 0,01 М BaCl_2 ;
 - 0,01 М BaCl_2 у присутності 0,01 н KNO_3 .
 - 0,01 М BaCl_2 у присутності 0,02 М NaCl .
2. Розрахуйте рН та рОН 0,01 М розчину сульфанілової кислоти; 0,1 М розчину NaOH ; 0,001 М розчину аніліну ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$); 0,4 М розчину ацетату амонію; ацетатного буферного розчину, який містить 0,2 моль кожної речовини.

3. До 100 мл 0,1 М розчину NaOH додали 100 мл 0,2 М розчину CH₃COOH. Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,05 моль їдкою натру?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів K⁺, Al³⁺, Fe³⁺ дією NaOH і NH₄OH. Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Якою буде розчинність осаду SrSO₄:
 - а) у воді;
 - б) в розчині з молярною концентрацією Na₂SO₄ 0,01 М;
 - в) в 0,01 М розчині NaCl?
6. Розрахуйте ДР арсенату барію, якщо концентрація його насиченого розчину дорівнює 2,04·10⁻⁸ г/л.
7. До розчину з молярними концентраціями Ag⁺ 0,2 М і Hg₂²⁺ 0,5 М додають розчин з молярною концентрацією HCl 3 М. Який осад випаде першим?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної у таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	E ⁰ BiO ⁺ /Bi, В
2	BiO ⁺ /Bi	+0,32

9. Чи можна розчин Fe₂(SO₄)₃ 1 М зберігати у посуді, виготовленому з алюмінію?
10. Визначте концентрацію іонів Ag⁺ і Cl⁻ у 0,1 М розчині K[AgCl₂], якщо константа стійкості комплексного іону дорівнює 1,09·10⁵.

Варіант 3

- Обчисліть активну концентрацію $a_{NO_3^-}$ у розчинах:
 - 0,02 М $NaNO_3$;
 - 0,01 М $NaNO_3$; у присутності 0,08 М $Pb(NO_3)_2$;
 - 0,01 М $NaNO_3$; у присутності 0,02 М HCl .
- Розрахуйте рН та рОН 0,05 М розчину бензойної кислоти; 0,2 М розчину H_2SO_4 ; 0,1 М розчину гідразину; 0,01 М розчину NH_4Cl ; ацетатного буферного розчину, який містить 0,5 моль кожної речовини.
- До 50 мл 0,2 М розчину HCl додали 50 мл 0,2 М розчину NH_4OH . Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,01 моль амоніаку?
- Напишіть схему розділення суміші катіонів K^+ , Al^{3+} , Mg^{2+} дією $NaOH$ і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
- Якою буде розчинність осаду Ag_3PO_4 :
 - у воді;
 - в розчині з молярною концентрацією Na_3PO_4 0,02 М;
 - в 0,001 М розчині $NaNO_3$?
- Чи випаде осад хлориду свинцю при змішуванні рівних об'ємів розчинів нітрату свинцю, з концентрацією 0,1 М та хлориду натрію, з концентрацією 0,1 М? $DP(PbCl_2) = 1,6 \cdot 10^{-5}$.
- До розчину з молярними концентраціями Ag^+ 0,2 М і Zn^{2+} 0,5 М додають розчин з молярною концентрацією KCN 3 М. Який осад випаде першим?

8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{ BrO}^-/\text{Br}_2, \text{ В}$
3	BrO^-/Br_2	+0,45

9. Чи будуть реагувати між собою $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та F^- ?

10. Визначте концентрацію іонів Hg^{2+} і Cl^- у 0,1 М розчині $\text{K}_2[\text{HgCl}_4]$, якщо константа стійкості комплексного іону дорівнює $1,66 \cdot 10^{15}$.

Варіант 4

1. Обчисліть активну концентрацію $a_{\text{SO}_4^{2-}}$ у розчинах:

А) 0,01 М $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;

Б) 0,01 М MgSO_4 у присутності 0,005 М H_2SO_4 .

В) 0,01 М MgSO_4 у присутності 0,001 М NaCl .

2. Розрахуйте рН та рОН 0,1 М розчину піридину; 0,02 М розчину NaOH ; 0,1 М розчину хлорноватистої кислоти; 0,01 М розчину оксалату натрію; розчину, який містить 5 мл 0,02 М NH_4OH та 15 мл 0,01 М NH_4Cl .

3. До 40 мл 0,05 М розчину бензойної кислоти ($K(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 6,3 \cdot 10^{-5}$) додали 60 мл 0,05 М розчину бензоату натрію. Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,01 моль HCl ?

4. Напишіть схему розділення суміші катіонів K^+ , Al^{3+} , Co^{2+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.

5. Якою буде розчинність осаду Hg_2Cl_2 :
- у воді;
 - в розчині з молярною концентрацією NaCl $0,02 \text{ M}$;
 - в $0,01 \text{ M}$ розчині NaNO_3 ?
6. Для відкриття іонів свинцю до досліджуваного розчину доливають рівний об'єм розчину йодиду калію з концентрацією $0,5 \text{ M}$. При якій мінімальній концентрації іонів свинцю можна розраховувати на появу осаду? $\text{ДР}(\text{PbI}_2) = 1,1 \cdot 10^{-9}$.
7. До розчину з молярними концентраціями Ag^+ $0,3 \text{ M}$ і Cu^+ $0,15 \text{ M}$ додають розчин з молярною концентрацією KCNS 1 M . Який осад випаде першим?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (pH 2) до лужного (pH 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{Co}(\text{OH})_2\downarrow/\text{Co}, \text{В}$
4	$\text{Co}(\text{OH})_2\downarrow/\text{Co}$	$-0,71$

9. Чи будуть реагувати між собою $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та Br^- ?
10. Визначте концентрацію іона Ag^+ і NH_3 у $0,1 \text{ M}$ розчині $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, якщо константа стійкості комплексного іону дорівнює $1,69 \cdot 10^7$.

Варіант 5

1. Обчисліть активну концентрацію a_{Cl^-} у розчинах:
- $0,5 \text{ M KCl}$;
 - $0,25 \text{ M MgCl}_2$ у присутності $0,5 \text{ M KCl}$;

в) 0,01 М MgCl_2 у присутності 0,001 М $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.

- Розрахуйте рН та рОН 0,7 М розчину хлорноватистої кислоти; 0,025 М розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$; 0,001 М розчину диметиламіну $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$; 0,01 М розчину фталату натрію; розчину, який містить 0,3 моль HCOOH та 0,6 моль HCOONa .
- До 100 мл 0,1 М розчину NH_4OH додали 100 мл 0,05 М розчину CH_3COOH . Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,025 моль оцтової кислоти?
- Напишіть схему розділення суміші катіонів K^+ , Fe^{3+} , Ni^{2+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
- Якою буде розчинність осаду CdCO_3 :
 - у воді;
 - в розчині з молярною концентрацією Na_2CO_3 0,01 М;
 - в 0,005 М розчині NaNO_3 ?
- Розрахувати ДР фосфату свинцю, якщо в 250 мл його насиченого розчину маємо $3,03 \cdot 10^{-7}$ г солі.
- До розчину з молярними концентраціями Ag^+ 0,2 М і Ca^{2+} 0,1 М додають розчин з молярною концентрацією Na_2CO_3 0,5 М. Який осад випаде першим?
- Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow/\text{Fe}\downarrow, \text{В}$
5	$\text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow/\text{Fe}\downarrow,$	-0,877

9. Пояснити, чи буде розчинятися срібло в розведеній сульфатній кислоті (H_2SO_4).
10. Визначте концентрацію іонів Fe^{2+} і CN^- у 0,1 М розчині $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, якщо константа стійкості комплексного іона дорівнює $7,94 \cdot 10^{36}$.

Варіант 6

1. Обчисліть активну концентрацію $a_{\text{NO}_3^-}$ у розчинах:
- 0,5 М HNO_3 ;
 - 0,05 М $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ у присутності 0,5 М KCl ;
 - 0,01 М HNO_3 у присутності 0,001 М $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.
2. Розрахуйте рН та рОН 0,3 М розчину фосфату натрію; 0,02 М розчину H_2SO_4 ; 0,001 М розчину дифеніламіну ($(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$); 0,1 М розчину CO_2 у воді; розчину, який містить 0,04 моль $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ та 0,02 моль $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$.
3. До 20 мл 0,04 М розчину $(\text{CHOH})_2(\text{COOH})_2$ додали 3 мл 0,2 М розчину NaOH . Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,025 моль NaOH ?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів Na^+ , Zn^{2+} , Pb^{2+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Розчинність CaCO_3 становить $6,5 \cdot 10^{-3}$ г/100 мл. Обчисліть добуток розчинності карбонату кальцію.
6. Якою буде розчинність осаду AgCNS :
- у воді;
 - в розчині з молярною концентрацією NaNO_3 0,01 М;

в) в 0,3 М розчині NaCNS?

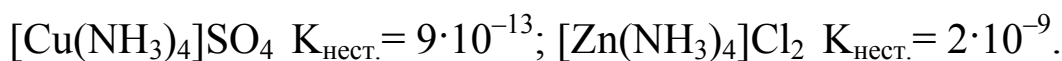
7. До розчину з молярними концентраціями Ba^{2+} $3 \cdot 10^{-3}$ М і Sr^{2+} 0,6 М додають розчин з молярною концентрацією Na_2CO_3 0,5 М. Який осад випаде першим?

8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{Mg(OH)}_2 \downarrow / \text{Mg}$, В
6	$\text{Mg(OH)}_2 \downarrow / \text{Mg}$	-2,69

9. Навести докази, що металева мідь не повинна розчинятися у хлороводневій кислоті, а буде розчинятися в нітратній кислоті.

10. У розчинах яких зазначених нижче комплексних солей однакової концентрації, концентрація аміаку більша і в скільки разів.



Варіант 7

1. Обчисліть активну концентрацію $a_{\text{Mg}^{2+}}$ у розчинах:

а) 0,1 М MgCl_2 ;

б) 0,01 М MgCl_2 у присутності 0,01 М KCl ;

в) 0,01 М MgCl_2 у присутності 0,001 М $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.

2. Розрахуйте рН та рОН 0,5 М розчину ацетатної кислоти; 0,05 М розчину NaOH ; 0,01 М розчину діетиламіну; 0,001 М карбонату калію; розчину, який містить 0,015 моль глутамінової кислоти та 0,1 моль її натрієвої солі.

3. До 25 мл 0,01 М розчину яблучної кислоти додали 25 мл 0,01 М розчину NaOH. Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,025 моль NaOH ?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів Na^+ , Zn^{2+} , Hg_2^{2+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Якою буде розчинність осаду HgBr_2 :
- у воді;
 - в розчині з молярною концентрацією NaNO_3 0,01 М;
 - в 0,1 М NaBr ?
6. При якій мінімальній концентрації NaF не утворюється осад CaF_2 ?
 $D_P \text{CaF}_2 = 4,0 \cdot 10^{-11}$.
7. До розчину з молярними концентраціями Ca^{2+} $2 \cdot 10^{-3}$ М і Mg^{2+} $4 \cdot 10^{-5}$ М додають розчин з молярною концентрацією NaF 0,01 М. Який осад випаде першим?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{BrO}_3^- / \text{Br}^-$, В
7	$\text{BrO}_3^- / \text{Br}^-$	+1,45

9. Є дві оксид-пари: $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$ і $\text{NO}_3^- / \text{NO}$. Обчислити ЕРС системи, вказати напрям проходження реакції та написати рівняння реакції.
10. У розчинах яких зазначених нижче комплексних солей однакової концентрації, концентрація аміаку більша і в скільки разів.
 $K_{\text{нест.}}([\text{Co}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4) = 9,68 \cdot 10^{-6}$; $K_{\text{нест.}}([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4) = 9 \cdot 10^{-13}$.

Варіант 8

- Обчисліть активну концентрацію $a_{NO_3^-}$ у розчинах:
 - 0,01 М KNO_3 ;
 - 0,01 М KNO_3 у присутності 0,05 М $BaCl_2$.
 - 0,01 М KNO_3 у присутності 0,02 М $Zn(NO_3)_2$.
- Розрахуйте рН та рОН 0,5 М розчину $NaOH$; 0,1 М розчину гідросульфїту натрію; 0,1 М розчину 1-нафтиламіну ($C_{10}H_7NH_2$); 0,1 М розчину мурашиної кислоти; розчину, який містить по 0,05 моль розчинів гідроксиду та хлориду амонію.
- До 2 л 0,17 М розчину мурашиної кислоти додали 2 л 0,18 М розчину KOH . Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,5 моль KOH ?
- Напишіть схему розділення суміші катіонів NH_4^+ , Ag^+ , Pb^{2+} дією $NaOH$ і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
- Якою буде розчинність осаду $AgBr$:
 - у воді;
 - в розчині з молярною концентрацією KNO_3 0,01 М;
 - в 2 М розчині $AgNO_3$?
- Чи може утворитися осад CaC_2O_4 в розчині, який містить $1 \cdot 10^{-3}$ М $CaCl_2$ та $2 \cdot 10^{-3}$ М $(NH_4)_2C_2O_4$? $ДР CaC_2O_4 = 2,3 \cdot 10^{-9}$.
- До розчину з молярними концентраціями Cu^+ $4 \cdot 10^{-5}$ М і Hg_2^{2+} $1 \cdot 10^{-3}$ М додають розчин з молярною концентрацією KI 0,01 моль/л. Який осад випаде першим?
- Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть

відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2, \text{В}$
8	$\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2$	+1,69

9. Чи будуть реагувати між собою $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та Br^- ?

10. У розчинах яких зазначених нижче комплексних солей однакової концентрації, концентрація аміаку більша і в скільки разів.

$$K_{\text{нест.}}([\text{Co}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4) = 9,68 \cdot 10^{-6}, K_{\text{нест.}}([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2) = 2 \cdot 10^{-9}.$$

Варіант 9

1. Обчисліть активну концентрацію $a_{\text{NO}_3^-}$ у розчинах:

а) 0,01 М $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$;

б) 0,05 М KNO_3 у присутності 0,01 М BaCl_2 ;

в) 0,01 М KNO_3 у присутності 0,02 М $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.

2. Розрахуйте рН та рОН 0,05 М розчину бензойної кислоти; 0,5 М розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$; 0,1 М розчину 2-нафтиламіну; 0,1 М розчину сульфиду натрію; розчину, який містить 0,5 моль ацетату натрію та 2 моль CH_3COOH .

3. До 100 мл 0,01 М аміачного буферного розчину додали 10 мл 0,1 М розчину HCl . Як зміниться рН отриманого розчину?

4. Напишіть схему розділення суміші катіонів Na^+ , Fe^{3+} , Pb^{2+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.

5. Якою буде розчинність осаду AgCl :

а) у воді;

б) в розчині з молярною концентрацією KNO_3 0,02 М;

в) в 5 М розчині КСІ?

6. Змішали рівні об'єми $1 \cdot 10^{-3}$ М розчинів SrCl_2 та K_2SO_4 . Утвориться при цьому осад? $D_P \text{SrSO}_4 = 4,0 \cdot 10^{-8}$.
7. До розчину з молярними концентраціями SO_4^{2-} 0,5 М і $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 0,25 М додають розчин з молярною концентрацією Ca^{2+} 0,5 М. Який осад випаде першим?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{Cu(OH)}_2/\text{Cu}_2\text{O}\downarrow, \text{В}$
9	$\text{Cu(OH)}_2/\text{Cu}_2\text{O}\downarrow$	-0,08

9. Чи будуть реагувати між собою $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та NO_2^- ?
10. Обчислити молярну концентрацію Γ і Hg^{2+} у 0,1 М розчині дикалій тетраїодомеркурату. $K_{\text{нест.}}([\text{HgI}_4]^{2-}) = 1,48 \cdot 10^{-30}$.

Варіант 10

1. Обчисліть активну концентрацію a_{Cl^-} у розчинах:
- а) 0,01 М FeCl_3 ;
 - б) 0,05 М KCl у присутності 0,01 М $\text{Ba(NO}_3)_2$;
 - в) 0,01 М KCl у присутності 0,02 М ZnCl_2 .
2. Розрахуйте рН та рОН 0,05 М розчину оцтової кислоти; 1 М розчину Ca(OH)_2 ; 0,1 М розчину саліцилату натрію; 0,1 М розчину піридину; розчину, який містить 0,2 моль NH_4OH та 0,1 моль NH_4Cl .

3. До 9 мл 0,05 М CH_3COOH додали 1 мл 2 М розчину ацетату натрію. Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,2 моль NaOH ?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів K^+ , Mn^{2+} , Cu^{2+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Якою буде розчинність осаду BaCrO_4 :
- у воді при 25 °С;
 - в розчині з молярною концентрацією KNO_3 0,5 М;
 - в 0,05 М розчині $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$?
6. Чи випаде осад при змішуванні 5 мл 0,03 н BaCl_2 з 5 мл 0,1 н розчину K_2CO_3 ? $\text{ДР BaCO}_3 = 4,0 \cdot 10^{-10}$.
7. До розчину з молярними концентраціями SO_4^{2-} 0,5 М і CO_3^{2-} $2,5 \cdot 10^{-3}$ М додають розчин з молярною концентрацією Ca^{2+} 0,5 М. Який осад утвориться?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{Ni}(\text{OH})_2/\text{Ni}\downarrow, \text{В}$
10	$\text{Ni}(\text{OH})_2/\text{Ni}\downarrow$	-0,72

9. Підтвердити обчисленням, чи можна $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ окислити в кислому середовищі I^- до I_2 .
10. Обчислити молярну концентрацію Fe^{2+} і частку (%) розпаду комплексного іона в 0,1 М розчині тетракалій гексаціаноферату. $K_{\text{нест}}([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}) = 1 \cdot 10^{-24}$.

Варіант 11

1. Визначити активну концентрацію $a_{SO_4^{2-}}$ у розчинах:
 - а) 0,005 М H_2SO_4 ;
 - б) 0,01 М Na_2SO_4 у присутності 0,01 М KNO_3 ;
 - в) 0,01 М Na_2SO_4 у присутності 0,01 М $Al_2(SO_4)_3$.
2. Розрахуйте рН та рОН в 0,2 М розчині амоніаку; 0,1 М розчину акрилової кислоти; 0,2 М розчині H_2SO_4 ; 0,2 М розчину саліцилату натрію; 0,3 моль CH_3COOH и 0,2 моль ацетату натрію.
3. Який об'єм 0,5М розчину нітрату амонію необхідно додати до 10 мл 0,2 М розчину амоніаку для одержання амонійного буферного розчину з рН = 9,8?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів NH_4^+ , Mn^{2+} , Pb^{2+} дією $NaOH$ і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. До розчину з молярними концентраціями SO_4^{2-} 3 М і Cl^- $1,2 \cdot 10^{-2}$ М додають розчин з молярною концентрацією Ag^+ 0,1 М. Який осад утвориться? $DP Ag_2SO_4 = 1,6 \cdot 10^{-5}$, $DP AgCl = 1,78 \cdot 10^{-10}$.
6. Якою буде розчинність осаду $CaSO_4$:
 - а) у воді при 25 °С;
 - б) в розчині з молярною концентрацією $NaCl$ $5 \cdot 10^{-3}$ М;
 - в) у 2 М розчині Na_2SO_4 ?
7. Розрахувати $DP Hg_2Cl_2$, якщо в 500 мл води розчинено $1 \cdot 10^{-5}$ г Hg_2Cl_2 .
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть

відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	E^0 $\text{HPbO}_2^-/\text{Pb}\downarrow$, В
11	Pb^{2+}/Pb	-0,54

9. Підтвердити обчисленням, чи можна $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ окислити в кислому середовищі I^- до I_2 .
10. Обчислити молярну концентрацію CN^- і Ag^+ у 0,1 М розчині калій диціаноаргентату. $K_{\text{нест}}([\text{Ag}(\text{CN})_2]^-) = 1,41 \cdot 10^{-20}$.

Варіант 12

1. Обчисліть активну концентрацію $a_{\text{NH}_4^+}$ у розчинах:
- 0,2 М NH_4NO_3 ;
 - 0,1 М NH_4OH у присутності 0,1 М $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
 - 0,01 М NH_4OH у присутності 0,01 М $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.
2. Розрахуйте рН та рОН 0,025 М розчину гідразин гідрату; 0,5 М розчину CH_3COOH ; 0,01 М розчину NaOH ; 0,1 М розчину арсенату натрію; розчину, який містить 0,5 моль ацетату натрію та 2 моль CH_3COOH .
3. До 9 мл 0,5 М розчину оцтової кислоти додали 1 мл 2,0 М розчину ацетату натрію. Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього ще додати 0,1 моль оцтової кислоти?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів Na^+ , Cr^{3+} , Pb^{2+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Якою буде розчинність осаду BaSO_4 :
- у воді при 25 °С;

- б) в розчині з молярною концентрацією NaNO_3 $9 \cdot 10^{-3}$ М;
 в) в 0,1 М розчині Na_2SO_4 ?
- 6 Чи утвориться осад $\text{Cu}(\text{OH})_2$ при $\text{pH} = 5$, якщо концентрація іонів $\text{Cu}^{2+} = 1 \cdot 10^{-6}$ М? ДР $\text{Cu}(\text{OH})_2 = 8,3 \cdot 10^{-20}$.
7. До розчину з молярними концентраціями SO_4^{2-} і Cl^- 0,2 М додають розчин з молярною концентрацією Pb^{2+} 0,1 М. Який осад утвориться?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища ($\text{pH} = 2$) до лужного ($\text{pH} = 14$)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{ZnO}_2^-/\text{Zn}\downarrow$, В
12	$\text{ZnO}_2^-/\text{Zn}\downarrow$	-1,216

9. Підтвердити розрахунками можливість проходження реакції і скласти рівняння реакції між станум дихлоридом і ферум трихлоридом.
10. Обчислити молярну концентрацію Cl^- і Hg^{2+} у 0,1 М розчині дикалій тетрахлоромеркурату. $K_{\text{нест}}([\text{HgCl}_4]^{2-}) = 8,5 \cdot 10^{-16}$.

Варіант 13

1. Обчисліть активну концентрацію $a_{\text{NH}_4^+}$ у розчинах:
- а) 0,1 М NH_4NO_3 ;
 б) 0,01 М NH_4OH у присутності 0,01 М $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
 в) 0,01 М NH_4OH у присутності 0,01 М NaOH .
2. Розрахуйте pH та pOH 0,001 М розчину Триетиламіну; 0,1 М розчину CH_3COOH ; 0,01 М розчину Форміату калію; 0,1 М

розчину HCl; розчину, який містить 0,5 моль ацетату натрію та 2 моль CH₃COOH.

3. До 9 мл 0,5 М розчину оцтової кислоти додали 1 мл 2 М розчину ацетату натрію. Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього ще додати 0,1 моль оцтової кислоти?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів Ba²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺ дією NaOH і NH₄OH. Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Якою буде розчинність осаду CaCO₃:
 - а) у воді при 25 °С;
 - б) в розчині з молярною концентрацією NaNO₃ 0,05 М;
 - в) в 0,05 М розчині CaNO₃?
6. Розчинність Hg₂Cl₂ становить 2·10⁻⁴ г/100 г. Обчисліть добуток розчинності хлориду меркурію.
7. До розчину з молярними концентраціями SO₄²⁻ і CrO₄²⁻ 0,1 М додають розчин з молярною концентрацією Pb²⁺ 0,1 М. Який осад утвориться?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	E ⁰ Mn ²⁺ /Mn, В	E ⁰ Mn(OH) ₂ /Mn↓, В
13	Mn ²⁺ /Mn	-1,17	-1,18

9. Обчислити, в якій послідовності KMnO₄ буде окислювати SO₃²⁻, Cr³⁺, Cl⁻, Fe²⁺ в кислому середовищі, якщо концентрації відновників однакові. Скласти іонно-електронні рівняння реакцій.

10. Обчислити молярну концентрацію Cl^- і частку (%) розпаду комплексного іону у 0,1 М розчині моногідроген тетрахлоаурату. $K_{\text{нест}}([\text{AuCl}_4]^-) = 5 \cdot 10^{-12}$.

Варіант 14

1. Обчисліть активну концентрацію $a_{\text{NH}_4^+}$ у розчинах:
- 0,1 М NH_4NO_3 ;
 - 0,01 М NH_4OH у присутності 0,01 М $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
 - 0,01 М NH_4OH у присутності 0,01 М Na_2SO_4 .
2. Розрахуйте рН та рОН 0,025 М розчину гідрозин гідрату; 0,05 М розчину CH_3COOH ; 0,01 М розчину H_2SO_4 ; 0,01 М розчину цитрат натрію; розчину, який містить 0,05 моль ацетату натрію та 2 моль CH_3COOH .
3. До 100 мл 0,1 М розчину HF додали 5 мл 0,1 М розчину NaF . Обчисліть рН отриманого розчину?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів NH_4^+ , Ni^{2+} , Pb^{2+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Якою буде розчинність осаду Ag_2CrO_4
- у воді при 25 °С;
 - в розчині з молярною концентрацією KCl 0,01 М;
 - в 5 М розчині AgNO_3 ?
6. Розчинність CaCO_3 становить $6,5 \cdot 10^{-3}$ г/100 г. Обчисліть добуток розчинності карбонату кальцію.

7. До розчину з молярними концентраціями F^- 0,02 М і $C_2O_4^{2-}$ 0,05 М додають розчин з молярною концентрацією Ca^{2+} 0,1 М. Який осад утвориться?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 Cr^{3+}/Cr, В$	$E^0 Cr(OH)_3/Cr, В$
14	Cr^{3+}/Cr	-0,74	-1,3

9. Є дві оксид-пари: MnO_4^-/Mn^{2+} і NO_3^-/NO . Обчислити ЕРС системи, вказати напрям проходження реакції та написати рівняння реакції.
10. Обчислити молярну концентрацію CN^- і частку (%) розпаду комплексного іону у 1М розчині дикалій тетраціаноніколату. $K_{нест}([Ni(CN)_4]^{2-}) = 1 \cdot 10^{-31}$.

Варіант 15

1. Обчисліть активну концентрацію $a_{Cr^{3+}}$ у розчинах:
- 0,05 М $Cr_2(SO_4)_3$;
 - 0,01 М $Cr_2(SO_4)_3$ у присутності 0,05 М NaCl;
 - 0,01 М $Cr_2(SO_4)_3$ у присутності 0,01 М Na_2SO_4 .
2. Розрахуйте рН та рОН 0,3 М розчину валеріанової кислоти; 0,1 М $Sr(OH)_2$; 0,1 М розчину етиламіну; 0,01 М розчину нітриту натрію; розчину, який містить по 0,01 моль розчинів гідроксиду та хлориду амонію.

3. Як зміниться рН розчину, що містить 10^{-5} моль/л КОН, при додаванні до 1 л цього розчину 0,001 моль хлороводневої кислоти?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів Ca^{2+} , Cu^{2+} , Al^{3+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Якою буде розчинність осаду SrSO_4 :
- у воді при 25°C ;
 - в розчині з молярною концентрацією KNO_3 0,02 М;
 - в 0,01 М розчині Na_2SO_4 ?
6. Чи утвориться осад $\text{Cu}(\text{OH})_2$ при $\text{pH} = 5$, якщо концентрація іонів $\text{Cu}^{2+} = 1 \cdot 10^{-6}$ М? $\text{ДР } \text{Cu}(\text{OH})_2 = 8,3 \cdot 10^{-20}$.
7. До розчину з молярними концентраціями SO_4^{2-} 0,1 М і CO_3^{2-} 0,05 М додають розчин з молярною концентрацією Ba^{2+} 0,1 М. Який осад утвориться?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища ($\text{pH} = 2$) до лужного ($\text{pH} = 14$)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 \text{Ca}^{2+}/\text{Ca}, \text{В}$	$E^0 \text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Ca}, \text{В}$
15	Ca^{2+}/Ca	-2,79	-3,03

9. Підтвердити розрахунками можливість проходження реакції і скласти рівняння реакції між станум дихлоридом і ферум три хлоридом.
10. Є розчини однакової молярної концентрації дикалій тетраціаномеркурату і дикалій тетрайодомеркурату. В якому розчині більша молярна концентрація Hg^{2+} ? Відповідь підтвердять

обчисленнями, якщо константи нестійкості комплексних іонів $K_{\text{нест}}([\text{HgI}_4]^{2-}) = 1,48 \cdot 10^{-30}$, $K_{\text{нест}}([\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}) = 3,09 \cdot 10^{-42}$.

Варіант 16

1. Обчисліть активну концентрацію $a_{\text{NO}_3^-}$ у розчинах:
 - а) 0,01 М $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$;
 - б) 0,01 М KNO_3 у присутності 0,05 М CaCl_2 ;
 - в) 0,01 М KNO_3 у присутності 0,01 М $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.
2. Розрахуйте рН та рОН 0,5 М розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$; 0,05 М розчину гідросульфїту натрію; 0,01 М розчину бензойної кислоти; розчину, який містить по 0,03 моль розчинів гідроксиду та хлориду амонію.
3. До 2 л 0,17 М розчину амоніаку додали 2 л 0,18 М розчину NH_4Cl . Як зміниться рН отриманого розчину, якщо до нього додати ще 0,5 моль HCl ?
4. Напишіть схему розділення суміші катіонів Na^+ , Mg^{2+} , Pb^{2+} дією NaOH і NH_4OH . Підтвердіть цю схему хімічними рівняннями. Запропонуйте рівняння реакцій визначення цих катіонів.
5. Якою буде розчинність осаду $\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$:
 - 1) у воді в розчині з молярною концентрацією HClO_4 0,03 М при 25 °С;
 - 2) в розчині з молярною концентрацією HClO_4 0,03 М;
 - 3) в 0,1 М розчині $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$?
6. Чи випаде осад BaSO_4 при змішуванні $1 \cdot 10^{-4}$ М розчинів BaCl_2 та H_2SO_4 ? $D_{\text{P}} \text{BaSO}_4 = 1,1 \cdot 10^{-10}$.

7. До розчину з молярними концентраціями F^- 0,02 М і $C_2O_4^{2-}$ 0,05 М додають розчин з молярною концентрацією Ca^{2+} 0,1 М. Який осад утвориться?
8. Як зміниться потенціал пари, наведеної в таблиці, при переході від кислого середовища (рН 2) до лужного (рН 14)? Напишіть відповідні рівняння реакцій. Закінчити рівняння реакцій з використанням методу електронно-іонного балансу:

№ варіанту	Пара	$E^0 Ag^+/Ag, В$	$E^0 Ag_2O/Ag, В$
16	Ag^+/Ag	+0,799	+0,342

9. Підтвердити розрахунками можливість проходження реакції і скласти рівняння реакції між станум дихлоридом і бромною водою.
10. Обчислити молярну концентрацію Co^{2+} і частку (%) розпаду комплексного іону у 0,2 М розчині гексаамінкобальт трихлориду.
 $K_{нест}([Co(NH_3)_6]^{3+}) = 6,16 \cdot 10^{-36}$.

2.5.3. Змістовий модуль 3

Основні принципи кількісного аналізу.

Хімічні методи кількісного аналізу

Приклади розв'язування задач

ТЕМА: РОЗРАХУНКИ КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕЧОВИНИ В РОЗЧИНІ

Приклад 1

Із мінералу азуриту $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ масою 69,2 г добуто мідь. Обчислити масу міді.

Розв'язання

Мідь було добуто за схемою: $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 \rightarrow 3\text{Cu}$.

Звідси видно, що кількість речовини міді в 3 рази більше, ніж кількість речовини азуриту:

$$n(\text{Cu}) = 3 \cdot n(\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2).$$

Обчислимо кількість речовини азуриту :

$$n(\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2) = \frac{m(\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2)}{M(\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2)} = \frac{69,2}{346} = 0,2 \text{ моль.}$$

Тоді $n(\text{Cu}) = 3 \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,6 \text{ моль}$.

Маса міді дорівнює:

$$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 0,6 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 38,4 \text{ г.}$$

Приклад 2

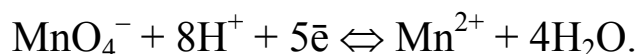
Скласти рівняння реакції окислення пероксиду водню H_2O_2 перманганатом калію KMnO_4 у кислому середовищі. Як відносяться між собою кількості речовини реагентів, що вступили до реакції?

Розв'язання

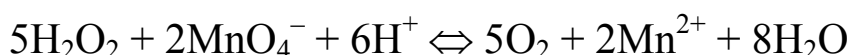
Рівняння напівреакції окислення пероксиду водню H_2O_2 :



Рівняння напівреакції відновлення перманганату в кислому середовищі:



Додамо ці рівняння, помноживши перше на коефіцієнт 5, а друге на коефіцієнт 2, щоб зрівняти кількість електронів:



Звідси: $n(\text{H}_2\text{O}_2) / 5 = n(\text{MnO}_4^-) / 2$, тобто кількість речовини H_2O_2 , що прореагувала з MnO_4^- , у 2,5 разів більша кількості речовини MnO_4^- .

Приклад 3

Молярна концентрація розчину сульфатної кислоти $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4,5 \text{ M}$, густина розчину $\rho = 1,260 \text{ г/см}^3$. Обчислити масову частку H_2SO_4 в розчині.

Розв'язання

Масова частка H_2SO_4 дорівнює відношенню маси H_2SO_4 до маси m розчину, в якому вона знаходиться:

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4)\% = 100\% \cdot \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m}.$$

Припустимо, що порція розчину має об'єм 1 л; тоді її маса дорівнює: $m = V \cdot \rho = 1000 \text{ см}^3 \cdot 1,260 \text{ г/см}^3 = 1260 \text{ г}$.

В цьому розчині знаходиться 4,5 моль H_2SO_4 . Обчислимо масу цієї кількості речовини H_2SO_4 :

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4,5 \text{ моль} \cdot 98,08 \text{ г/моль} = 441,36 \text{ г.}$$

Звідси масова частка H_2SO_4 дорівнює:

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4)\% = 100\% \cdot 441,36 \text{ г} / 1260 \text{ г} = 35,03\%.$$

Приклад 4

Масова частка натрій гідроксиду в розчині дорівнює 2%. Густина розчину $1,020 \text{ г/см}^3$. Обчислити молярну концентрацію NaOH в розчині.

Розв'язання

Молярна концентрація NaOH дорівнює кількості речовини NaOH в 1 л розчину. Обчислимо масу порції розчину об'ємом 1 л: $m = V \cdot \rho = 1000 \text{ см}^3 \cdot 1,020 \text{ г/см}^3 = 1020 \text{ г}$.

Маса NaOH , що знаходиться в цьому розчині:

$$m(\text{NaOH}) = \omega(\text{NaOH})\% \cdot m / 100\% = 2\% \cdot 1020 \text{ г} / 100\% = 20,4 \text{ г.}$$

Тоді кількість речовини NaOH в 1 л розчину, тобто молярна концентрація NaOH дорівнює:

$$c(\text{NaOH}) = 20,4 \text{ г} / (39,997 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л}) = 0,5100 \text{ моль/л.}$$

Приклад 5

Як приготувати розчин об'ємом 200 мл з молярною концентрацією Na_2CO_3 0,05 М, якщо в лабораторії є:

- а) сухий карбонат натрію Na_2CO_3 ;
- б) кристалогідрат $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \cdot \text{H}_2\text{O}$;
- в) розчин з масовою часткою Na_2CO_3 10,21%;
- г) розчин з молярною концентрацією Na_2CO_3 1 М?

Розв'язання

а) розрахуємо масу карбонату натрію Na_2CO_3 , необхідну для приготування розчину. Кількість речовини Na_2CO_3 , що міститиметься в розчині, дорівнює:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V, \text{ з іншого боку,}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}.$$

Прирівнявши праві частини цих рівнянь, маємо:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V,$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,05 \text{ моль/л} \cdot 105,989 \text{ г/моль} \cdot 0,2 \text{ л} = 1,06 \text{ г.}$$

б) для обчислення маси кристалогідрату $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ скористаємось співвідношенням:

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}, \text{ звідки:}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}),$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 1,06 \text{ г} \cdot 286,142 \text{ г/моль} / 105,989 \text{ г/моль} = 2,86 \text{ г.}$$

Таким чином, для приготування розчину необхідно наважку Na_2CO_3 масою 1,06 г або наважку $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ масою 2,86 г внести в мірну колбу місткістю 200 мл, розчинити в невеликій кількості дистильованої води, довести до мітки дистильованою водою і ретельно перемішати.

в) згідно з визначенням масової частки розчиненої речовини, маса необхідної порції вихідного розчину дорівнює:

$$m = 100\% \cdot m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / \omega(\text{Na}_2\text{CO}_3)\%,$$

$$m = 100\% \cdot 1,06 \text{ г} / 10,21\% = 10,4 \text{ г.}$$

Розчин зважувати незручно, тому доцільно обчислити об'єм цієї порції. Необхідне значення густини розчину з масовою часткою Na_2CO_3 10,21% знаходимо в довіднику: $\rho = 1,105 \text{ г/см}^3$. Тоді об'єм дорівнює: $10,4 \text{ г} / 1,105 \text{ г/см}^3 = 9,41 \text{ см}^3$.

г) кількість речовини Na_2CO_3 , що міститиметься в розчині, можна виразити через концентрацію та об'єм як вихідного розчину, так і того, який треба приготувати:

$$c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V = c_{\text{вихідн.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V_{\text{вихідн.}}$$

Звідси $V_{\text{вихідн.}} = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V / c_{\text{вихідн.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3)$,

$$V_{\text{вихідн.}} = 0,05 \text{ моль/л} \cdot 200 \text{ мл} / 1 \text{ моль/л} = 10 \text{ мл}.$$

Таким чином, щоб приготувати розчин, необхідно внести в мірну колбу місткістю 200 мл 9,41 мл розчину з масовою часткою Na_2CO_3 10,21% або 10 мл розчину з молярною концентрацією Na_2CO_3 1 М, довести до мітки дистильованою водою і ретельно перемішати.

ТЕМА: ОБЧИСЛЕННЯ У ГРАВІМЕТРІЇ

Приклад 6

Виразити гравіметричні фактори при визначенні компонентів, якщо гравіметричною формою є речовини:

а) Ag_2CrO_4 – визначають Ag

б) Fe_2O_3 – визначають FeO

Розв'язування

а) Ag_2CrO_4 – визначають Ag

$$F = M_{\text{виз.}} / M_{\text{гр.ф.}}; F = (2 \cdot 107,868) / 331,7324 = 0,65$$

б) Fe_2O_3 – визначають FeO

$$F = (2 \cdot 71,84) / 159,68 = 0,899$$

Приклад 7

Розрахувати наважку залізного колчедану для аналізу сірки у вигляді BaSO_4 , якщо вважається, що їх приблизно міститься до 50%.

Розв'язування

$$m_{\text{н}} = \frac{0,5 \cdot F \cdot 100}{w}, \text{ де } m_{\text{н}} - \text{маса наважки речовини};$$

F – гравіметричний фактор; w – приблизний склад досліджуємої речовини, %. 0,5 – максимальна маса гравіметричної форми для кристалічних осадів, до яких відносять осад BaSO_4 .

$$m_{\text{н}} = \frac{0,5 \cdot 32 \cdot 100}{233 \cdot 50} = 0,137 \text{ (г)}$$

Приклад 8

Можна чи ні за допомогою гравіметричного методу визначити кремній в сталі, якщо його вміст $\leq 0,1\%$.

Розв'язування

Кремній визначають в вигляді аморфного осаду SiO_2 . Тому гравіметричний фактор дорівнює $F = 28,086 / 60,086 = 0,4674$. Максимальна маса гравіметричної форми в випадку аморфних осадів – 0,1 г.

$$m_{\text{н}} = \frac{0,1 \cdot 0,4674 \cdot 100}{0,1} = 46,74 \text{ (г)}$$

В гравіметрії наважка повинна бути $0,1 \div 0,5$ г, тому визначити кремній в сталі гравіметричним методом не можливо.

Приклад 9

0,543 г проби, яка містить CdS та інертні домішки, прожарили на повітрі для кількісного перетворення CdS в CdSO₄. Маса осаду після прожарювання 0,674 г. Розрахуйте відсотковий вміст Cd у пробі.

Розв'язування

За методом осадження вміст речовини визначають за формулою:

$$W = \frac{m_{\text{гр.ф.}} \times F}{m_{\text{н}}} \times 100, \text{ де } W - \text{склад речовини, яку аналізують, \%}$$

$m_{\text{гр.ф.}}$ – маса гравіметричної форми, г.

F – гравіметричний фактор

$$F = 112,41 / (112,41 + 32,066 + 64) = 0,539.$$

$m_{\text{н}}$ – маса наважки речовини, г.

$$W = \frac{0,674 \times 0,539}{0,543} \times 100 = 66,9\%.$$

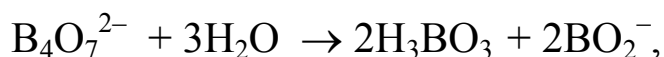
ТЕМА: РОЗРАХУНКИ В ТИТРИМЕТРІЇ

Приклад 10

Наважку бури Na₂B₄O₇·10H₂O масою 0,3221 г розчинили у воді. На титрування одержаного розчину витрачено 16,85 мл розчину хлороводневої кислоти. Обчислити молярну концентрацію HCl в розчині.

Розв'язування

Бура при розчиненні взаємодіє з водою:



Утворений метаборат титрують кислотою:



На 1 моль бури при титруванні витрачається 2 моль H^+ :

$$n(\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) = n(\text{H}^+) / 2.$$

$$n(\text{B}_4\text{O}_7^{2-}) = n(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) / M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}).$$

Кількість речовини H^+ – через концентрацію HCl та об'єм розчину, який витрачено на титрування: $n(\text{H}^+) = n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V$.

Підставивши останні два вирази в рівняння для кількостей речовини, маємо:

$$m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) / M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = c(\text{HCl}) \cdot V / 2, \text{ звідки}$$

$$c(\text{HCl}) = 2m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) / M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V.$$

В результаті обчислень одержуємо:

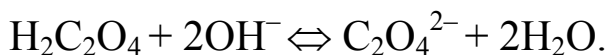
$$c(\text{HCl}) = \frac{2 \cdot 0,3221 \text{ г}}{381,37 \text{ г/моль} \cdot 0,01685 \text{ л}} = 0,1002 \text{ моль/л}$$

Приклад 11

Наважку кристалогідрату щавлевої кислоти масою 1,2922 г розчинено в мірній колбі місткістю 250 мл. На титрування 25 мл одержаного розчину витрачено 20,50 мл розчину гідроксиду натрію. Обчислити молярну концентрацію NaOH в розчині.

Розв'язання

Титрування відбувається за рівнянням:



В точці стехіометричності виконується співвідношення:

$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = n(\text{OH}^-) / 2.$$

Кількість речовини щавлевої кислоти, що титрується, дорівнює:

$$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V_{\text{ал}}}{M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V_{\text{к}}},$$

де $V_{ал}$ — об'єм аліквоти (частини розчину, взятої для титрування);

V_k — місткість мірної колби, в якій розчинено наважку.

Кількість речовини гідроксиду натрію доцільно виразити через концентрацію та об'єм:

$$n(\text{OH}^-) = c(\text{NaOH}) \cdot V.$$

Одержані вирази для кількостей речовини щавлевої кислоти та гідроксиду натрію підставимо в стехіометричне відношення.

$$\text{Тоді маємо: } \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot V_{ал}}{M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot V_k} = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V}{2}.$$

Звідси концентрація гідроксиду натрію дорівнює:

$$\begin{aligned} c(\text{NaOH}) &= \frac{2 \cdot m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot V_{ал}}{M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot V_k \cdot V} = \\ &= \frac{2 \cdot 1,2922 \text{ г} \cdot 25 \text{ мл}}{126,066 \text{ г / м о ль} \cdot 0,250 \text{ л} \cdot 20,5 \text{ мл}} = 0,1000 \text{ м о ль / л}. \end{aligned}$$

Перелік питань для підготовки до поточних контрольних робіт

МОДУЛЯ 3

КР № 4

«Розрахунки концентрації речовини в розчині»

1. Способи вираження концентрації розчинів.
2. Еквівалент. Молярна маса еквівалента.
3. Молярна концентрація.
4. Молярна концентрація еквівалента.
5. Розчини точної та приблизної концентрації, посуд для вимірювання їх об'єму.
6. Первинні стандарти, вимоги до них. Стандарт-титри. Вторинні стандарти.
7. Молярна концентрація розчину сірчаної кислоти $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4,5 \text{ M}$, густина розчину $\rho = 1,260 \text{ г/см}^3$. Обчислити масову частку H_2SO_4 в розчині.
8. Масова частка гідроксиду натрію в розчині дорівнює 2%. Густина розчину $1,020 \text{ г/см}^3$. Обчислити молярну концентрацію NaOH в розчині.
9. Як приготувати розчин об'ємом 200 мл з молярною концентрацією Na_2CO_3 0,05 моль/л, якщо в лабораторії є:
 - а) сухий карбонат натрію Na_2CO_3 ;
 - б) кристалогідрат $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;
 - в) розчин з масовою часткою Na_2CO_3 10,21%;
 - г) розчин з молярною концентрацією Na_2CO_3 1 M?
10. Як приготувати розчин об'ємом 500 мл з молярною концентрацією NaOH 6 M, якщо в лабораторії є:

- а) насичений розчин гідроксиду натрію, густина якого $1,53 \text{ г/см}^3$;
- б) розчин з масовою часткою NaOH $40,0\%$;
- в) розчин з молярною концентрацією NaOH 10 М ?

11. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см^3
H_2SO_4	10	1,290

12. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см^3
H_3PO_4	40	1,254

13. Розрахувати масову частку лимонної кислоти в розчині, якщо змішали 300 г розчину цієї кислоти з масовою часткою 25% та 400 г розчину кислоти з масовою часткою 40% .

КР № 5

«Обчислення у гравіметрії»

1. Обчислення величини наважки, об'єму осаджувача, об'єму розчину, результату аналізу.
2. Гравіметричний фактор.
3. Виразити гравіметричні фактори при визначенні компонентів, якщо гравіметричною формою є речовини:
 - а) Ag_2CrO_4 – визначають Ag ;

б) Fe_2O_3 – визначають FeO .

4. Розрахувати наважку залізного колчедану для аналізу сірки в вигляді BaSO_4 , якщо вважається, що їх приблизно міститься до 50%.
5. Можна чи ні гравіметрично визначити кремній в сталі, якщо його вміст $\leq 0,1\%$.
6. 0,543 г проби, яка містить CdS та інертні домішки, прожарили на повітрі для кількісного перетворення CdS в CdSO_4 . Маса осаду після прожарювання 0,674 г. Розрахуйте відсотковий вміст Cd у пробі.
7. Масова частка хлориду натрію в речовині складає 20%, а хлориду калію – 30%. Яку наважку речовини треба взяти для визначення хлориду у вигляді AgCl , щоб маса осаду після висушування дорівнювала 0,5 г?
8. Розчинено наважку сплаву масою 2,000 г з масовою часткою срібла 22%. Для осадження срібла використовують розведений у відношенні 1:100 розчин хлороводневої кислоти з густиною 1,17 г/мл. Який об'єм розчину кислоти необхідно взяти, якщо осадження проводиться в умовах півторакратного надлишку кислоти.
9. Наважку вапняку масою 0,9866 г розчинено і в розчині осаджено кальцій і магній. Маса прожареного осаду CaCO_3 дорівнює 0,6702 г, а маса прожареного осаду $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ – 0,4105 г. Чому дорівнюють масові частки карбонатів кальцію та магнію у вапняку?

КР № 6

«Розрахунки в титриметрії»

1. Розрахунки в титриметрії. Закон еквівалентів.
2. Визначення точки стехіометричності розрахунковим та графічним методами. Індикатори методу. Загальні правила вибору індикатору та побудови кривих титрування.
3. Метод кислотно-основного титрування. Розрахунок кривих кислотно-основного титрування. Правила вибору кислотно-основних індикаторів. Виготовлення і стандартизація розчину гідроксиду натрію і соляної кислоти. Первинні стандарти для встановлення концентрації розчинів кислот і лугів. Титрування одноосновних та багатоосновних кислот, амоніаку.
4. Методи окислювально-відновного титрування. Обчислення електрохімічного потенціалу в точці еквівалентності.
5. Методи комплексометричного титрування. Способи комплексометричного титрування: пряме, зворотне, заміщення.
6. Методи осаджувального титрування. Класифікація методів за природою титранта. Аргентометрія. Методи Фольгарда, Мора, Фаянса. Індикатори методів осадження.
7. Наважку бури $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ масою 0,3221 г розчинили у воді. На титрування одержаного розчину витрачено 16,85 мл розчину HCl . Обчислити молярну концентрацію HCl в розчині.
8. Наважку кристалогідрату щавлевої кислоти масою 1,2922 г розчинено в мірній колбі місткістю 250 мл. На титрування 25 мл одержаного розчину витрачено 20,50 мл розчину гідроксиду натрію. Обчислити молярну концентрацію.

9. Розчин об'ємом 25 мл з масовою часткою H_2O_2 3% ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$) внесено в мірну колбу місткістю 250 мл та доведено до мітки дистильованою водою. Який об'єм такого розчину необхідно взяти, щоб на титрування йоду, що виділяється після підкислення розчину та додавання надлишку KI , витрачалось 34,60 мл розчину з молярною концентрацією $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1275 моль/л?
10. На титрування 20 мл розчину натрій гідроксиду витрачено 25 мл 0,1 М розчину сульфатної кислоти. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента натрій гідроксиду в розчині.
11. Знайдіть масу Na_2CO_3 у розчині, якщо відомо, що на титрування 25 мл цього розчину витрачено 24 мл розчину HCl , титр якого за Na_2CO_3 дорівнює 0,05333 г/мл.
12. Для стандартизації розчину з молярною концентрацією KMnO_4 близько 0,02 М використовують наважки кристалогідрату щавлевої кислоти $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Об'єм розчину, який буде витрачено на титрування, не повинен перебільшувати 20,0 мл. Визначити масу наважки щавлевої кислоти.
13. Наважку технічної ортофосфорної кислоти масою 0,300 г розчинено у воді. На титрування одержаного розчину в присутності індикатора фенолфталеїну витрачено 20,85 мл розчину з молярною концентрацією NaOH 0,1921 М. Чому дорівнює масова частка H_3PO_4 в технічній кислоті?
14. Побудувати криву титрування 0,01 н розчину соди 0,01 н розчином NaOH . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

СРС 2. Варіанти контрольних робіт

для самостійної роботи студентів до змістового модуля № 3 Основні принципи кількісного аналізу. Хімічні методи кількісного аналізу: гравіметрія та титриметрія

Завдання № 1-10 оцінюється по 0, 5 балів (всього 5 балів)

Варіант 1

1. Як приготувати розчин об'ємом 500 мл з молярною концентрацією NaOH 6 М, якщо в лабораторії є:
 - а) насичений розчин гідроксиду натрію, густина якого 1,53 г/см³;
 - б) розчин з масовою часткою NaOH 40,0%;
 - в) розчин з молярною концентрацією NaOH 10 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
1	H ₂ SO ₄	10	1,290

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
1	H ₃ PO ₄	40	1,254

4. Розрахувати масову частку лимонної кислоти в розчині, якщо змішали 300 г розчину цієї кислоти з масовою часткою 25% та 400 г розчину кислоти з масовою часткою 40%.

5. Яку вагу тіосечовини $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$ необхідно додати до розчину, що містить 0,12 г іридію, для осадження Ir_2S_3 десятикратною кількістю осаджувача?
6. Який об'єм 0,5 М Na_2HPO_4 потрібен для осадження магнію у вигляді MgNH_4PO_4 з 0,5 г сплаву, що містить 90% Mg, при стехіометричному співвідношенні реагуючих речовин?
7. Наважку вапняку масою 0,9866 г розчинено і в розчині осаджено кальцій і магній. Маса прожареного осаду CaCO_3 дорівнює 0,6702 г, а маса прожареного осаду $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ – 0,4105 г. Чому дорівнюють масові частки карбонатів кальцію та магнію у вапняку?
8. Для стандартизації розчину з молярною концентрацією KMnO_4 близько 0,02 М використовують наважки кристалогідрату щавлевої кислоти $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Об'єм розчину, який буде витрачено на титрування, не повинен перебільшувати 20,0 мл. Визначити масу наважки щавлевої кислоти.
9. Наважку технічної ортофосфорної кислоти масою 0,300 г розчинено у воді. На титрування одержаного розчину в присутності індикатора фенолфталеїну витрачено 20,85 мл розчину з молярною концентрацією NaOH 0,1921 М. Чому дорівнює масова частка H_3PO_4 в технічній кислоті?
10. Побудувати криву титрування 0,1 н розчину соди 0,1 н розчином NaOH . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 2

1. Як приготувати розчин об'ємом 250 мл з молярною концентрацією KMnO_4 0,02 М, якщо в лабораторії є:
 - а) сухий перманганат калію KMnO_4 ;
 - б) розчин з масовою часткою KMnO_4 5% (густина розчину вважати рівною 1 г/см^3);
 - в) розчин з молярною концентрацією KMnO_4 0,5 М?

2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см^3
2	NH_3	15	0,898

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см^3
2	H_3PO_4	18	1,100

4. Скільки води треба додати до 200 мл HCl $\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$, щоб одержати кислоту з густиною $1,1 \text{ г/см}^3$?
5. Який об'єм 0,1 М AgNO_3 потрібен для осадження хлору з 1,0 г суміші, яка містить однакові маси (г) $\text{BaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ і NaCl , якщо осаджувач додається у півторакратній кількості?
6. Зразок гашеного вапна містить приблизно 15% домішок. Яку наважку вапна треба взяти для визначення у ній Ca у виді CaCl_2 ?

7. Із наважки силікату масою 0,7524 г одержано суміш хлоридів калію та натрію масою 0,2415 г. Із цієї суміші отримано осад K_2PtCl_6 , маса якого після прожарювання дорівнює 0,2760 г. Чому дорівнюють масові частки K_2O та Na_2O в силікаті?
8. На титрування 20 мл розчину калій гідроксиду витрачено 25 мл 0,1 М розчину хлоридної кислоти. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента калій гідроксиду в розчині.
9. Розчин об'ємом 25 мл з масовою часткою H_2O_2 3% ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$) внесено в мірну колбу місткістю 250 мл та доведено до мітки дистильованою водою. Який об'єм такого розчину необхідно взяти, щоб на титрування йоду, що виділяється після підкислення розчину та додавання надлишку KI, витрачалось 34,60 мл розчину з молярною концентрацією $Na_2S_2O_3$ 0,1275 М?
10. Побудувати криву титрування 0,05н розчину оцтової кислоти 0,05 н розчином NaOH. Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 3

1. Як приготувати розчин об'ємом 100 мл з молярною концентрацією сульфатної кислоти 3 М, якщо в лабораторії є:
 - а) концентрована сульфатної кислота густиною 1,83 г/см³;
 - б) розчин з масовою часткою H_2SO_4 60,17%;
 - в) розчин з молярною концентрацією H_2SO_4 18 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
3	HCl	6	1,098

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
3	Na ₂ SO ₄	12,43	1,120

4. Який об'єм води треба додати до 100 мл розчину H₂SO₄ з масовою часткою 20,08% ($\rho = 1,14$ г/см³), щоб одержати розчин з масовою часткою 5,0%?
5. Розрахувати мінімальну наважку руди, яка містить 10% заліза, при визначенні його гравіметричним методом.
6. Який об'єм розчину NH₃ з масовою часткою 2% необхідно взяти для осадження заліза з 0,2 г руди, що містить 20% Fe₂O₃, при стехіометричному співвідношенні реагуючих речовин?
7. Наважку масою 0,1225 г суміші хлоридів калію та натрію розчинено і хлорид осаджено нітратом срібла. Маса осаду AgCl дорівнює 0,2850 г. Чому дорівнюють масові частки хлоридів калію та натрію в суміші?
8. На титрування 20 мл розчину натрій гідроксиду витрачено 25 мл 0,1 М розчину сульфатної кислоти. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента натрій гідроксиду в розчині.
9. Розрахувати молярну концентрацію та титр розчину NaOH, якщо на титрування наважки H₂C₂O₄·2H₂O масою 0,159 г, яку розчинили у воді, витрачено 24,6 мл розчину NaOH.

10. Побудувати криву титрування 0,5 н розчину мурашиної кислоти 0,5 н розчином NaOH. Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 4

- Як приготувати розчин об'ємом 200 мл з молярною концентрацією азотної кислоти 2,5 М, якщо в лабораторії є:
 - концентрована азотна кислота густиною 1,37 г/см³;
 - розчин з масовою часткою HNO₃ 30%;
 - розчин з молярною концентрацією HNO₃ 12 М?
- В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
4	HNO ₃	6	1,190

- В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
4	NaOH	20	1,220

- Який об'єм води треба додати до 100 мл розчину H₂SO₄ з масовою часткою 20,08% ($\rho = 1,14$ г/см³), щоб одержати розчин з масовою часткою 5,0%?

5. Масова частка хлориду натрію в речовині складає 20%, а хлориду калію – 30%. Яку наважку речовини треба взяти для визначення хлориду у вигляді AgCl , щоб маса осаду після висушування дорівнювала 0,5 г?
6. Розчинено наважку сплаву масою 2,000 г з масовою часткою срібла 22%. Для осадження срібла використовують розведений у відношенні 1:100 розчин хлороводневої кислоти з густиною $1,17 \text{ г/см}^3$. Який об'єм розчину кислоти необхідно взяти, якщо осадження проводиться в умовах півторакратного надлишку кислоти.
7. Наважку вапняку масою 0,9866 г розчинено і в розчині осаджено кальцій і магній. Маса прожареного осаду CaCO_3 дорівнює 0,6702 г, а маса прожареного осаду $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ – 0,4105 г. Чому дорівнюють масові частки карбонатів кальцію та магнію у вапняку?
8. На титрування 20 мл розчину натрій гідроксиду витрачено 25 мл 0,1 М розчину сульфатної кислоти. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента натрій гідроксиду в розчині.
9. Знайдіть масу Na_2CO_3 у розчині, якщо відомо, що на титрування 25 мл цього розчину витрачено 24 мл розчину HCl , титр якого за Na_2CO_3 дорівнює 0,05333 г/мл.
10. Побудувати криву титрування 0,01 н розчину соди 0,01 н розчином NaOH . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 5

1. Як приготувати розчин об'ємом 250 мл з молярною концентрацією хлороводневої кислоти 0,05 М, якщо в лабораторії є:
 - а) концентрована хлороводнева кислота густиною 1,17 г/см³;
 - б) розчин з масовою часткою HCl 9,5%;
 - в) розчин з молярною концентрацією HCl 1,2 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
5	CH ₃ COOH	6	1,043

2. В таблиці наведено: формулу речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
5	NaNO ₃	40	1,320

4. Які об'єми 2,0 та 6,0 М розчинів потрібно змішати для приготування 500 мл 3,0 М розчину?
5. При визначенні магнію одержують осад MgNH₄PO₄ і прожарюють його. Маса осаду Mg₂P₂O₇, який утворюється після прожарювання MgNH₄PO₄, не повинна перевищувати 0,3 г. Яку наважку речовини з масовою часткою MgCO₃ 40% треба взяти для визначення магнію?
6. Наважку алюмоамонійних галунів масою 0,9656 г розчинено у воді. Для осадження алюмінію використовують розчин з масовою

часткою амоніаку 2% ($\rho = 0,990 \text{ г/см}^3$). Який об'єм розчину амоніаку необхідно взяти, якщо осадження проводиться в умовах двократного надлишку осаджувача?

7. Із наважки сплаву масою 0,2545 г одержано осад оксиду алюмінію Al_2O_3 масою 0,2004 г та осад оксиду кремнію SiO_2 масою 0,0518 г. Чому дорівнюють масові частки алюмінію і кремнію у сплаві?
8. На титрування 25 мл розчину сульфатної кислоти витрачено 20 мл 0,2 М розчину натрій гідроксиду. Обчислити молярну концентрацію речовини еквівалента сульфатної кислоти в розчині.
9. Знайдіть масу Na_2CO_3 у розчині, якщо відомо, що на титрування 20 мл цього розчину витрачено 22 мл розчину HCl , титр якого за Na_2CO_3 дорівнює 0,05333 г/мл.
10. Побудувати криву титрування 0,02 н розчину амоніаку 0,1 н розчином HCl . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 6

1. Як приготувати розчин об'ємом 500 мл з молярною концентрацією ортофосфорної кислоти 0,5 М, якщо в лабораторії є:
 - а) концентрована ортофосфорна кислота густиною $1,72 \text{ г/см}^3$;
 - б) розчин з масовою часткою H_3PO_4 25,57%;
 - в) розчин з молярною концентрацією H_3PO_4 12 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
6	H ₃ PO ₄	0,6	1,031

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
6	H ₂ SO ₄	9,3	1,050

4. Скільки води потрібно додати до 1 л розчину HNO₃, густина якого 1,405 г/см³, щоб одержати розчин нітратної кислоти з густиною 1,193 г/см³?
5. Масова частка карбонату кальцію в вапняку складає близько 75%. Яку наважку вапняку треба взяти для визначення кальцію у вигляді CaCO₃, щоб маса осаду після прожарювання дорівнювала 0,1 г?
6. Для осадження хлориду срібла до 200 мл розчину з молярною концентрацією хлориду натрію 0,01 М додають розчин з масовою часткою нітрату срібла 3,4%. Обчислити масу розчину нітрату срібла, необхідного для осадження AgCl в умовах двократного надлишку осаджувача.
7. Із наважки сталі масою 1,000 г одержано осадки SiO₂ і WO₃ масою 0,1021 г. Після обробки осадів фтороводневою кислотою та відділення кремнію маса осаду WO₃ дорівнювала 0,0712 г. Чому дорівнюють масові частки кремнію та вольфраму в сталі?
8. Наважку кристалогідрату щавлевої кислоти H₂C₂O₄·2H₂O масою 0,5445 г розчинено в мірній колбі місткістю 100 мл. На титрування

20,00 мл одержаного розчину витрачено 18,34 мл розчину NaOH.

Чому дорівнює молярна концентрація NaOH в розчині?

9. Наважку солі Мора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ масою 0,6779 г розчинено у воді. На титрування одержаного розчину витрачено 15,45 мл розчину з молярною концентрацією KMnO_4 0,0223 М. Чому дорівнює масова частка заліза в солі Мора?

10. Побудувати криву титрування 0,5 н розчину карбоната натрію 0,5 н розчином HCl . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 7

1. Як приготувати розчин об'ємом 200 мл з молярною концентрацією хлорної кислоти 0,1 М, якщо в лабораторії є:
- а) концентрована хлорна кислота густиною 1,21 г/см³;
 - б) розчин з масовою часткою HClO_4 20,26%;
 - в) розчин з молярною концентрацією HClO_4 1,2 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
7	HClO_4	2	1,115

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
7	Na ₂ CO ₃	15	1,160

4. В яких співвідношеннях по масі та об'єму треба змішати 54% розчин HNO₃ ($\rho = 1,33 \text{ г/см}^3$) з 14%-ним розчином кислоти ($\rho = 1,08 \text{ г/см}^3$), щоб одержати 20% розчин?
5. При визначенні свинцю у вигляді сульфату свинцю маса осаду не повинна перевищувати 0,1 г. Яку наважку сплаву треба взяти для аналізу, якщо масова частка свинцю у сплаві 15%?
6. Розчинено наважку оксиду кальцію масою 0,3500 г. Для осадження кальцію використовують розведений у відношенні 1:10 розчин сірчаної кислоти з густиною 1,24 г/см³. Який об'єм розчину кислоти необхідно взяти, якщо осадження проводиться в умовах двократного надлишку кислоти?
7. Наважку вапняку масою 0,9866 г розчинено і в розчині осаджено кальцій і магній. Маса прожареного осаду CaCO₃ дорівнює 0,6702 г, а маса прожареного осаду Mg₂P₂O₇ – 0,4105 г. Чому дорівнюють масові частки карбонатів кальцію та магнію у вапняку?
8. Для визначення вмісту основного компонента в фармацевтичному препараті “Кислота саліцилова” наважку препарату масою 0,2508 г розчинено в 15,0 мл етанолу, нейтралізованого за фенолфталеїном. Одержаний розчин відтитровано розчином з молярною концентрацією гідроксиду натрію 0,1010 М в присутності того ж індикатора до появи малинового забарвлення. На титрування витрачено 17,90 мл титранту. Чому дорівнює масова частка саліцилової кислоти в препараті?

9. На титрування розчину, що містить мідь, витрачено 15,20 мл розчину з молярною концентрацією трилону Б 0,0405 М. Чому дорівнює вміст міді в розчині в г?
10. Побудувати криву титрування 0,1 н розчину FeCl_2 0,1 н розчином KMnO_4 . Потрібний чи ні індикатор в даному випадку?

Варіант 8

1. Як приготувати розчин об'ємом 500 мл з молярною концентрацією оцтової кислоти 1,5 М, якщо в лабораторії є:
- а) концентрована оцтова кислота густиною 1,05 г/см³;
 - б) розчин з масовою часткою CH_3COOH 70%;
 - в) розчин з молярною концентрацією CH_3COOH 6 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
8	КОН	3	1,140

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
8	KCl	8	1,050

4. До якого об'єму потрібно розбавити 0,2 л 0,25 М розчину CH_3COOH , щоб одержати розчин з титром 6,1 мг/мл?

5. Масова частка олова у сплаві складає близько 15%. Яку наважку сплаву треба взяти для визначення олова у вигляді SnO_2 , щоб маса осаду після прожарювання дорівнювала 0,2 г?
6. Для осадження броміду до 200 мл розчину з молярною концентрацією броміду калію 0,05 М додають розчин з масовою часткою нітрату срібла 5%. Обчислити масу розчину AgNO_3 , необхідного для осадження, якщо осадження проводиться в умовах двократного надлишку розчину нітрату срібла.
7. Із наважки силікату масою 0,7524 г одержано суміш хлоридів калію та натрію масою 0,2415 г. Із цієї суміші отримано осад K_2PtCl_6 , маса якого після прожарювання дорівнює 0,2760 г. Чому дорівнюють масові частки K_2O та Na_2O в силікаті?
8. Наважку масою 1,000 г мінералу з масовою часткою заліза 50% розчинено в кислоті, а залізо відновлено до Fe^{2+} . Одержаний розчин перенесено в мірну колбу місткістю 200 мл і доведено до мітки дистильованою водою. Який об'єм розчину з молярною концентрацією KMnO_4 0,0209 М буде витрачено на титрування 50 мл такого розчину?
9. Для визначення вмісту основного компонента в фармацевтичному препараті “Літія карбонат” наважку попередньо висушеного препарату масою 0,7015 г розчинено в мірній колбі місткістю 250 мл і доведено дистильованою водою до мітки. 25 мл одержаного розчину відтитровано розчином з молярною концентрацією хлороводневої кислоти 0,1 М в присутності індикатора метилового оранжевого до зміни жовтого забарвлення

на рожеве. На титрування витрачено 18,85 мл розчину титранту.
Чому дорівнює масова частка Li_2CO_3 в препараті?

10. Побудувати криву титрування 0,01 н розчину гідроксиду натрію 0,01 н розчином HCl . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 9

- Як приготувати розчин об'ємом 500 мл з молярною концентрацією аміаку 1 М, якщо в лабораторії є:
 - концентрований розчин аміаку густиною $0,91 \text{ г/см}^3$;
 - розчин з масовою часткою NH_3 25%;
 - розчин з молярною концентрацією NH_3 15 М?
- В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см^3
9	NaOH	0,6	1,025

- В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см^3
9	H_2SO_4	39,2	1,300

4. Скільки води треба додати до 200 мл HCl ($\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$, відповідає 36% р-ну), щоб одержати кислоту з густиною $1,10 \text{ г/см}^3$ (20% розчин)?
5. Масова частка сульфату міді в речовині складає 75%. Яку наважку речовини треба взяти для визначення міді у вигляді осаду CuSCN , щоб маса осаду після висушування дорівнювала 0,3 г?
6. Для осадження оксалату кальцію до 200 мл розчину з молярною концентрацією CaCl_2 0,05 М додають розчин з масовою часткою оксалату амонію 2,5%. Обчислити масу розчину оксалату амонію, необхідного для осадження, якщо осадження проводиться в умовах двократного надлишку оксалату.
7. Наважку технічного продукту масою 0,9200 г розчинено і залізо осаджено розчином амоніаку. Маса осаду Fe_2O_3 після прожарювання дорівнює 0,2545 г. Чому дорівнює масова частка FeO в технічному продукті?
8. Наважку кристалогідрату щавлевої кислоти $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ масою 0,7510 г розчинено в мірній колбі місткістю 250 мл. На титрування 25,00 мл одержаного розчину витрачено 20,65 мл розчину KMnO_4 . Чому дорівнює молярна концентрація KMnO_4 в розчині?
9. Для визначення вмісту основного компонента в фармацевтичному препараті “Нашатирний спирт” наважку препарату масою 4,6245 г перенесено в мірну колбу місткістю 100,05 мл і доведено дистильованою водою до мітки. На титрування 10,04 мл одержаного розчину в присутності індикатора метилового оранжевого витрачено 23,50 мл розчину з молярною концентрацією сульфатної кислоти 0,0554М. При цьому жовте

забарвлення розчину змінилось на червоне. Чому дорівнює масова частка NH_3 в препараті?

10. Побудувати криву титрування 0,05 н розчину амоніаку ($pK= 4,76$) 0,1 н розчином HCl . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 10

1. Як приготувати розчин об'ємом 200 мл з молярною концентрацією тіосульфату натрію $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,05 М, якщо в лабораторії є:
- а) кристалогідрат $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
 - б) розчин з масовою часткою $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 5% (густина розчину вважати рівною 1 г/см^3);
 - в) розчин з молярною концентрацією $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 1 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см^3
10	Na_2CO_3	1,5	1,145

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см^3
10	HNO_3	65	1,400

4. До якого об'єму потрібно розбавити 0,5 л 0,5 М розчину КОН, щоб одержати розчин з титром 5,6 мг/мл?
5. При визначенні стронцію одержують осад SrCO_3 і прожарюють його. Маса прожареного осаду не повинна перебільшувати 0,5 г. Яку наважку речовини з масовою часткою сульфату стронцію 25% треба взяти для визначення стронцію?
6. Розчинено наважку руди масою 2,00 г з масовою часткою Fe_2O_3 20%. Для осадження заліза в вигляді $\text{Fe}(\text{OH})_3$ використовують розчин з масовою часткою амоніаку 2% ($\rho = 0,99 \text{ г/см}^3$). Який об'єм розчину амоніаку необхідно взяти, якщо осадження проводиться в умовах півторакратного надлишку амоніаку?
7. Для визначення кобальту розчинено наважку сплаву масою 0,1012 г і до одержаного розчину додано розчин α -нітросо- β -нафтолу. Після прожарювання утвореного осаду одержано осад Co_3O_4 масою 0,1012 г. Чому дорівнює масова частка кобальту в сплаві?
8. На титрування витрачено 18,54 мл розчину NaOH , титр якого 0,003942 г/мл. Скільки грамів NaOH вступило в реакцію з речовиною, яку визначаємо?
9. Для визначення вмісту основного компоненту в фармацевтичному препараті "Бура" наважку препарату масою 3,9855 г розчинено у воді, перенесено в мірну колбу місткістю 250,02 мл і доведено дистильованою водою до мітки. На титрування 25,03 мл одержаного розчину в присутності індикатора метилового оранжевого витрачено 20,35 мл розчину з молярною концентрацією хлороводневої кислоти 0,1011 М. При цьому жовте

забарвлення розчину змінилось на червоне. Чому дорівнює масова частка $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в препараті?

10. Побудувати криву титрування 0,1 н розчину карбонату натрію 0,1 н розчином HCl . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 11

1. Як приготувати розчин об'ємом 100 мл з молярною концентрацією сульфату міді CuSO_4 0,05 М, якщо в лабораторії є:
- а) безводний сульфат міді CuSO_4 ;
 - б) кристалогідрат $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$;
 - в) розчин з масовою часткою CuSO_4 5% (густина розчину вважати рівною 1 г/см^3);
 - г) розчин з молярною концентрацією CuSO_4 2 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см^3
11	NaCl	3	1,120

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см^3
11	NH_3	8	0,970

4. Який об'єм води треба додати до 0,25 л 0,5 М розчину Na_2CO_3 щоб одержати розчин з титром 0,005 г/мл?
5. Масова частка $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ в технічному сірчанокиислому алюмінії становить 88%. Яку наважку речовини треба взяти для визначення алюмінію у вигляді Al_2O_3 , щоб маса осаду після прожарювання дорівнювала 0,1 г?
6. Для осадження сульфату барію BaSO_4 до 100 мл розчину з молярною концентрацією сірчанокиислового натрію 0,05 М додають розчин з масовою часткою хлориду барію 10%. Яку масу розчину хлориду барію необхідно взяти для осадження, якщо осадження проводиться в умовах півторакратного надлишку хлориду барію.
7. Для визначення фосфору взято наважку органічної речовини масою 0,4004 г, оброблено концентрованою сірчаною кислотою і переведено до мірної колби місткістю 200 мл. 20,00 мл цього розчину використано для одержання осаду $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$, маса якого після висушування дорівнює 0,1982 г. Чому дорівнює масова частка фосфору в органічній речовині?
8. На титрування хлороводневої кислоти витрачено 10 мл робочого розчину NaOH з $T_{\text{NaOH}/\text{HCl}} = 0,003872$ г. Скільки грамів HCl містить розчин?
9. Для визначення вмісту основного компонента в фармацевтичному препараті “Калія ацетат” останній було висушено до сталої маси. Наважку препарату масою 0,5072 г внесено до конічної колби місткістю 100 мл і розчинено в 50 мл води. На титрування одержаного розчину в присутності індикатора витрачено 10,25 мл розчину з молярною концентрацією хлороводневої кислоти

0,5008 M. При цьому жовте забарвлення розчину змінилось на червоне. Чому дорівнює масова частка ацетату калію в препараті?

10. Побудувати криву титрування 0,01 н розчину карбоната натрію 0,01 н розчином HCl. Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 12

1. Як приготувати розчин об'ємом 1 л з молярною концентрацією хлориду барію 0,02 M, якщо в лабораторії є:
- а) безводний хлорид барію BaCl_2 ;
 - б) кристалогідрат $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
 - в) розчин з масовою часткою BaCl_2 10% ($\rho = 1,09 \text{ г/см}^3$);
 - г) розчин з молярною концентрацією BaCl_2 1 M?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, M	Густина розчину, г/см^3
12	NH_4Cl	3,5	1,050

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см^3
12	KOH	10	1,080

4. Який об'єм води треба додати до 0,2 л 1 M розчину K_2CO_3 щоб одержати розчин з титром 1,52 г/мл?

5. Масова частка магнію у цементі складає 20%. Яку наважку цементу потрібно взяти для визначення магнію у вигляді оксихіноляту магнію $Mg(C_9H_6ON)_2$, щоб маса висушеного осаду дорівнювала 0,3 г?
6. Розчинено наважку сплаву масою 0,5865 г з масовою часткою свинцю 12%. Для осадження свинцю використовують розчин з масовою часткою сульфатної кислоти 1%. Обчислити масу розчину сульфатної кислоти, необхідного для осадження, якщо осадження проводиться в умовах двократного надлишку кислоти.
7. Для визначення оксиду магнію взято наважку цементу масою 1,9578 г. Після розкладу наважки розчин перенесено в мірну колбу місткістю 250 мл і доведено дистильованою водою до мітки. 100 мл одержаного розчину використано для осадження магнію в вигляді $MgNH_4PO_4$, після прожарювання якого було одержано осад $Mg_2P_2O_7$ масою 0,2234 г. Чому дорівнює масова частка оксиду магнію в цементі?
8. $T_{KOH} = 0,005842$ г/мл. Знайти T_{KOH/H_2SO_4} .
9. Для визначення вмісту основного компонента в фармацевтичному препараті “Кислота бензойна” наважку препарату масою 0,1995 г розчинено в 20,0 мл етанолу, нейтралізованого за фенолфталеїном. Одержаний розчин відтитровано розчином з молярною концентрацією гідроксиду натрію 0,0998 М у присутності того ж індикатора до появи малинового забарвлення. На титрування витрачено 16,30 мл титранту. Чому дорівнює масова частка C_6H_5COOH в препараті?

10. Побудувати криву титрування 0,1 н розчину сульфатної кислоти 0,1 н розчином NaOH. Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 13

1. Як приготувати розчин об'ємом 500 мл з молярною концентрацією пероксиду водню 0,5 моль/л, якщо в лабораторії є:
- концентрований розчин пероксиду водню густиною 1,242 г/см³;
 - розчин з масовою часткою H₂O₂ 30%;
 - розчин з молярною концентрацією H₂O₂ 15 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
13	C ₂ H ₅ OH	11	0,900

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
13	Na ₂ HPO ₄	10	1,090

4. До якого об'єму потрібно розбавити 0,5 л 0,2 М розчину HNO₃, щоб одержати розчин з титром 6,3 мг/мл?
5. Масова частка хрому у речовині складає 40%. Яку наважку цієї речовини потрібно взяти для визначення хрому у вигляді хромату барію, щоб маса прожареного осаду дорівнювала 0,3 г?

6. Розчинено наважку сплаву масою 0,5000 г з масовою часткою магнію 90%. Для осадження магнію в вигляді MgNH_4PO_4 використовують розчин з молярною концентрацією Na_2HPO_4 0,5 М. Обчислити об'єм розчину гідрофосфату натрію, необхідного для осадження, якщо осадження проводиться в умовах двократного надлишку гідрофосфату.
7. В технічному препараті сульфату амонію визначають масову частку $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Для аналізу було взято наважку технічного препарату масою 0,5117 г. Після обробки одержано осад $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ масою 0,0183 г. Чому дорівнює масова частка $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в технічному препараті?
8. $T_{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{KOH}_4} = 0,005820$ г. Знайти $T_{\text{H}_2\text{SO}_4}$.
9. Зразок технічної солі алюмінію масою 0,1360 г розчинено, оброблено надлишком розчину оксалату амонію, а потім додано розчин амоніаку до слаболужної реакції середовища. Осад оксалату алюмінію відфільтровано, промито і розчинено в розведеної кислоті. На титрування одержаного розчину витрачено 16,0 мл розчину з молярною концентрацією KMnO_4 0,0242 М. Чому дорівнює масова частка алюмінію в зразку технічної солі?
10. Побудувати криву титрування 0,05 н розчину оцтової кислоти ($\text{pK} = 4,76$) 0,1 н розчином NaOH . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 14

1. Як приготувати розчин об'ємом 100 мл з молярною концентрацією тетраборату натрію $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0,01 моль/л, якщо в лабораторії є:
 - а) кристалогідрат $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;
 - б) розчин з масовою часткою $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 1% ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$);
 - в) розчин з молярною концентрацією $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 1 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см^3
14	KCl	2	1,090

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см^3
14	HCl	37,2	1,190

4. Який об'єм води треба додати до 100 мл розчину H_2SO_4 (масова частка 20,08%, ($\rho = 1,14 \text{ г/см}^3$), щоб одержати розчин з масовою часткою 5,0%?
5. При визначенні сульфату у вигляді BaSO_4 маса осаду має складати близько 0,3 г. Яку наважку речовини треба взяти для гравіметричного аналізу, якщо масова частка сульфату натрію у речовині дорівнює 45%?
6. Розчинено наважку апатиту $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCl}_2$ масою 1,500 г. Для осадження кальцію використовують розчин з масовою часткою

$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 3,5%. Обчислити масу розчину оксалату амонію, необхідного для осадження кальцію за умови двократного надлишку осаджувача.

7. Для визначення алюмінію взято наважку каоліну масою 1,00 г. Після розчинення наважки та відділення силікатної кислоти фільтрат перенесено в мірну колбу місткістю 250 мл. 100 мл одержаного розчину використано для осадження алюмінію розчином амоніаку. Маса одержаного після прожарювання осаду Al_2O_3 дорівнювала 0,1561 г. Чому дорівнює масова частка алюмінію в каоліні?
8. На титрування 25 мл розчину KOH потрібно 24 мл розчину HCl ($C_{\text{HCl}} = 0,1050 \text{ M}$). Розрахуйте молярну концентрацію розчину KOH ?
- 10.3 6,225 г бури приготували 250 мл розчину. 25 мл цього розчину реагує з 24,7 мл розчину HCl . Розрахуйте молярну концентрацію еквівалентів розчинів: а) бури; б) HCl .
11. Побудувати криву титрування 0,1 н розчину соляної кислоти 0,1 н розчином NaOH . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 15

1. Як приготувати розчин об'ємом 500 мл з молярною концентрацією сульфату нікелю 0,01 М, якщо в лабораторії є:
- а) кристалогідрат $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
 - б) розчин з масовою часткою NiSO_4 2% ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$);
 - в) розчин з молярною концентрацією NiSO_4 0,45 М?

2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
15	CaCl ₂	1,4	1,120

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
15	NaOH	5	1,060

4. Скільки води треба додати до 100 мл 72%-оної H₂SO₄ ($\rho = 1,63 \text{ г/см}^3$), щоб перетворити цей розчин на 26%-ий?
5. Масова частка заліза у сплаві складає 25%. Яку наважку сплаву потрібно взяти, щоб маса прожареного осаду Fe₂O₃ дорівнювала 0,25 г?
6. Для осадження оксалату кальцію CaC₂O₄ до 200 мл з молярною концентрацією CaCl₂ 0,05 М додають розчин з масовою часткою (NH₄)₂C₂O₄ 2,5%. Обчислити масу розчину оксалату амонію, необхідного для осадження, якщо осадження проводиться в умовах двократного надлишку оксалату амонію.
7. Для визначення кремнію у чавуні було взято наважку чавуну масою 3,000 г. Після прожарювання одержано осад SiO₂ масою 0,1244 г. Чому дорівнює масова частка кремнію в чавуні?
8. Наважку масою 0,1354 г карбонату натрію, що містить домішки гідрокарбонату, розчинено у воді. На титрування одержаного розчину в присутності фенолфталеїну витрачено 10,25 мл розчину

з молярною концентрацією HCl $0,1028 \text{ M}$. Потім в розчин додано бромкрезоловий зелений і продовжено титрування до зміни синього забарвлення на зелене. При цьому рівень розчину титранту в бюретці досяг відмітки $23,24 \text{ мл}$. Чому дорівнює масова частка NaHCO_3 в карбонаті натрію?

9. Наважку масою $0,9938 \text{ г}$ технічного оксалату амонію з масовою часткою $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ $98,87\%$ розчинено у воді і об'єм розчину доведено до 250 мл . Який об'єм цього розчину треба взяти, щоб на його титрування витрачалося $22,35 \text{ мл}$ розчину з молярною концентрацією KMnO_4 $0,0142 \text{ M}$?
10. Побудувати криву титрування $0,1 \text{ н}$ розчину мурашиної кислоти ($\text{pK} = 3,75$) $0,1 \text{ н}$ розчином NaOH . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 16

1. Як приготувати розчин об'ємом 200 мл з молярною концентрацією сульфату нікелю $0,001 \text{ M}$, якщо в лабораторії є:
 - а) кристалогідрат $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
 - б) розчин з масовою часткою NiSO_4 $0,2\%$ ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$);
 - в) розчин з молярною концентрацією NiSO_4 $0,05 \text{ M}$?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см^3
17	HClO_4	2	1,115

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
16	HCl	37,2	1,190

4. Розрахувати масову частку лимонної кислоти в розчині, який одержали змішуванням 300 г розчину цієї кислоти з масовою часткою 25% та 400 г розчину кислоти з масовою часткою 40%.
5. При визначенні вісмуту одержують осад BiPO_4 і прожарюють його. Яку наважку речовини з масовою часткою вісмуту 85% треба взяти для визначення бісмуту, щоб маса прожареного осаду складала 0,3 г?
6. Розчинено наважку $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ масою 0,4880 г. Для осадження барію використовують розведений у відношенні 1:10 розчин сульфатної кислоти з густиною 1,1 г/см³. Який об'єм розчину кислоти необхідно взяти, якщо осадження проводиться в умовах півторакратного надлишку кислоти?
7. Із наважки силікату масою 1,5000 г одержано суміш хлоридів калію і натрію масою 0,1322 г. Цю суміш розчинено і калій осаджено у вигляді осаду KClO_4 , маса якого після прожарювання дорівнює 0,1022 г. Чому дорівнюють масові частки K_2O та Na_2O в силікаті?
8. Наважку сталі масою 0,4052 г розчинено без доступу повітря в хлороводневій кислоті. Розчин доведено до об'єму 100 мл. На титрування 10,00 мл одержаного розчину витрачено 7,00 мл

розчину з молярною концентрацією KMnO_4 0,0201 М. Чому дорівнює масова частка заліза в сталі?

9. Наважку бури $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ масою 7,6410 г розчинено у воді і об'єм розчину доведено до 250 мл. На титрування 25,0 мл одержаного розчину витрачено 22,17 мл розчину HCl . Чому дорівнює молярна концентрація HCl в розчині?
10. Побудувати криву титрування 0,01 н розчину оцтової кислоти ($\text{pK} = 4,76$) 0,01 н розчином NaOH . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 17

1. Як приготувати розчин об'ємом 100 мл з молярною концентрацією сульфату нікелю 0,1 М, якщо в лабораторії є:
- а) кристалогідрат $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
- б) розчин з масовою часткою NiSO_4 5% ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$);
- в) розчин з молярною концентрацією NiSO_4 0,2 М?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см^3
17	HCl	6	1,098

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
17	NaOH	20	1,220

4. До якого об'єму треба розбавити 0,5 л 0,1 М розчину HNO₃, щоб отримати розчин з титром 1,2 мг/мл?
5. При визначенні сірки у речовині одержують осад сірчанокислого барію і прожарюють його. Яку наважку речовини з масовою часткою сірки 1,5% треба взяти для визначення сірки у вигляді BaSO₄, щоб маса осаду дорівнювала 0,15 г?
6. Розчинено наважку сплаву масою 0,6856 г з масовою часткою свинцю 30%. Для осадження свинцю використовують розчин з масовою часткою сульфатної кислоти 1%. Обчислити масу розчину сульфатної кислоти, необхідної для осадження, якщо осадження проводиться в умовах п'ятикратного надлишку кислоти.
7. Наважку масою 0,1225 г суміші хлоридів калію та натрію розчинено і хлорид осаджено нітратом срібла. Маса осаду AgCl дорівнює 0,2850 г. Чому дорівнюють масові частки хлоридів калію та натрію в суміші?
8. Наважку масою 0,5341 г лугу, що містить 92% NaOH та індиферентні домішки, розчинено в мірній колбі місткістю 100 мл. На титрування 10,00 мл одержаного розчину витрачено 15,40 мл розчину HCl. Чому дорівнює молярна концентрація HCl в розчині?
9. Наважку магнетиту масою 1,00 г розчинено в кислоті, залізо відновлено до Fe²⁺. Одержаний розчин перенесено в мірну колбу місткістю 250 мл і доведено до мітки дистильованою водою. На титрування 25,00 мл такого розчину витрачено 15,45 мл розчину з

молярною концентрацією KMnO_4 0,0157 М. Чому дорівнює масова частка заліза в магнетиті?

10. Побудувати криву титрування 0,1 н розчину оцтової кислоти ($\text{pK} = 4,76$) 0,1 н розчином NaOH . Докажіть, який індикатор необхідно використати при титруванні: а) графічним методом; б) за допомогою розрахунків.

Варіант 18

1. Як приготувати розчин об'ємом 200 мл з молярною концентрацією сульфату нікелю 0,01 моль/л, якщо в лабораторії є:
- а) кристалогідрат $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
- б) розчин з масовою часткою NiSO_4 10% (густина розчину вважати рівною 1 г/см³);
- в) розчин з молярною концентрацією NiSO_4 0,5 моль/л?
2. В таблиці наведено: формула речовини, що міститься в розчині, її молярна концентрація та густина розчину. Обчислити масову частку розчиненої речовини.

№ варіанту	Речовина	Молярна концентрація, М	Густина розчину, г/см ³
18	H_2SO_4	1	1,290

3. В таблиці наведено: формула речовини, її масова частка в розчині та густина розчину. Обчислити молярну концентрацію речовини в розчині.

№ варіанту	Речовина	Масова частка, %	Густина розчину, г/см ³
18	H_3PO_4	40	1,254

4. Скільки води потрібно додати до 200 мл HCl $\rho = 1,18$ г/см³, щоб отримати кислоту з густиною 1,1 г/см³.

5. Масова частка сірчанокислого калію у речовині дорівнює 1%, а хлориду калію – 3%. Яку наважку речовини треба взяти для гравіметричного аналізу, щоб маса висушеного осаду KClO_4 дорівнювала 0,2 г?
6. Для осадження броміду срібла до 100 мл розчину з молярною концентрацією броміду калію 0,01 М додають розчин з масовою часткою нітрату срібла 2,5%. Обчислити масу розчину нітрату срібла, необхідного для осадження, якщо осадження проводиться в умовах півторакратного надлишку нітрату срібла.
7. Наважку сплаву масою 1,50 г розчинено в мірній колбі місткістю 250 мл. 100 мл одержаного розчину використано для осадження гідроксидів заліза та алюмінію. Маса прожарених осадів Fe_2O_3 та Al_2O_3 дорівнює 0,1015 г. В 100 мл такого ж розчину було замасковано алюміній і осаджено гідроксид заліза. Після прожарювання маса осаду Fe_2O_3 складає 0,0561 г. Чому дорівнюють масові частки заліза та алюмінію в сплаві?
8. Наважку пергідролу масою 0,1228 г розчинено у воді. На титрування одержаного розчину витрачено 14,50 мл розчину з молярною концентрацією KMnO_4 0,0299 М. Чому дорівнює масова частка H_2O_2 в пергідролі?
9. На титрування 20 мл розчину NaCl потрібно 18,25 мл 0,1140 н AgNO_3 . Знайти нормальність розчину NaCl .
10. Побудувати криву титрування 0,1 н розчину амоніаку ($\text{pK} = 4,76$) 0,1 н розчином HCl . Докажіть, який індикатор необхідно використати графічним методом та за допомогою розрахунків.

ТИПОВІ ПИТАННЯ ДО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

**Перелік питань для підготовки до Модульного контролю № 1
за темою: Теоретичні основи аналітичної хімії. Кисотно-основні
реакції. Методи виявлення та ідентифікації іонів**

1. Предмет аналітичної хімії. Структура аналітичної хімії. Основні аналітичні проблеми: зниження межі виявлення, підвищення точності, експресності, відтворюваності.
2. Аналітичний сигнал.
3. Види аналізу: ізотопний, елементарний, функціональний, структурний, молекулярний, фазовий.
4. Класифікація методів аналізу: хімічні, фізико-хімічні, фізичні, мікро-, макро-, напівмікро-, ультрамікроаналіз.
5. Сучасний стан і тенденції розвитку аналітичної хімії.
6. Основні хімічні теорії і закони, використовувані в аналітичній хімії.
7. Періодичний закон і його значення в аналітичній хімії.
8. Використання аналогій і розходжень властивостей елементів у періодичній системі для їхнього поділу і виявлення.
9. Закономірності змін хімічних властивостей, що використовуються в аналітичній хімії.
10. Здатність елементів утворювати різні типи іонів у водних розчинах.
11. Закон діючих мас. Хімічна рівновага.
12. Константи рівноваги в ідеальних і реальних системах.

13. Фактори, що впливають на положення стану рівноваги: концентрація компонентів реакції, іонна сила розчину, коефіцієнт активності.
14. Типи констант рівноваги та їх використання.
15. Поводження електролітів і неелектролітів у розчині. Іонний стан елементів у водних розчинах. Сольватація, іонізація, дисоціація.
16. Теорія Дебая–Хюккеля. Коефіцієнти активності. Концентраційні та термодинамічні константи. Складні рівноважні системи. Метод конкуруючих реакцій. Загальна і рівноважна концентрація. Умовні константи. Кінетична та термодинамічна концепції рівноваги. Вирази для констант рівноваги в ідеальних та реальних системах. Фактори, що впливають на положення рівноваги: концентрація компонентів реакції, іонна міцність розчину, коефіцієнт активності.
17. Кисотно-основні реакції в аналітичній хімії. Сучасні погляди на кислоти і основи.
18. Теорії ангідрокислот та ангідрооснов, сольвосистем, Льюїса, Усановіча, Пірсона, Бренстеда-Лоурі; їх порівняння та загальні висновки щодо понять “кислота” та “основа”.
19. Протолітична теорія кислот та основ. Рівновага в системі кислота - супряжена основа і розчинник.
20. Кислотні та основні властивості розчинника. Амфіпротні розчинники. Стан протолітів у амфіпротних розчинниках. Константи кислотності та основності. Класифікація розчинників. Константа автопротолізу. Вплив природи розчинника на силу

кислоти й основи. Нівелюючий і диференціюючий ефект розчинника.

21. Кислотно-основна рівновага в багатокомпонентних системах. Буферні розчини та їх властивості. Буферна ємність. Обчислення рН розчинів сильних та слабких кислот і основ, солей, буферних розчинів.
22. Фактори, що впливають на кислотно-основну рівновагу: температура, іонна міцність розчину, електролітів з однойменними іонами.
23. Методи виявлення та ідентифікації іонів. Ідентифікація атомів, іонів, молекул і речовин.
24. Дробний і систематичний аналіз. Види систематичного аналізу. Мікрокристалоскопічний аналіз, пірохімічний аналіз (забарвлення полум'я, возгонка, утворення перлів). Краплинний аналіз, метод розтирання порошків. Полумікроаналіз.
25. Експресний якісний аналіз у заводських і польових умовах.
26. Кислотно-основний метод визначення катіонів. Характеристика I–VI аналітичних груп катіонів. Групові реагенти. Умови проведення аналітичних реакцій визначення катіонів: K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Ag^+ , Hg^+ , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cd^{2+} та аніонів: SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , S^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , NO_2^- .
27. Аналіз суміші катіонів та аніонів.
28. За якою формулою обчислюється константа дисоціації слабких електролітів?
29. Які реакції називають специфічними?

30. При яких значеннях константи рівноваги процес буде проходити самовільно?
31. Яку кількість речовини беруть при макроаналізі?
32. Як зміниться іонна сила розчину, якщо підвищити концентрацію солі?
33. Вкажіть кислоти, які мають константу дисоціації?
34. Яка формула визначає концентраційну константу рівноваги для реакції $nA + mB = pC + qD$?
35. Яка з величин характеризує активність іонів у дуже розбавлених розчинах?
36. Розчин якої речовини, при умовах однакових концентрацій, має менше значення рН?
37. Яке рівняння та формула константи автопротолізу для розчинника CH_3COOH ?
38. Яка ознака кислотно-основної взаємодії за теорією Бренстеда-Лоурі?
39. Які речовини відносять до основ за теорією Арреніуса?
40. Чим вимірюється буферна ємність розчину?
41. Якою величиною можна характеризувати ступень іонізації сильного електроліту?
42. Що є мірою чутливості хімічної реакції?
43. Яке рівняння та формула для розрахунку констант автопротолізу для розчинника CH_3OH ?
44. Яка суміш є буферною системою?
45. Чому дорівнює активна концентрація H^+ 0,01 М розчині H_2SO_4 та рН 0,1 М розчину мурашиної кислоти ($pK = 3,76$)?

46. Який аналітичний ефект дає реакція знаходження катіону магнію гідрофосфатом натрію в присутності амоніачного буферу?
47. Солі якого катіону забарвлюють полум'я у фіолетовий колір?
48. Який катіон присутній у розчині, якщо після додавання розчину сульфатної кислоти під мікроскопом спостерігаються голчаті кристали?
49. Вкажіть реактив, який використовують для виявлення катіонів барію. Напишіть відповідне хімічне рівняння.
50. Чим характеризується III аналітична група катіонів?
51. Дією якого реагенту можна розділити Cr^{3+} і Al^{3+} за кислотно-основною схемою? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
52. Які з приведених речовин є кислотами за теорією Бренстеда-Лоури: H_2O , NH_4^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , H_2CO_3 , H_3O^+ , OH^- ?
53. На чому заснована дія буферних розчинів зберігати сталі значення рН розчину при додаванні невеликої кількості кислот та лугів?
54. Який зв'язок між собою мають активна, загальна та рівноважна концентрації?
55. Що називається водневим показником?
56. Чому дорівнює активна концентрація H^+ в 0,1 М розчину HCl ? Розрахуйте рН цього розчину, не враховуючи іонну силу розчину.
57. Який аналітичний ефект дає реакція знаходження катіону амонію реактивом Неслера? Напишіть відповідні хімічні рівняння.
58. У який колір забарвлюють полум'я солі натрію?

59. Дією яких реагентів можна відокремити хлорид плюмбум від хлоридів аргентуму та гидраргеруму(I)?
60. Яка хімічна сполука утворюється при взаємодії хлориду аргентуму з надлишком розчину амоніаку? Напишіть відповідне хімічне рівняння.
61. Чим характеризується IV аналітична група катіонів?
62. Який аналітичний ефект спостерігається при дії надлишку лугу на розчин, який містить катіони плюмбуму?
63. Яка реакція є “аналітичною”?
64. Як називаються реакції та реагенти, які дають можливість знаходити даний іон у присутності інших іонів?
65. До яких систем можна застосовувати закон діючих мас?
66. Яку кількість речовини беруть при мікроаналізі?
67. Що враховують при розрахунку активності іонів у розчині?
68. Яка формула визначає термодинамічну константу рівноваги для реакції $nA + mB = pC + qD$?
69. За якою формулою обчислюється ступінь іонізації слабого електроліту?
70. Які основи мають константу дисоціації?
71. В яких випадках треба брати до уваги іонну силу розчину і коефіцієнти активності?
72. Які речовини відносять до кислот за теорією сольвосистем?
73. Які сполуки є основами з точки зору протолітичної теорії?
74. В якому розчиннику збільшиться сила HNO_3 ?
75. Якою величиною можна характеризувати ступень іонізації сильного електроліту?

76. Що є мірою чутливості хімічної реакції?
77. Що складає предмет якісного аналізу?
78. Яка реакція є “вибірковою”?
79. Яку кількість речовини беруть при напівмікроаналізі?
80. В яку сторону буде йти реакція, якщо її рівноважна константа $K = 10^4$?
81. За якою формулою визначається константа стійкості комплексних сполук?
82. Які кислоти не мають константи дисоціації?
83. Якою формулою виражається іонний добуток води?
84. Як зміниться іонна сила розчину, якщо зросте заряд іонів?
85. Вкажіть формулу для розрахунку загальної константи дисоціації ортофосфорної кислоти.
86. В яких випадках треба брати до уваги іонну силу розчину?
87. Яка з величин характеризує активність іонів у реальних системах?
88. Охарактеризуйте стан протолітів у амфіпротних розчинниках.
89. Напишіть рівняння та формулу константи автопротолізу для розчинника $C_6H_5NH_2$.
90. В якому розчиннику $HCOOH$ буде основою?
91. Обчисліть активну концентрацію Na^+ в розчину Na_3PO_4 при його концентрації 0,01 М, та розрахуйте приблизне значення рН цього розчину ($pK(H_3PO_4) = 6,6$).
92. Дією якого реагенту можна розділити Ni^{2+} і Fe^{3+} за кислотно-основною схемою? Напишіть відповідні рівняння реакцій.

93. Якими засобами можна усунути заважаючу дію іонів амонію при знаходженні іонів калію?
94. Солі якого катіону забарвлюють полум'я в жовто-зелений колір?
95. Який катіон при додаванні родизонату натрію утворює червону пляму, яка нерозчинна в 0,5 М розчині хлоридної кислоти?
96. Що спостерігається при дії надлишку луги на розчин, який містить катіони плюмбуму? Напишіть відповідне хімічне рівняння.
97. Які методи аналізу засновані на спостереженні фізичних явищ, які проходять у процесі хімічної реакції?
98. Пояснить поняття “груповий реагент”?
99. При яких значеннях константи рівноваги хімічна реакція йде самовільно?
100. Що впливає на форму знаходження елемента в розчині?
101. Написати формулу для розрахунку загальної константи дисоціації сірчанистої кислоти.
102. Яка з величин характеризує активність іонів у ідеальних розчинах?
103. У яких розчинниках оцтова кислота буде виявляти властивості кислоти з погляду теорії Бренстеда-Лоурі?
104. Вкажіть формулу для визначення константи розподілу.
105. Якою формулою виражається взаємозв'язок між водневим та гідроксильним показниками?
106. За якою формулою обчислюється іонна сила розчину?
107. В якому розчиннику речовини не можуть проявляти свої кислотні або основні властивості?

108. За якою теорією кислота може відщеплювати катіон (протон) або приєднувати аніон (електрон)?
109. Яка теорія розглядає кислотно-основну взаємодію як утворення солі та розчинника?
110. Яка ознака кислотно-основної взаємодії за теорією Льюїса?
111. Чому дорівнює активна концентрація іонів H^+ та рН 0,1 М розчину HNO_2 ($pK = 3,2$)?
112. Які сполуки є кислотами з точки зору теорії Арреніуса?
113. Чим характеризується I аналітична група катіонів?
114. Солі якого катіону забарвлюють полум'я у цегляно-червоний колір?
115. Який колір мають розчини, які містять катіони III групи?
116. Який аналітичний ефект спостерігається при додаванні до осаду хлориду аргентуму розчину амоніаку, а потім розчину нітратної кислоти?
117. Вказати катіони, які утворюють осад при дії надлишку NH_4OH .
118. Які реагенти необхідні для визначення катіону феруму(II)?
Напишіть відповідні хімічні рівняння.
119. Визначте сутність поняття “аналітичний ефект”.
120. В яких системах термодинамічна константа рівноваги буде дорівнювати концентраційній?
121. Який зв'язок між константою рівноваги та напрямком протікання хімічної реакції?
122. Охарактеризуйте поведінку сильних електролітів у розчинах.
123. Яка формула визначає добуток розчинності (ДР)?

124. Вказати формулу, яка визначає константу нестійкості комплексних сполук.
125. Чи зміниться активність іонів, якщо зросте концентрація солі?
126. Які розчинники не впливають на силу кислот та основ порівняно з водою?
127. За якими теоріями кислота може приймати електрон?
128. Написати формули для розрахунку концентраційної константи дисоціації сірчанистої кислоти.
129. Яку речовину треба додати до розчину, щоб зменшити рН від 3 до 1?
130. Чому дорівнює активна концентрація H^+ та рН 0,01 М розчину CH_3COOH ($pK = 4,75$)?
131. Дією якого реагенту можна розділити Fe^{3+} і Pb^{2+} за кислотно-основною схемою? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
132. Яким аналітичним ефектом супроводжується реакція знаходження катіону калію гексанітрокупроатом натрію та плюмбуму?
133. Солі якого катіону забарвлюють полум'я у карміново-червоний колір?
134. Чим характеризується II аналітична група катіонів?
135. При дії надлишку луку на розчин, який містить катіони IV та V груп утворився осад. Які іони залишаються у розчині?
136. Які з катіонів VI аналітичної групи у розчині забарвлені?
137. Які методи аналізу засновані на існуванні певної залежності між фізичними властивостями речовини та її хімічним складом?
138. Визначте сутність поняття “вибірковість” аналітичної реакції.

139. Який зв'язок між ступенем дисоціації та константою рівноваги реакції іонізації?
140. В якій формі буде знаходитися елемент у водному розчині, якщо його ступінь окислення чотири і більша?
141. Охарактеризуйте поведінку слабких електролітів у розчинах.
142. У яких розчинниках оцтова кислота буде виявляти властивості основи з погляду теорії Бренстеда-Лоурі.
143. Які електроліти характеризуються іонною силою та активністю?
144. За допомогою яких величин враховують хімічні взаємодії в реальних системах?
145. В яку сторону буде йти реакція, якщо її рівноважна константа $K < 10^{-5}$?
146. Як зміниться ступень дисоціації зі зменшенням концентрації розчину?
147. Що є кількісною характеристикою процесу дисоціації слабких електролітів?
148. Які значення не може прийняти коефіцієнт активності?
149. Як зміниться коефіцієнт активності зі збільшенням іонної сили розчину?
150. Чи зміниться рН буферного розчину при розведенні розчинів?
151. Запишіть рівняння та формулу константи автопротолізу для розчинника H_2O .
152. Чому дорівнює активна концентрація OH^- та рН 0,01 М розчину NH_4OH ($pK = 4,76$)?

153. Який з катіонів VI аналітичної групи є у розчині, якщо при дії розчину луги на реакційну суміш утворився блакитний осад, який чорніє при нагріванні?
154. Який з катіонів VI аналітичної групи є у розчині, якщо при додаванні роданіду амонію і амілового спирту з етером утворюється кільце, забарвлене в синє-блакитний колір?
155. Яким реагентом можна виявити Fe^{2+} ? Напишіть хімічне рівняння.
156. Який реагент є груповим для катіонів V аналітичної групи?

Рекомендована література для підготовки до Модульної контрольної роботи № 1: [1–12].

**Перелік питань для підготовки до Модульного контролю № 2
за темою: Реакції окислення-відновлення, комплексоутворення,
осадження в аналітичній хімії**

1. Основні типи реакцій і процесів в аналітичній хімії: кислотно-основні, окислення-відновлення, утворення комплексів, осадження-розчинення.
2. Константи рівноваги в гомогенних та гетерогенних системах.
3. Окислювально-відновні реакції (ОВР) в аналітичній хімії.
4. Електрохімічний потенціал як характеристика супряжених окиснювача та відновника (редокс-пари). Стандартний, формальний та реальний потенціали. Рівняння Нернста.
5. Константа рівноваги окислювально-відновної реакції. Зв'язок константи рівноваги зі стандартними потенціалами.

6. Напрямок реакції окислення і відновлення. Фактори, які впливають на напрямок перебігу окислювально-відновних реакцій: рН розчину, концентрація окисника та відновника, побічні реакції (осадження та комплексоутворення), каталізатор.
7. Механізми окислювально-відновних реакцій. Індуковані та супряжені реакції.
8. Основні неорганічні і органічні окиснювачі і відновники, які застосовуються в аналізі.
9. Використання ОВР для якісного та кількісного визначення сполук, розділення та маскування, для розчинення металів та осадів.
10. Комплексні сполуки та їх використання в аналітичній хімії.
11. Типи комплексних сполук, які використовуються в хімічному аналізі.
12. Властивості комплексних сполук, які мають аналітичне значення: стійкість, розчинність, забарвлення.
13. Класифікація комплексних сполук: внутрішньосферні і зовнішньосферні (іонні пари), одноріднолігандні і змішанолігандні, поліядерні (гетерополіядерні і гомополіядерні). Координаційне число та дентатність лігандів.
14. Ступінчасте комплексоутворення.
15. Кількісні характеристики комплексних сполук: константи стійкості або нестійкості (ступінчасті та загальні).
16. Інертні та лабільні комплекси.

17. Фактори, які впливають на комплексоутворення: природа центрального атома і ліганду, концентрація компонентів, рН, іонна сила розчину, температура.
18. Вплив комплексоутворення на розчинність сполук, окислювально-відновний потенціал систем, кислотно-основну рівновагу, стабілізацію різних ступенів окислення елементів.
19. Способи підвищення чутливості і селективності за допомогою комплексних сполук.
20. Можливості використання комплексних сполук і органічних реагентів в різних методах аналізу для якісного та кількісного визначення, розділення, маскування іонів, для розчинення осадів.
21. Органічні реагенти в аналітичній хімії. Хелати.
22. Теорія забарвлення. Теоретичні основи взаємодії органічних реагентів з неорганічними іонами.
23. Функціонально-аналітичні групи. Солеутворюючі та комплексоутворюючі угруповання.
24. Вплив загальної структури на властивості органічних сполук, значення замісників і хромофорних груп.
25. Теорія аналогії Кузнецова.
26. Вплив природи функціонально-аналітичних груп, їх розташування, стереохімії молекул селективність його взаємодії з неорганічними іонами.
27. Основні типи сполук, які утворюються за участю органічних реагентів. Хелати, внутрішньокмплесні сполуки.

28. Фактори, що визначають стійкість хелатів: природа донорних атомів і структура реагентів, розмір циклу, число циклів, характер зв'язку метал-ліганд.
29. Переваги органічних реагентів у порівнянні з неорганічними.
30. Найважливіші органічні реагенти, застосування їх в аналізі з метою розділення.
31. Гетерогенні процеси в аналітичній хімії.
32. Осади та їх властивості. Кристалічні та аморфні осади. Механізм утворення осаду.
33. Кристалічні й аморфні осади, їх недоліки та переваги, умови та області використання. Залежність форми осаду від швидкості утворення первинних частинок і їх росту.
34. Умови утворення кристалічних осадів. Старіння осаду.
35. Умови утворення аморфних осадів.
36. Залежність структури осаду від його індивідуальних властивостей (розчинність, полярність молекул) та умови осадження (концентрація осаджуваного іону та осаджувача, сольовий склад розчину та рН, температура).
37. Сольовий ефект.
38. Константа розчинності. Добуток розчинності. Розрахунки розчинності малорозчинних речовин.
39. Залежність розчинності осаду від його індивідуальних властивостей, добутку розчинності, типу кристалічної ґратки для неорганічних сполук, будови молекули, наявності гідрофільних та гідрофобних замісників для органічних сполук).
40. Фактори, що впливають на гетерогенну рівновагу.

41. Використання процесів осадження та розчинення в аналізі.
42. Співосадження. Колоїдні розчини. Причини забруднення осаду.
43. Співосадження внутрішнє та зовнішнє. Внутрішнє: утворення твердих розчинів заміщення; утворення твердих розчинів упродовження; утворення хімічних сполук.
44. Зовнішнє: адсорбція. Механізм адсорбції, правила адсорбції. Правило Панета-Фаянса-Гана. Обмінна адсорбція. Фактори, які впливають на адсорбцію.
45. Механізм утворення колоїдних розчинів. Будова колоїдної частки. Міцела. Ізоелектрична точка. Коагуляція та пептизація. Запобігання виникненню колоїдних розчинів.
46. Позитивні і негативні аспекти явища співосадження в аналізі.
47. Що називається добутком розчинності?
48. Як зміниться розчинність малорозчинного електроліту хромату срібла при додаванні до нього розчину хлориду калію.
49. Чи випаде осад хлориду свинцю ($DP = 1,6 \cdot 10^{-5}$) при змішуванні рівних об'ємів розчинів $Pb(NO_3)_2$ та $NaCl$, для яких $C(Pb(NO_3)_2) = C(NaCl) = 0,1$ М. Написати рішення задачі.
50. Які фактори впливають на повноту осадження?
51. Який аналітичний ефект спостерігається при додаванні до жовтого осаду хромату плюмбуму надлишку лугу?
52. Якою залежністю зв'язані добуток розчинності та розчинність?
53. Що таке "сольовий ефект"?
54. Порівняйте розчинність хромату срібла в розчині нітрату срібла 0,1 М з його розчинністю у воді. $DP(Ag_2CrO_4) = 1 \cdot 10^{-12}$.

55. При якій концентрації NiSO_4 випаде осад $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ($\text{ДР} = 2,0 \cdot 10^{-15}$), якщо розчин осаджувача NaOH містить $1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$?
56. Що треба брати до уваги, проводячи обчислення за рівнянням Нернста?
57. За яких умов окислювально-відновна реакція перебігає зліва направо?
58. Яка редокс-пара має найбільші відновні властивості?
59. Встановити напрям реакції, розставити стехіометричні коефіцієнти та вкажіть їх суму. Напишіть рівняння реакції, розставте коефіцієнти методом іонно-молекулярного балансу:
 $\text{NaCl} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{Cl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{FeSO}_4$ ($E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0,77 \text{ V}$;
 $E^0(\text{Cl}_2 / 2\text{Cl}^-) = +1,36 \text{ V}$).
60. Який іон є у розчині, якщо при додаванні NaBiO_3 та H_2SO_4 він забарвлюється у фіолетовий колір? Напишіть рівняння реакції.
61. Який електрохімічний потенціал відповідає: $a_{\text{ок.}} = a_{\text{відн.}} = 1 \text{ M}$, $[\text{H}^+] = 1 \text{ M}$?
62. За якою формулою одночасно визначають напрямок та повноту протікання окислювально-відновної реакції?
63. У яких окислювально-відновних пар потенціал залежить від рН розчину?
64. У яку форму переходить Mn^{2+} у кислому середовищі під дією окисника?
65. Який іон можна окислити нітратною кислотою? $E^0(\text{NO}_3^-/\text{HNO}_2) = +0,94 \text{ V}$.
66. Назвати речовини, які можуть бути тільки окисниками.
67. Вкажіть відновники, які використовують для визначення Cu^{2+} .

68. Чим користуються для характеристики окислювально-відновлювальних процесів?
69. Який катіон є у розчині, якщо при додаванні $K_3[Fe(CN)_6]$ утворюється синій осад? Напишіть відповідне хімічне рівняння.
70. Які органічні реагенти і за яких умов використовують для визначення катіону Ba^{2+} ? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
71. По типу яких електролітів проходить дисоціація комплексної солі?
72. Які групи атомів забезпечують забарвлення органічних сполук? Привести приклади таких груп.
73. Якою константою характеризується процес комплексоутворення. Написати чому вона дорівнює в загальному вигляді та на прикладі комплексу $Na_3[Co(NO_2)_6]$.
74. Роз'ясніть поняття “хелатний ефект”. Яким чином він впливає на стійкість комплексних сполук з органічними лігандами?
75. Які іони утворюють комплекси з $NaOH$? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
76. Вкажіть координаційне число комплексоутворювача та дентатність ліганду у комплексній солі $K[Ag(CN)_2]$.
77. Чому дорівнює заряд комплексу в комплексній солі хлориді тетраамінокупруату(II)?
78. Який ліганд входить до складу аквокомплексу?
79. Вкажіть групи іонів, які утворюють гідроксокомплекси.
80. Скільки членів у циклі повинні містити найбільш міцні комплексні сполуки згідно з правилом Чугасва?
81. Які типи хімічного зв'язку мають хелати?

82. Для визначення яких іонів використовують диметилгліоксим?
83. Написати формулу комплексу, який утворюють іони цинку з дитизоном.
84. Яка основна умова утворення осаду?
85. Як зміниться розчинність малорозчинного електроліту сульфату барію при додаванні до нього розчину нітрату барію.
86. Чи випаде осад хлориду срібла при змішуванні рівних об'ємів розчинів AgNO_3 та NaCl , для яких $C(\text{AgNO}_3) = C(\text{NaCl}) = 0,01 \text{ M}$.
87. Яким чином можна зменшити розчинність осаду?
88. Який аналітичний ефект спостерігається при дії надлишку луку на розчин, в якому є катіони плюмбуму?
89. Охарактеризуйте процес дисоціації малорозчинного електроліту з точки зору закону діючих мас.
90. Для яких редокс-пар концентрація відновника не впливає на значення потенціалу окисно-відновної системи?
91. Яка редокс-пара має найбільші окислювальні властивості?
92. Встановити напрям реакції розставити стехіометричні коефіцієнти: $\text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_4^- + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+$.
93. Який іон присутній у розчині, якщо при додаванні PbO_2 та H_2SO_4 він забарвлюється у фіолетовий колір? Напишіть рівняння реакції.
94. При якому значенні $K_{\text{рівн}}$ окислювально-відновна реакція протікає до кінця?
95. Який катіон присутній у розчині, якщо при додаванні $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_3)_6]$ утворюється жовтий осад? Напишіть відповідне хімічне рівняння.

96. Які органічні реагенти і за яких умов використовують для визначення катіону Al^{3+} ? Напишіть рівняння відповідних реакцій. Вкажіть солеутворюючі та комплексоутворюючі ФАГ в органічному реагенті.
97. По типу яких електролітів проходить дисоціація внутрішньої сфери комплексу?
98. Які групи атомів включають ФАУ? Привести приклади таких груп.
99. Якою константою характеризується процес дисоціації комплексної сполуки. Написати чому вона дорівнює в загальному вигляді та на прикладі комплексу $K_4[Fe(CN)_6]$.
100. Яким чином впливає природа металу-комплексоутворювача на стійкість комплексних сполук?
101. Які іони утворюють комплекси з NH_4OH ? Напишіть відповідні рівняння реакцій.
102. Сформулюйте поняття про сольовий ефект. Як впливає сольовий ефект на розчинність малорозчинних осадів?
103. Який спосіб вираження концентрації використовується в рівнянні добутку розчинності?
104. Від яких факторів залежить розчинність малорозчинного електроліту?
105. Який аналітичний ефект спостерігається при дії надлишку лугу на розчин, в якому є катіони аргентуму?
106. При дисоціації малорозчинного електроліту утворюється більше двох іонів. Яким чином це враховується при вираженні добутку розчинності.

107. Які фактори впливають на значення електрохімічного потенціалу?
108. При якому значенні $K_{\text{рівн.}}$ окислювально-відновна реакція йде повністю?
109. Яка редокс-пара має найменш виражені окислювальні властивості?
110. Основні окиснювачі, які використовуються в якісному аналізі.
111. Які органічні реагенти і за яких умов використовують для визначення катіону Ni^{2+} ? Напишіть рівняння відповідних реакцій. Вкажіть солеутворюючі та комплексоутворюючі ФАГ в органічному реагенті.
112. Вкажіть ліганди та їх заряд у комплексній солі $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$.
113. Які групи атомів забезпечують забарвлення органічних сполук? Привести приклади таких груп.
114. Як впливає присутність однойменного іона на розчинність сполуки?
115. Яким чином можна зменшити розчинність осаду?
116. В яких випадках за табличними значеннями добутку розчинності можна зробити висновок про послідовність утворення осадів?
117. Розрахувати розчинність Ag_2CrO_4 за величиною добутку розчинності.
118. Який з катіонів Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} при взаємодії з розчином H_2SO_4 випаде першим в осад, якщо ДР сульфатів цих катіонів відповідно дорівнюють $1,1 \cdot 10^{-10}$; $2,5 \cdot 10^{-5}$; $4,0 \cdot 10^{-8}$.
119. За яких умов треба використовувати рівняння Нернста?
120. В якій формі існує $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ у лужному середовищі?

121. Наведіть приклади використання KMnO_4 в якості окисника в якісному аналізі.
122. Які органічні реагенти і за яких умов використовують для визначення катіону Zn^{2+} ? Напишіть рівняння відповідних реакцій. Вкажіть солеутворюючі та комплексоутворюючі ФАГ в органічному реагенті.
123. Напишіть математичний вираз добутку розчинності для CaC_2O_4 . Знайдіть ДР в довіднику і розрахуйте розчинність цієї сполуки у воді.
124. В якому порядку будуть утворюватися осади при однакових молярних концентраціях речовин і будові осадів?
125. Що буде з розчинністю AgCl , якщо прибавити до осаду розчин KNO_3 ? Як називається це явище?
126. Використайте таблицю ДР та визначте яким реагентом можна повніше осадити іони срібла з розчину нітрату срібла.
127. Вказати пару для якої йод є відновником $E(\text{I}_2/2\text{I}^-) = +0,54 \text{ В}$.
128. Наведіть приклади відновників, які використовуються в якісному аналізі.
129. Який іон можна окислити дією хлору? $E^0(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-) = +1,36 \text{ В}$?
130. Які органічні реагенти і за яких умов використовують для визначення катіону Mg^{2+} ? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
131. Який катіон є у розчині, якщо при додаванні $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ утворюється білий осад? Напишіть відповідне хімічне рівняння.

132. Напишіть математичний вираз добутку розчинності для $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Знайдіть ДР в довіднику і розрахуйте розчинність цієї сполуки у воді.
133. Що буде з розчинністю AgCl , якщо прибавити до осаду розчин AgNO_3 ?
134. Яка із солей буде осаджуватися в першу чергу, якщо до розчину з однаковими концентраціями Cl^- та I^- іонів додати розчин нітрату срібла?
135. До розчину, який містить аніони II та III груп, добавили сульфатну кислоту і перманганат калію. Розчин знебарвлюється. На наявність яких аніонів вказує цей аналітичний ефект? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
136. Для якої редокс-пари концентрація відновника не впливає на значення E ?
137. Які органічні реагенти і за яких умов використовують для визначення катіону Ca^{2+} ? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
138. Який катіон є у розчині, якщо при додаванні $\text{Na}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$ утворюється чорний осад? Напишіть відповідне хімічне рівняння.
139. Чи можна по величині ДР говорити про послідовність утворення осадів, якщо в розчин, в якому є іони SO_4^{2-} та PO_4^{3-} однакової концентрації, додати розчин хлориду барію? Відповідь поясніть.
140. Яка основна умова утворення осаду?
141. Використайте таблицю ДР та визначте яким реагентом можна повніше осадити іони барію з розчину нітрату барію.
142. За яких умов окислювально-відновна реакція перебігає зліва направо?

143. Для якої редокс-пари концентрація окисника не впливає на значення потенціалу редокс-системи?
144. Який потенціал називається стандартним окислювально-відновним потенціалом?
145. Який катіон є у розчині, якщо при додаванні NH_4SCN в присутності алілового спирту утворюється розчин синього кольору? Напишіть відповідне хімічне рівняння.
- Рекомендована література для підготовки до Модульної контрольної роботи № 2: [1–10].*

**Перелік питань для підготовки до Модульного контролю № 3
за темою: Основні принципи кількісного аналізу.**

**Хімічні методи кількісного аналізу: гравіметричний та
титриметричний методи аналізу**

1. Методи кількісного аналізу й основні умови його проведення. Хімічні, фізичні та фізико-хімічні методи.
2. Правильність, чутливість та вибірковість методів кількісного аналізу. Критерії вибору методу.
3. Способи вираження концентрації розчинів. Еквівалент. Молярна маса еквівалента. Молярна концентрація. Молярна концентрація еквівалента.
4. Розчини точної та приблизної концентрації, посуд для вимірювання їх об'єму.
5. Первинні стандарти, вимоги до них. Стандарт-титри. Вторинні стандарти.

6. Сутність гравіметричного аналізу і межі його застосування. Прямі і непрямі методи визначення.
7. Помилки в гравіметричному аналізі.
8. Найважливіші неорганічні й органічні осаджувачі.
9. Загальна схема визначення.
10. Обчислення величини наважки, об'єму осаджувача, об'єму розчину, результату аналізу. Гравіметричний фактор.
11. Вимоги до осаджувальної форми.
12. Способи відокремлення осаду від розчину.
13. Промивання осаду. Вимоги до гравіметричної форми.
14. Зміна складу осаду при висушуванні і прожарюванні.
15. Аналітичні терези. Фактори, які впливають на точність зважування. Техніка зважування.
16. Теоретичні основи титриметричного методу аналізу. Вимоги до реакцій, що застосовуються в титриметрії.
17. Класифікація титриметричних методів за типами хімічних реакцій.
18. Види титриметричного визначення: пряме і зворотне титрування, визначення по заміщенню.
19. Побудова кривих титрування.
20. Точка стехіометричності (еквівалентності) та кінцева точка титрування. Визначення точки стехіометричності розрахунковим та графічним методами.
21. Індикатори методу. Загальні правила вибору індикатору та побудови кривих титрування. Безіндикаторні методи встановлення точки стехіометричності.

22. Фактори, які впливають на стрибок кривої титрування.
23. Методи кислотно-основного, окислювально-відновного, осаджувального та комплексометричного титрування.
24. Помилки титрування. Помилки титрування в залежності від правильності вимірювання об'єму, кількості індикатору та неправильного його вибору. Індикаторні помилки при визначенні сильних і слабких кислот і основ.
25. Метод кислотно-основного титрування. Ацидо- та алкаліметрія.
26. Кислотно-основні індикатори.
27. Теорія забарвленості органічних сполук. Іонно-хромофорна теорія індикаторів. Показник титрування. Інтервал переходу забарвлення індикатору. Правила вибору кислотно-основних індикаторів.
28. Розрахунок кривих кислотно-основного титрування.
29. Методи окислювально-відновного титрування. Оксиді- та редуцтометрія.
30. Окислювально-відновні індикатори: обернені редокс-індикатори, необернені індикатори, специфічні індикатори.
31. Криві титрування. Обчислення електрохімічного потенціалу в точці еквівалентності.
32. Перманганатометрія. Визначення феруму(II), оксалатів, пероксиду водню, нітратів.
33. Йодометрія. Умови стандартизації тіосульфату натрію. Система йод-йодид як окислювач або відновник. Визначення феруму(III), купруму(II), хлороводневої кислоти, пероксидів.
34. Дихроматометрія. Визначення кількості іонів феруму(II).

35. Методи комплексометричного титрування.
36. Способи комплексометричного титрування: пряме, зворотнє, витіснювальне, непряме.
37. Металохромні індикатори і вимоги до них.
38. Комплексонометрія. Етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДТО) і її динатрієва сіль (Трилон Б) та їх стандартизація.
39. Методи осаджувального титрування. Класифікація методів за природою титранту.
40. Аргентометрія. Приготування та стандартизація розчинів. Методи Фольгарда, Мора, Фаянса. Індикатори методів осадження. Титрування з адсорбційними індикаторами.
41. Меркурометрія. Меркуриметрія.
42. За якою формулою розраховують молярну концентрацію титранту? В яких одиницях її виражають? Який посуд використовують при приготуванні таких розчинів?
43. У воді масою 60 г розчинили дигідроген тетраоксосульфат масою 40 г. Використовуючи ці дані, виразити концентрацію речовини H_2SO_4 у вигляді: молярної концентрації розчиненої кислоти еквівалента у розчині ($\rho = 1,305$ г/мл); масової частки розчиненої речовини у розчині; титру розчину ($\rho = 1,305$ г/мл).
44. Дайте визначення, що таке гравіметричний метод аналізу.
45. Які закони лежать в основі гравіметричного аналізу?
46. Які умови необхідні для утворення кристалічних осадів?
47. Від яких факторів залежить однаковий чи різний склад будуть мати осаджувальна та гравіметрична форми?
48. Який об'єм осаджувача треба брати для аналізу в гравіметрії?

49. Чому дорівнює гравіметричний фактор при визначенні барію гравіметричним методом у вигляді сульфату барію? Написати рішення.
50. Як називають речовину в гравіметрії, яка утворюється в розчині при осадженні?
51. Які вимоги до осаджувача в гравіметрії?
52. Який вид співосадження називають внутрішнім?
53. У якому з випадків буде забезпечений найбільший ступінь очищення осаду від домішків, якщо для промивання осаду взято 150 см^3 промивної рідини?
54. Від чого залежить вибір наважки?
55. Які іони утворять адсорбційний шар на поверхні ядра колоїдної частки, якщо хлорид феруму прореагував з надлишком сульфід амонію?
56. Яку масову частку води містить $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$?
57. Які іони будуть адсорбуватися на поверхні осаду при додаванні надлишку осаджувача після осадження BaCl_2 розчином Na_2SO_4 ?
58. Чи впливає на чистоту осаду його структура?
59. Який закон лежить у основі титриметричного аналізу?
60. Які з речовин не можна відносити до первинних стандартів?
61. Яку назву мають методи титриметрії, які основані на реакції нейтралізації?
62. Яка величина характеризує процес окислювально-відновного титрування?
63. Чому HCl не можна віднести до первинних стандартів?
64. Що означає крива кислотно-основного титрування?

65. Від чого залежить зміна кольору кислотно-основного індикатору?
66. Які існують теорії кислотно-основних індикаторів?
67. Як називається метод аналізу, в якому робочим розчином є кислота?
68. Який посуд треба використовувати для вимірювання об'єму 0,1000 М розчину HCl?
69. Як називається інтервал значень рН, у якому здійснюється зміна забарвлення індикатору?
70. Яка маса наважки гідроксиду натрію, який міститься в 1 л розчину, якщо на титрування 20 мл отриманого розчину витрачається 22,4 мл розчину сульфатної кислоти. $C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,05 \text{ M}$?
71. Який метод заснований на реакціях утворення хелатів?
72. Що таке трилон Б? Напишіть формулу трилону Б.
73. Яка група атомів трилону Б утворює з іонами металу координаційний зв'язок?
74. Якими індикаторами визначають точку стехіометричності в методі комплексонометрії?
75. Як встановлюється точка стехіометричності в методі перманганатометрії?
76. За якою формулою обчислюють редокс-потенціал в точці стехіометричності?
77. Який розчин використовують в перманганатометрії як робочий розчин?
78. Які речовини відносяться до первинних стандартів в методі йодометрії?

79. Які індикатори в редоксометрії є оберненими?
80. Охарактеризуйте окислювально-відновлювальні процеси в методі титриметрії?
81. В якому методі використовують реакції осадження іонів галогенів у вигляді малорозчинних солей гідраргіриту(I)?
82. Яка речовина є індикатором при аргентометричному визначенні іонів хлору по методу Мора?
83. Який аналітичний ефект спостерігається при фіксуванні точки стехіометричності по методу Фаянса?
84. На чому заснована дія адсорбційних індикаторів?
85. Що таке ізоелектрична точка?
86. Яка колоїдна частка хлориду аргентуму утворюється до точки стехіометричності при титруванні за методом Фаянса?
87. Який вид титрування за способом виконання експерименту використовують в способі Фольгарда?

Рекомендована література для підготовки до Модульної контрольної роботи № 3: [3–12].

ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ

III семестр

1. Предмет аналітичної хімії. Структура аналітичної хімії. Аналітичний сигнал. Основні аналітичні проблеми: пониження порогу виявлення, підвищення точності, забезпечення експресності.
2. Види аналізу: ізотопний, елементний, функціональний, структурний, молекулярний, фазовий. Класифікація методів аналізу: хімічні, фізико-хімічні, фізичні, мікро-, макро-, напів-мікро- та ультрамікроаналіз. Сучасний стан та тенденції розвитку аналітичної хімії: інструменталізація, автоматизація, математизація, збільшення долі фізичних методів. Наукова хіміко-аналітична література.
3. Основні хімічні теорії та закони, що застосовуються в аналітичній хімії. Періодичний закон та його значення в аналітичній хімії. Використання аналогій та відмінностей властивостей елементів у періодичній системі для їх розділення та визначення. Здатність елементів утворювати різні типи іонів у водних розчинах. Закон діючих мас.
4. Іонний стан елементів у розчинах. Аналітична, активна, рівноважна концентрації речовин. Їх використання в ідеальних та реальних системах. Поняття коефіцієнта активності та іонної сили розчину.
5. Основні типи реакцій та процесів у аналітичній хімії: кислотно-основні, комплексоутворення, окислення-відновлення, осадження-

розчинення. Хімічна рівновага. Кінетична та термодинамічна концепція рівноваги. Вирази для констант рівноваги в ідеальних та реальних системах.

6. Фактори, що впливають на рівновагу системи: концентрація компонентів реакції, іонна міцність розчину, коефіцієнт активності. Типи констант рівноваги та їх застосування. Основи аналітичних розрахунків з використанням констант рівноваги та балансних рівнянь. Поведінка електролітів та неелектролітів у розчинах. Іонний стан елементів у розчинах.
7. Кисотно-основна рівновага. Протолітична теорія кислот та основ. Рівновага у системі кислота - супряжена основа та розчинник. Кислотні та основні властивості розчинника. Амфіпротні розчинники. Стан протолітів у амфіпротних розчинниках. Константа автопротолізу.
8. Вплив природи розчинника на їх властивості. Буферна ємність. Обчислення рН водних розчинів протолітів. Фактори, що впливають на кислотно-основну рівновагу: температура, іонна міцність розчину електролітів з однойменними іонами.
9. Реакції комплексоутворення в аналітичній хімії. Типи комплексних сполук, що застосовуються в аналітичній хімії. Властивості комплексних сполук, що використовуються в аналітичній хімії.
10. Властивості комплексних сполук, що мають аналітичне значення: стійкість, розчинність, забарвлення, леткість. Кінетика процесів комплексоутворення у розчинах та її зв'язок із стійкістю комплексів. Фактори, що визначають стійкість комплексів.

11. Теоретичні основи взаємодії органічних реагентів з неорганічними іонами. Функціонально-аналітичні угруповання. Вплив загальної структури на властивості органічних реагентів, роль заміщувачів та хромофорних груп. Вплив природи ФАГ, їх розташування на селективність взаємодії з неорганічними іонами переваги органічних реагентів у порівнянні з неорганічними.
12. Найважливіші органічні реагенти, застосування їх в аналізі з метою розділення визначення, відкриття іонів металів, маскування.
13. Окисно-відновні реакції в аналітичній хімії. Окисно-відновний потенціал. Стандартний, реальний, рівноважний потенціали. Зворотність електродних процесів. Напрямок та інтенсивність електронного процесу.
14. Фактори, що впливають на напрямок окисно-відновних реакцій. Константа рівноваги окисно-відновної реакції. Застосування процесів окиснення-відновлення в аналізі. Основні органічні та неорганічні окиснювачі та відновники.
15. Гетерогенні процеси в аналітичній хімії. Осади та їх властивості. Кристалічні та аморфні осади. Схема утворення осаду. Залежність структури осаду від його індивідуальних властивостей (розчинність, полярність молекул) та умови осадження (концентрація осаджуваного іону та осаджувача, сольовий склад розчину та рН, температура).
16. Константа розчинності. Розрахунки розчинності малорозчинних речовин. Фактори, що впливають на гетерогенну рівновагу. Використання процесів осадження та розчинення в аналізі.

17. Методи виявлення та ідентифікації. Завдання та вибір методу виявлення та ідентифікації атомів, іонів, молекул, речовин. Хімічні, фізико-хімічні, фізичні методи виявлення (якісний аналіз).
18. Види якісного аналізу. Характеристики аналітичних реакцій. Селективні та специфічні реакції, реагенти. Класифікація катіонів та аніонів, розподіл їх на аналітичні групи. Дробний та систематичний хід аналізу.
19. Схеми якісного аналізу. Мікрокристалоскопічний аналіз. Крапельний аналіз. Приклади практичного застосування методів визначення. Хіміко-аналітичні властивості іонів s-, p-, d-елементів.
20. Основні принципи кількісного аналізу. Методи кількісного аналізу та основні умови його проведення. Хімічні методи.
21. Теоретичні основи титриметричного методу аналізу. Вимоги до реакцій, що застосовуються у титриметрії. Класифікація титриметричних методів. Теоретичні основи кислотно-основного титрування. Індикатори методу. Теорії індикаторів. Побудова кривих титрування. Точка еквівалентності та кінцева точка титрування. Помилки титрування.
22. Методи окисно-відновного титрування. Індикатори методу. Криві титрування, фактори, що впливають на характер кривих титрування: комплексоутворення, рН, іонна сила розчину. Методи редокс-титрування: перманганатометрія, йодометрія, броматометрія, біхроматометрія.
23. Методи осаджувального титрування. Теоретичні основи методів осаджувального титрування. Методи Мора, Фаянса, Фольгарда.

Індикатори. Побудова кривих титрування. Вплив розчинності сполук, концентрації іонів, що визначаються, температури, адсорбції на характер кривих титрування.

- 24.** Комплексометричне титрування. Криві титрування й фактори, що впливають на характер кривих й величину стрибка титрування. Металоіндиктори та вимоги до них. Неорганічні та органічні реагенти в комплексометрії. Переваги полідентатних лігандів. Застосування комплексометричного титрування. Помилки титрування.
- 25.** Гравіметричний метод аналізу. Суть гравіметричного аналізу та межі його застосування. Прямі та непрямі методи аналізу. Найважливіші неорганічні та органічні осаджувачі. Загальна схема визначення. Величина наважки, об'єм розчину. Вимоги до гравіметричної форми.
- 26.** Зміна складу осаду під час висушування та прожарювання. Колоїдні системи. Старіння осадів. Забруднення осадів. Осаджувана та гравіметрична форми. Осаджувачі у гравіметрії, обчислення у гравіметрії.
- 27.** Чи може KMnO_4 окислити в кислому середовищі SnCl_2 , якщо концентрації їх розчинів $0,1\text{M}$, а $\text{pH}=2$? Чи буде протікати така реакція при $\text{pH}=8$?
- 28.** Наведіть схему розділення та визначення суміші катіонів Fe^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Zn^{2+} .
- 29.** Наведіть схему розділення та визначення суміші катіонів Al^{3+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Na^+ .

30. Обчислити рН буферної суміші, до якої входять розчини CH_3COOH та CH_3COONa , з концентраціями кожної речовини 0,1 моль. Показати, як зміниться рН при додаванні до 1л суміші: 0,01 моль HCl ; 0,01 моль NaOH ; при розведенні суміші водою у 100 разів.
31. Обчислити розчинність AgBrO_3 в г/л за його добутком розчинності з врахуванням коефіцієнтів активності ($\text{ДР}_{\text{AgBrO}_3} = 5,77 \cdot 10^{-5}$).
32. Запишіть реакції визначення іонів NO_3^- та NO_2^- при їх одночасній присутності в розчині.
33. Визначити процент розпаду комплексного іона в 1 М розчину солі $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$, якщо $K([\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = 2,6 \cdot 10^{-10}$.
34. Визначити рН та рОН: 0,002 М розчину HNO_3 ; 0,05 М розчину CH_3COOH та порівняти рівноважну та активну концентрації іонів H^+ в цих розчинах.
35. Розчинність AgI при 25°C дорівнює $2,86 \cdot 10^{-6}$ г/л. Обчислити добуток розчинності осаду.
36. Визначити розчинність CaC_2O_4 в моль/л в чистій воді та в 0,01 М розчині $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$.
37. Визначення катіонів II групи при їх одночасній присутності.
38. Наведіть схему розділення та визначення суміші катіонів Pb^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , K^+ .
39. В якому напрямку піде реакція між PbO_2 та KI при $\text{pH}=3$, якщо концентрація усіх речовин дорівнює 1 М ($E^{\text{O}^{12}/2\text{I}^-} = 0,53 \text{ В}$; $E^{\text{O}^{\text{PbO}_2}/\text{Pb}^{2+}} = 1,68 \text{ В}$)?

40. Визначити напрямок та повноту протікання реакції між редокс-парами $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ ($E^\circ = 1,51 \text{ В}$) та $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/2\text{Cr}^{3+}$ ($E^\circ = 1,31 \text{ В}$) при $\text{pH} = 1$ та $\text{pH} = 7$.
41. Визначити концентрацію комплексного іону $[\text{FeF}_6]^{3-}$ ($K_{\text{нест.}} = 1 \cdot 10^{-16}$) в 1 л $1 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ розчині FeCl_3 , якщо до нього додали 0,1 моль кристалічного NaF .
42. Форми існування іонів Cr^{3+} в кислому та лужному середовищі. Реакції визначення Cr^{3+} .
43. Розрахувати a_{OH^-} , pH та ступінь дисоціації (%) в 0,01 М розчині амоніаку.
44. Наведіть приклади використання комплексоутворення для розділення іонів Al^{3+} та Fe^{3+} , Cu^{2+} та Mn^{2+} , Ba^{2+} та Pb^{2+} . Як визначити ці іони?
45. Визначення Cl^- , Br^- , I^- при їх одночасній присутності у розчині. Порівняйте хімічні властивості галогенідних іонів.
46. Розрахувати стандартний потенціал реакції $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- = 2\text{CuI} \downarrow + \text{I}_2$, якщо $E^\circ\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+ = 0,16 \text{ В}$; $\text{ДР}_{\text{CuI}} = 1,1 \cdot 10^{-12}$.
47. Обчислити розчинність BaSO_4 в 0,01 М розчині Na_2SO_4 ($\text{ДР}_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$).
48. Навести приклади використання окислювально-відновних реакцій для визначення та розділення іонів.
49. Визначити, який з вказаних металів, бірій ($E^\circ\text{Ba}^{2+}/\text{Ba} = -2,90 \text{ В}$) чи нікель ($E^\circ\text{Ni}^{2+}/\text{Ni} = -2,26 \text{ В}$), буде більш інтенсивно реагувати з хлороводневою кислотою концентрацією 1 М. Обчислити рівноважну концентрацію іонів металів у розчині.

50. Чи випаде осад хлориду плюмбуму при змішуванні рівних об'ємів розчинів нітрату свинцю з концентрацією 0,1 М та хлориду натрію з концентрацією 0,1 М? $DP_{PbCl_2} = 1,6 \cdot 10^{-5}$.
51. Форми існування хрому та марганцю у розчинах в залежності від ступенів окислення та рН розчину. Привести реакції визначення цих елементів в залежності від форм існування.
52. Які аніони і чому не можуть бути присутніми в сильнокислому середовищі? Напишіть відповідні реакції.
53. Чи можна розчин $Fe_2(SO_4)_3$ 1 М, зберігати у посуді, виготовленому з нікелю?
54. Визначте масу $BaCl_2$, яка міститься в 250 мл розчину, якщо після додавання до 25 мл цього розчину 40 мл 0,102 М розчину $AgNO_3$ на зворотнє титрування витрачено 15,00 мл 0,098 М розчину NH_4SCN .
55. Скільки мілілітрів 2 М розчину $NaOH$ необхідно для нейтралізації розчину, в якому міститься 4,9 г H_2SO_4 ?
56. Осад CaC_2O_4 масою 1,6 г промили 250 мл дистильованої води. Визначте втрати при промиванні осаду, якщо $DP(CaC_2O_4) = 3,8 \cdot 10^{-9}$.
57. Визначте масу 36%-ного розчину HCl , необхідного для приготування 5 л 0,2 М розчину.
58. В 100 мл розчину міститься 0,6304 г CH_3COOH . На титрування 20 мл цього розчину витратили 19,50 мл розчину KOH . Визначте титр та молярну концентрацію розчину KOH .
59. На нейтралізацію розчину, який містить 1,0 г каустичної соди, використали 20 мл 0,1 М розчину HCl . Визначити масову частку $NaOH$ в соді.

60. Як приготувати розчин об'ємом 500 мл з молярною концентрацією оцтової кислоти 1,5М, якщо в лабораторії є:
а) концентрована оцтова кислота густиною 1,05 г/см³; б) розчин з масовою часткою CH₃COOH 70%; в) розчин з молярною концентрацією CH₃COOH 6 М?
61. При визначенні свинцю у вигляді сульфату свинцю маса осаду не повинна перевищувати 0,1 г. Яку наважку сплаву треба взяти для аналізу, якщо масова частка свинцю у сплаві 15%?
62. Змішали розчин калій гідроксиду масою 12 г з масовою часткою речовини 5% і розчин калій гідроксиду масою 80 г з масовою часткою речовини 10%. Знайти масову частку речовини калій гідроксиду в одержаному розчині.
63. Для визначення кремнію у чавуні було взято наважку чавуну масою 3,000 г. Після прожарювання одержано осад SiO₂ масою 0,1244 г. Чому дорівнює масова частка кремнію в чавуні?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна література:

1. *Чеботарьов О. М., Топоров С. В., Малахова Н. М.* Теоретичні основи аналітичної хімії. Розрахунки хімічних рівноваг: Методичний посібник для студентів II курсу хімічного факультету. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2011. – 72 с.
2. *Чеботарьов О. М., Топоров С. В., Малахова Н. М.* Методичні вказівки до курсу «Аналітична хімія». «Методи виявлення та ідентифікації іонів»(для студентів II курсу хімічного факультету). – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2013. – 34 с.
3. *Чеботарьов О. М., Щербакова Т. М., Гузенко О. М.* Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів I-II курсів заочного відділення хімічного та біологічного факультетів. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2015. – 84 с.
4. *Чеботарьов О. М., Малахова Н. М., Стайков А. І., Захарія О. М., Топоров С. В.* Методичні вказівки з методів кількісного аналізу для студентів 2 курсу хімічного факультету. – Одеса : Астропринт, 2005. – 36 с.
1. *Пилипенко А. Т., Пятницький І. В.* Аналітическая химия. В 2-х томах. – М. : Химия, 1990. – Т. 1. – 480 с; Т. 2. – 846 с.
2. *Болотов В. В.* Аналітическая химия. – Харьков : Золотые страницы, 2001. – 455 с.

3. *Фадеева В. И., Шеховцова Т. Н., Иванов В. М. и др.* / под ред. Золотов Ю. А. Основы аналитической химии. Практическое руководство : Учебн. для вузов. – М. : Высшая школа, 2001. – 463 с.
4. *Пятницкий И. В.* Теоретические основы аналитической химии: Теория главных типов химических реакций. – Киев : Вища школа, 1978. – 271 с.
5. *Золотов Ю. А.* (ред.) и др. Основы аналитической химии. Т. 2: Методы химического анализа : Уч. для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М. : Высшая школа, 2002. – 494 с.
6. *Харитонов Ю. Я.* Аналитическая химия (аналитика). Т. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ : Уч. для вузов. – М. : Высшая школа, 2003. – 615 с.
7. *Кельнер Р., Мерме Ж. и др.* Аналитическая химия. Проблемы и подходы. / пер. с англ. – М. : Мир, АСТ, 2004. – Том 1. – 608 с.; М. : Мир, АСТ, 2004. – Том 2. – 728 с.
8. *Васильев В. П.* Аналитическая химия. Ч. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа : Уч. для студ. вузов. – М : Дрофа, 2005. – 366 с.
9. *Золотов Ю. А.* Основы аналитической химии. Т. 2. Методы химического анализа : Учебн. для вузов. – М. : Высшая школа, 2002. – 494 с.
10. *Дорохова Е. Н., Прохорова Г. В.* Задачи и вопросы по аналитической химии. – М. : Мир. – 2001. – 267 с.

11. *Васильев В. П., Кочергина Л. А., Орлова Т. Д.* Аналитическая химия (сборник вопросов, упражнений и задач): пособие для вузов / под ред. В. П. Васильева. – 4-е изд. – М. : Дрофа, 2006. – 318 с.
12. *Коренман Я. Н., Суханов П. Т., Калинин С. П.* Задачник по аналитической химии. Титриметрические методы анализа. Воронеж : Изд-во Воронеж. технол. акад., 2001. – 336 с.

Додаткова література

13. *Лурье Ю. Ю.* Справочник по аналитической химии. М. : Химия, - 1989. – 448 с.
14. *Алексеев В. Н.* Курс качественного химического полумикроанализа / Под ред. д-ра хим. наук П. К. Агасяна. – М. : Химия, 1973. – 584 с.
15. *Пономарев В. Д.* Аналитическая химия. Часть 1. Теоретические основы. Качественный анализ. / Учебник для фармац. и фак. мед. ин-тов. – М. : Высшая школа, 1982. – 288 с.
16. *Крешков А. П.* Основы аналитической химии. Т.1.: Теоретические основы. Качественный анализ. / Учебник для студ. химико-технол. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. – М. : Химия, 1976. – 472 с.
17. *Коростелев П. П.* Лабораторная техника химического анализа: Пособие по технике работы в химико-аналитических лабораториях предприятий химической и металлургической промышленности. М. : Химия, 1981. – 309 с.
18. *Дорохова Е. Н., Прохорова Г. В.* Задачи и вопросы по аналитической химии: Практическое пособие. – М. : МГУ, 1984. – 216 с.
19. *Булатов М. И.* Расчеты в аналитической химии. – Л. : Химия, 1984. – 184 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ
КАФЕДРА _____
Навчальна дисципліна _____

РЕФЕРАТ

ТЕМА

Студента (ки) __ курсу
денної (заочної) форми навчання

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Перевірив викладач

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище,
ініціали)

(підпис)

«__»

_____ 20__ р.

Оцінка _____

Одеса _____
(рік)

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МЕТОД СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ РЕЧОВИН У РОЗЧИНІ	4
1.1. Основні величини, що характеризують світлопоглинання	6
1.2. Апаратурне оформлення методу спектрофотометрії	8
2. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ СПЕКТРОФОТОМЕТРІЇ ПРИ ВСТАНОВЛЕННІ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ КОМПЛЕКСОУТВОРЕННЯ В РОЗЧИНІ	10
3. ВИЗНАЧЕННЯ РЕЧОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ	13
3.1. Спектрофотометричне визначення алюмінію за допомогою 8-оксихіноліну	14
3.2. Спектрофотометричне визначення мікрокількостей нікелю у присутності макрокількостей кадмію	15
ВИСНОВКИ	16
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	17

Навчальне видання

Аналітична хімія
Частина I. Хімічні методи
якісного та кількісного аналізу

Практикум для самостійної роботи
студентів II курсу
факультету хімії та фармації

Чеботарьов Олександр Миколайович,
Рахлицька Олена Михайлівна,
Гузенко Олена Михайлівна,
Щербакова Тетяна Михайлівна

В авторській редакції

Підп. до друку 25.09.2019. Формат 60x84/16
Ум.-друк. арк. 9,88. Тираж 50 пр.
Зам. № 1990.

Видавець і виготовлювач
Одеський національний університет
імені І. І. Мечникова

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

